

ISSN

VIRTUAL: 2708-0315
IMPRESO: 2225-8787



UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER
DE CHUQUISACA

A large, stylized white atomic symbol graphic is centered on the page. It features three overlapping elliptical orbits and two small, colorful spheres (one at the top right and one at the bottom left) representing electrons. The text is centered within the orbits.

XXIX
JORNADAS
DE JÓVENES
INVESTIGADORES
2022

7-8-9 / SEP 2022

“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para
la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

Eje Ciencias de la Vida

**AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

Ing. Walter Arízaga Cervantes
RECTOR DE LA UNIVERSIDAD

Dr. Erick Gregorio Mita Arancibia
VICERRECTOR DE LA UNIVERSIDAD

**AUTORIDADES
ASOCIACIÓN DE UNIVERSIDADES GRUPO MONTEVIDEO
“AUGM”**

Profa. Sandra Goulart Almeida
Rectora Universidade Federal de Minas Gerais
Presidenta de AUGM

Dr. Osvaldo Enrique Corrales Jorquera
Rector Universidad de Valparaíso
Vicepresidente de AUGM

Prof. Álvaro Rico
Secretario Ejecutivo

ASOCIACIÓN DE UNIVERSIDADES GRUPO MONTEVIDEO MIEMBROS

ARGENTINA

Universidad de Buenos Aires (UBA)
Universidad Nacional de Córdoba (UNC)
Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo)
Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)
Universidad Nacional del Litoral (UNL)
Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)
Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)
Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA)
Universidad Nacional de Quilmes (UNQ)
Universidad Nacional de Rosario (UNR)
Universidad Nacional del Sur (UNS)
Universidad Nacional de San Luis (UNSL)
Universidad Nacional de Tucumán (UNT)

BOLIVIA

Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)
Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca (UMRPSFXCH)
Universidad Mayor de San Simón (UMSS)

BRASIL

Universidade Federal do ABC (UFABC)
Universidade Federal de Goiás (UFG)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FURG)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Universidade de Brasília (UnB)
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)
Universidade de São Paulo (USP)

CHILE

Universidad de Chile (UChile)
Universidad de Playa Ancha (UPLA)
Universidad de Santiago de Chile (USACH)
Universidad de Valparaíso (UV)

PARAGUAY

Universidad Nacional de Asunción (UNA)
Universidad Nacional de Concepción (UNC)
Universidad Nacional del Este (UNE)
Universidad Nacional de Itapúa (UNI)

URUGUAY

Universidad de la República (UDELAR)

COMITE

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

Ing. Walter Arízaga Cervantes

RECTOR

Dr. Erick Gregorio Mita Arancibia

VICERRECTOR

M.Sc. Cecilia Guevara Avilés

DIRECTORA RELACIONES INTERNACIONALES

Dr. Carlos Fernando Pinto Navia

DIRECTOR INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dr. Juan Carlos Rojas Vidovic

DIRECTOR CENTRO ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Lic. Gualberto Ichazú Baldivieso

DIRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO

Lic. Jorge Fuentes Ávila

DIRECTOR PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN INSTITUCIONAL

Lic. Antonio Oblitas Vedia

DIRECTOR PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN ACADÉMICA

Indice

1. Adsorção de Carbendazim por carvão ativado granular de osso bovino
2. ¡Alerta de niebla! Adaptación de recolectores de lluvia horizontal en la composición morfológica de la arquitectura.
3. Análise de parâmetros de qualidade das águas no rio Sorocaba subsequente a sua Revitalização
4. Análisis y corrección de parámetros componentes del balance de masa en represa Rincón del Bonete
5. Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de consumo del Barrio Chaipé de Encarnación en los años 2020 – 2021
6. Caracterización citogenética de *Oligosarcus jenynsii* en la cuenca Salí-Dulce.
7. ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS COMO BIOINDICADORES DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DEL RESIDUO AGRÍCOLA DE COSECHA (RAC) DE LA CAÑA DE AZÚCAR
8. Adsorventes naturais como aliados na remediação de compartimentos ambientais
9. Análisis de la factibilidad técnica del tratamiento y recirculación de aguas residuales generadas en lavaderos convencionales de vehículos automotores de la ciudad de Encarnación, Departamento de Itapúa – Paraguay.
10. Análisis de la generación de islas de calor urbanas de superficie a escala temporal y espacial en la ciudad de Encarnación – Paraguay, utilizando herramientas de Teledetección
11. Aplicación del Zero Waste en la Industrialización de la Naranja
12. DIFERENTES DOSIS DE TIERRA DE DIATOMEA SOBRE LA CALIDAD SANITARIA EN SEMILLAS DE TRIGO
13. ESTUDIO DE BIOSORCIÓN POR PLANTAS MACRÓFITAS *SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS* (TOTORA) Y *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CARRIZO) PARA DISMINUIR LA CONCENTRACIÓN DE IONES METÁLICOS EN EL RIO PALLINA (VIACHA)
14. Evaluación de concentración de material particulado sedimentable en la ciudad de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.
15. Evaluación de la persistencia de cepas de *Escherichia coli* con impacto en la niñez en

un modelo ambiental

16. Evaluación de la toxicidad de la vinaza resultante del crecimiento de *Aspergillus* sp. V1 empleando *Artemia salina* como organismo indicador
17. Microorganismos involucrados en la absorción de fósforo en la Isla Rey Jorge, Antártida
18. MIND.Funga - DA PESQUISA COM MA- CROFUNGOS DAS MATAS NEBULARES DE SANTA CATARINA À POPULARI- ZAÇÃO E INOVAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES
19. Subsídios aos estudos de clima urbano para o planejamento ambiental em cidades latino-americanas
20. Uso de consorcios de actinobacterias como estrategia para biorremediar sistemas impactados con atrazina
21. Análisis comparativo entre la generación de la energía fotovoltaica y energía eólica, enfocada en la producción de hidrógeno verde en Paraguay
22. Distribución de carga de los alimentadores de la nueva SE-KM8 para atender la demanda de la zona de influencia
23. Evaluación de un sistema de disco parabólico-Stirling-diésel-baterías para electrificación rural: Un estudio de caso del altiplano boliviano
24. EXTRACCIÓN Y APLICACIÓN DE HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO VEHICULAR
25. Balanceo de linea del proceso de congelado de durazno
26. Control de malezas con herbicidas post-emergentes en el cultivo de cítricos
27. Efecto de la deshidratación de las muestras en la cuantificación de aminoácidos en carne
28. Efecto del agregado de harina de maíz morado en la calidad nutricional y digestibilidad in vitro de panes libres de gluten
29. Efectos del terroir en parámetros agronómicos, química del vino y propiedades sensoriales de Cabernet Franc en cuatro Indicaciones Geográficas de Mendoza, Argentina.
30. Estudio del crecimiento de familias de medios hermanos de *Lotus tenuis* en condiciones de salinidad e inundación

31. EVALUACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE FERMENTACIÓN EN EL PROCESO INDUSTRIAL DE ELABORACIÓN DE CERVEZA PARA INCREMENTAR LA GENERACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE
32. Evaluación de productos alternativos para el control de araña roja (*Tetranychus* spp.) en etapa vegetativa de frutilla (*Fragaria* spp)
33. Evaluación de una herramienta biotecnológica para el control de *Pectobacterium carotovorum*, agente causante de la podredumbre blanda de la papa
34. Fraude alimentario: una metodología para la producción de frutillas congeladas
35. Precipitaciones extremas en periodos críticos para las plantaciones caribeñas de banano en Costa Rica y su relación con el ENOS.
36. Seleção de genótipos de batata-doce biofortificados
37. "Uso de polen en la dieta de pollos parrilleros. Impacto sobre los parámetros productivos y el rendimiento de cortes".
38. Variabilidad genética en familias S1 de la población nativa de maíz harinoso AMYatytay05
39. Calidad nutricional y diversidad del patrón alimentario de estudiantes universitarios y graduados de la carrera de grado de Nutrición
40. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN QUE CONSULTÓ AL CONSULTORIO VIRTUAL DE CARDIOLOGÍA POR UN REGISTRO ELEVADO DE PRESIÓN ARTERIAL DURANTE LA PANDEMIA POR COVID-19 EN TUCUMÁN, ARGENTINA
41. Conocimiento sobre Planificación Familiar y Utilización de Anticonceptivos en Estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa, año 2021
42. Frecuencia de hipertensión arterial y factores de riesgo asociados en trabajadores de la FACISA UNE en el año 2021 Universidad Nacional del Este - Facultad de Ciencias de la Salud
43. "Prevalencia de diabetes en pacientes adultos con covid-19. Hospital Fundación Tesãi-2020-2021
44. Variables emocionales moduladoras de la lactancia materna en población vulnerable
45. A INFLUÊNCIA DA VIDA UNIVERSITÁRIA NA SAÚDE MENTAL DOS ALUNOS DA ESCOLA DE AGRONOMIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

46. Actividad de la Mucina salival en Pacientes con Periodontitis
47. "Automedicación contra la COVID-19 en estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa. 2021"
48. Características histopatológicas de lesiones precursoras de cáncer cervicouterino: Hospital Regional de Encarnación, 2017-2020
49. Compartilhando informações entre as equipes de saúde no contexto da Covid-19, no Distrito Federal, Brasília – Brasil
50. Dependencia Emocional y Bienestar Psicológico en las Relaciones de Pareja
51. Efectos de la Riso terapia en estudiantes de la Facultad de Tecnología para la reducción de estrés
52. Estudio Ecológico de Hogares Bolivianos y su Relación con la COVID-19, Gestión 2020
53. Estudio seroepidemiológico del COVID-19 en profesionales de enfermería de los principales centros asistenciales de la X Región Sanitaria, Alto Paraná
54. ÉTICA, COVID-19 E VULNERABILIDADE DA ENFERMAGEM:ANÁLISE DE FOTOGRAFIAS DIVULGADAS PELA MÍDIA
55. Evaluación del riesgo de la presencia de hongos toxicogénicos en la industria chacinera.
56. Incidência da Covid-19 em idosos no município de Araraquara - São Paulo: efeitos da Vacinação
57. Intervenciones farmacéuticas en la utilización de cannabis medicinal: reporte de un caso de la Unidad de Optimización de la Farmacoterapia de Rosario
58. Letramento em saúde na América do Sul: uma revisão sistemática e metanálise
59. Manifestaciones orales en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis del Hospital Regional de Concepción-Paraguay 2022.
60. Prevalencia y factores asociados para la infección por el Virus del Papiloma Humano en mujeres de 30 a 64 años del municipio de Sucre, 2022
61. Razão neutrófilo linfócito está associada ao consumo de alimentos processados em pacientes com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço

62. Rol de GPAT2 en la inhibición de la apoptosis inducida por el ácido araquidónico en un modelo de cáncer de mama.
63. Rol del estrés del retículo endoplasmático y de la respuesta inflamatoria en la disfunción de las células β pancreáticas inducida por dieta rica en fructosa
64. SIRS y qSOFA como Predictores de Mortalidad en Sepsis Pediátrica
65. Tratamientos Coadyuvantes para el Trastorno Bipolar
66. Valores de Homocisteína y su relación con episodio mayor depresivo en el embarazo
67. Evaluación del lisado plaquetario equino como reemplazo del suero fetal bovino en el cultivo de células estromales mesenquimales
68. EFECTOS DE LA VITAMINA D EN UN MODELO DE HIPERTENSION ARTERIAL POR REDUCCION DE MASA RENAL
69. Evaluación de Semen Sefrigerado en Búfalos
70. Valoración de Parámetros previo al Primer Servicio en Vaquillas Cruza Cebú en un Sistema de Cría Bovina Comercial
71. Atenuación del virus Mayaro (MAYV) mediante el enriquecimiento en CpGs
72. Detección de Acanthamoeba polyphaga mimivirus (APMV) en aguas de diferentes regiones del Uruguay
73. Detección de la expresión de oncoproteínas E6/E7 de los Virus de Papiloma Humano de alto riesgo en el screening de lesiones precancerosas y Cáncer de Cuello Uterin
74. Vigilancia Epidemiológica Basada en Detección Molecular de Virus Respiratorios en Pacientes con Neumonía en el Hospital Manuel Ascencio Villarroel en Cochabamba, Bolivia
75. Efecto Del Covid-19 sobre la Función Endotelial en Pacientes con Enfermedad Renal Crónica en Hemodiálisis
76. CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO SUBTERRÁNEO EN UN SECTOR DEL CINTURÓN HORTÍCOLA DE LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA
77. Fluoruros en aguas de consumo de Minga Guazú y Ciudad del Este, 2022.
78. Monitoreo de COVID 19 en el municipio de La Paz mediante epidemiologia basada en aguas residuales

79. Simulación anidada con AERMOD y CFD para el estudio de la dinámica del material particulado en zonas mixtas industrial-residencial
80. Actividad antagónica in vitro de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani* Kühn
81. ¿Cómo responden al déficit hídrico las plantas noduladas? Una aproximación desde el estudio del traductoma
82. Diversidad genética y evolución del ají locoto (*Capsicum pubescens*) desde una perspectiva genómica: implicancias para su aprovechamiento y conservación
83. Fitoextractos como antagonistas de levaduras deteriorantes de alimentos
84. Integración de ómicas para un uso eficiente de los genes del germoplasma silvestre de tomate que aportan a la mejora de la calidad del fruto
85. ÁREAS DE OCORRÊNCIA POR COVID-19 E A MORBIDADE POR TUBERCULOSE EM MUNICÍPIO POLO TECNOLÓGICO DO INTERIOR DE SÃO PAULO
86. AYUNO INTERMITENTE Y BENEFICIOS REPORTADOS EN LA SALUD DE QUIENES LO PRACTICAN
87. Evaluación de la actividad antiprotozoaria sobre *Leishmania infantum* de extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium*
88. “Prevalencia del Virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del Departamento de Chuquisaca 2019-2020”
89. AYUNO INTERMITENTE Y BENEFICIOS REPORTADOS EN LA SALUD DE QUIENES LO PRACTICAN
90. Melatonina disminuye la osteonecrosis provocada por ácido Zoledrónico en ratas: estudio radiográfico, histológico e histomorfométrico
91. Prevalencia de *Escherichia coli* resistente a colistina en animales y matrices alimentarias de consumo humano: Una revisión sistemática y meta-análisis «del campo a la mesa»
92. Prevalencia de hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021
93. Dinámica Viral y duración de la positividad de Sars CoV-2 mediante la prueba de RT-PCR en tiempo real en estudiantes y personal docente que asisten a clases presenciales en la Universidad Mayor Real y Pontifica San Francisco Xavier de Chuquisaca

94. Respuesta de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 post inmunización anti-SARS-CoV-2 (COVID19) en funcionarios del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Asunción, período 2021

Adsorção de Carbendazim por carvão
ativado granular de osso bovino



D. 31. Águas

Adsorção de Carbendazim por carvão ativado granular de osso bovino

Autor: Almeida, Ian;

ianrochalmeida@gmail.com

Coautores: Keller, Geovana;

geovanaelkeller@gmail.com; Tavares, Lígia;

ligiactavares@outlook.com

Professor/ Orientador: Benetti, Antônio;

benetti@iph.ufrgs.br

Professor/ Coorientador: Silva, Salatiel;

salatiel.silva@ufrgs.br

Instituto de Pesquisas Hidráulicas

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo

O estudo dos Contaminantes de Preocupação Emergente (CPE) tem crescido ao longo dos anos uma vez que os tratamentos convencionais de água apresentam limitações na remoção desses compostos. Uma das classes de CPE são os agrotóxicos, que já foram detectados em água potável e apresentam propriedades que podem ser tóxicas e persistentes no meio ambiente dependendo do tempo de exposição e da concentração destes. Dentre as tecnologias aplicadas para a remoção de contaminantes complexos em água, o carvão ativado é um dos adsorventes mais estudados devido à grande eficiência na remoção dos CPE por adsorção, bem como o custo acessível de

implantação e operação de coluna de carvão ativado granular (CAG) e a sua capacidade de regeneração. A pesquisa aborda a remoção do agrotóxico Carbendazim (CBZ), principal pesticida usado irregularmente no Brasil, classificado como medianamente tóxico pela ANVISA, e que foi detectado em amostras de água de abastecimento de Porto Alegre juntamente com outros 26 agrotóxicos. A pesquisa realizou Ensaios Rápidos em Coluna de Escala Reduzida (ERCER) e ensaios em batelada com CAG de osso, visando avaliar os seguintes parâmetros envolvidos no processo de adsorção: isotermas, tempos de ruptura (TR) e saturação (TS), taxa de transferência específica (TTE) e taxa de utilização do carvão (TUC). Para as condições testadas, foram obtidos os TR e TS de 3 e 23 horas, respectivamente, com TTE = 55,38 cm³/g e TUC = 18,06 g/L. A isoterma de Freundlich foi a que melhor se ajustou ao processo adsorptivo ($R^2 = 0,98$). Os resultados foram considerados satisfatórios e coerentes com estudos anteriores, sendo o CAG uma técnica promissora para a remoção de CBZ em água.

Palavras chave: Carvão ativado granular, agrotóxicos, contaminação da água.



Introdução

Contaminantes de preocupação emergente (CPE) são compostos químicos presentes em baixas concentrações em corpos hídricos, esgoto sanitário e, algumas vezes, em água tratada. Os CPE são lançados no meio ambiente devido principalmente às atividades antrópicas. Uma das classes desses compostos são os agrotóxicos (Kümmerer, 2011).

O Carbendazim (CBZ) é um dos agrotóxicos mais aplicados no Brasil. O CBZ (metil benzimidazol-2-ilcarbamato) é um defensivo agrícola do grupo dos benzimidazóis (Rama *et al.*, 2014). O composto é eficiente contra uma variedade de doenças nessas culturas causadas pelos fungos Ascomycetos spp., Basidiomycetos e Deuteromycetos spp (Coutinho *et al.*, 2006).

O CBZ é um composto que apresenta potencial carcinogênico, sendo considerado, também, um possível desregulador endócrino (Coutinho *et al.*, 2006). Na última década o CBZ foi o principal pesticida usado de forma irregular no Brasil, sendo detectado em culturas não autorizadas, bem como acima dos níveis máximos permitidos pela legislação brasileira (Rama *et al.*, 2014).

O CBZ foi detectado em amostras de água de abastecimento de Porto Alegre juntamente com outros 26 agrotóxicos (Brasil, 2020) e ele é classificado como “Medianamente tóxico”

pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que em 21 de junho de 2022 suspendeu a importação, produção e comercialização do CBZ até o fim da sua reavaliação toxicológica. Entre os aspectos listados pelos técnicos que defendem o banimento do produto, está o potencial do agrotóxico de provocar câncer, prejudicar a capacidade reprodutiva humana e afetar o desenvolvimento (Fraga, 2022).

Com o intuito de mitigar os impactos da exposição de organismos às concentrações de contaminantes emergentes consideradas tóxicas, diversos estudos testaram tecnologias avançadas de tratamento para a remoção destes compostos. Dentre as técnicas avaliadas, a adsorção em carvão ativado tem sido amplamente estudada, apresentando custos satisfatórios de aplicação e manutenção (Crittenden *et al.*, 1987).

Um dos métodos para se estimar o funcionamento de uma coluna de leito fixo de carvão ativado em escala real são os Ensaio Rápidos em Colunas de Escala Reduzida (ERCER). Esse método consiste na determinação de curvas de ruptura e outros parâmetros operacionais do uso de uma coluna com Carvão ativado Granular (CAG) em escala real a partir de ensaios em escala reduzida através de modelos de transferência de massa baseados em leitos fixos (Crittenden *et al.*, 1991).

Além dos ERCER, o estudo das isothermas de adsorção de um composto são importantes para a análise do desempenho do carvão ativado na remoção de um determinado adsorvato. Isothermas são a representação matemática da relação entre a quantidade de adsorvato extraído pelo adsorvente e a quantidade de adsorvato remanescente na fase líquida, quando a solução se encontra em equilíbrio dinâmico a uma determinada temperatura (Piccin *et al.*, 2017).

Objetivo

Avaliar a remoção do Carbendazim por adsorção em CAG de osso, através da aplicação de ERCER e testes de isothermas.

Materiais e métodos

O Carvão Ativado Granular utilizado foi produzido pela Companhia Bonechar a partir de ossos bovinos com tamanhos de poros variando de 7,5 a 60.000 nm e volume de 0,225 cm³/g. O diâmetro dos grãos utilizado nos experimentos foi de 60 x 80 mesh. O Quadro 1 mostra as características do carvão ativado.

Propriedade	Especificação
Carbono	9 - 11%
Cinza solúvel em ácido	< 3%
Cinza insolúvel	0,7
Fosfato tricálcico	70 - 76%
Carbonato de cálcio	7 - 9%

Propriedade	Especificação
Sulfato de cálcio	0,1 - 0,2%
pH	8,5 - 9,5
Área superficial específica total (BET N ²)	200 m ² /g
Área superficial do Carbono	50 m ² /g
Ferro	< 0,3%
Tamanho de poro	7,5 - 60.000 nm
Volume de poro	0,225 cm ³ /g
Umidade	< 5%
Densidade Aparente	0,60 - 0,70 g/cm ³
Dureza	> 80
Aspecto	Sólido granulado e em pó
Odor	Inodoro

O Carbendazim utilizado foi produzido pela Sigma-Aldrich com 97% de pureza, e foi analisado com o Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (CLAE - HPLC) LC20A da Shimadzu equipado com um detector de arranjo de diodos (DAD, SPD-20AV) e amostrador automático (SIL-20A). A concentração de CBZ utilizada nos experimentos foi de 5 mg/L dissolvida em água deionizada. Os experimentos foram executados em pH neutro, entre 7 e 8. Nos testes de isothermas, diferentes quantidades de carvão ativado (0,25; 0,50; 100; 200 e 500 mg) foram colocadas em frascos Scott contendo 100 mL de água com concentração constante de CBZ (5 mg/L). Os frascos foram colocados em banho-maria, a temperatura constante de 25°C por 24 horas. Após esse período, alíquotas eram retiradas dos frascos, filtradas em filtros com abertura de 0,45 µm e analisadas.

Os resultados dos ensaios foram analisados em planilhas do Microsoft Office Excel 2019 para determinar qual isoterma, Langmuir, Freundlich, Sips, Liu e Redlich-Peterson (respectivamente Equações 1 a 5), melhor se ajustou aos dados experimentais. Em seguida, eram determinados os parâmetros das isotermas.

$$q_e = q_{\max} \cdot \frac{b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \quad (1)$$

$$q_e = k_f \cdot C_e^{1/n} \quad (2)$$

$$q_e = \frac{q_{\max} \cdot K_s \cdot C_e^{1/ns}}{1 + K_s \cdot C_e^{1/ns}} \quad (3)$$

$$q_e = \frac{q_{\max} \cdot (k_g \cdot C_e)^{n_L}}{1 + (k_g \cdot C_e)^{n_L}} \quad (4)$$

$$q_e = \frac{k_{RP} \cdot C_e}{1 + a_{RP} \cdot C_e^\beta} \quad (5)$$

Sendo: C_e a concentração de equilíbrio do CBZ em solução após a adsorção (mg/L); q_e a quantidade adsorvida do CBZ em equilíbrio (mg/g); q_{\max} a capacidade máxima de adsorção (mg/g); b a constante de equilíbrio de adsorção de Langmuir (L/mg); k_f constante de Freundlich, [(mg/g) (L/mg)^{1/n}]; $1/n$ o parâmetro de intensidade de Freundlich; K_s a constante de equilíbrio de Sips (L/mg)^{1/ns}; ns o expoente de Sips, adimensional; K_g a constante que representa a afinidade entre adsorvente-adsorvato (L/mg); n_L o expoente de Liu, adimensional; a_{RP} a constante de equilíbrio de Redlich-Peterson (L/mg)^β; k_{RP} a constante que contém a máxima capacidade

de sorção e descreve a afinidade adsorvente-adsorvato (L/mg); e β o expoente da isoterma de Redlich-Peterson, adimensional.

Para os Ensaio Rápidos de Coluna em Escala Reduzida, foram realizados testes com água deionizada contaminada com CBZ, sendo injetada em fluxo contínuo afluente a uma coluna preenchida com CAG. Os ensaios tinham duração de até 30h, com retiradas de amostras em intervalos de tempo regulares para análises.

Para a determinação dos parâmetros da coluna em escala de bancada, foram utilizados parâmetros de uma coluna em escala real. O cálculo do Tempo de Contato de Leito Vazio (TCLV) para escala reduzida foi calculado através da Equação 6.

$$TCLV_{\text{red}} = TCLV_{\text{real}} \cdot \left(\frac{d_{p,\text{red}}}{d_{p,\text{real}}} \right)^{2-x} \quad (6)$$

Em que: $TCLV_{\text{red}}$ - TCLV na coluna de escala reduzida (min); $TCLV_{\text{real}}$ - TCLV na coluna de escala real (min); $d_{p,\text{red}}$ - diâmetro médio das partículas da coluna em escala reduzida (mm); $d_{p,\text{real}}$ - diâmetro médio das partículas da coluna em escala real (mm); x - coeficiente de dependência do tamanho da partícula na difusividade intrapartícula, sendo 0 quando a difusividade é constante (DC) e 1 quando a difusividade é proporcional (DP) ao tamanho da partícula; t_{red} - tempo de operação da coluna em escala reduzida (min); t_{real} - tempo de operação da coluna em escala real (min).

Crittenden *et al.* (2012) sugerem que a Taxa de Aplicação Superficial (TAS) em leitos adsorventes esteja na faixa de 120 a 360 m³/m².dia e o TCLV varie entre 5 e 30 minutos. Dessa forma, os parâmetros de dimensionamento seguiram um TCLV de 5 min e TAS de 120 m³/m².dia para uma escala real. Aplicando esta condicionante na Equação 6, foi obtido um tempo de 0,72 min para a escala reduzida.

Com os valores da TAS e TCLV para a escala reduzida, pôde-se calcular a altura da coluna em escala reduzida através da Equação 7.

$$H_{\text{red}} = \text{TAS}_{\text{red}} \cdot \text{TCLV}_{\text{red}} \quad (7)$$

Em que: H_{red} – altura do leito (cm); TAS_{red} – Taxa de Aplicação Superficial, 120 m³/m².dia. O cálculo da vazão do sistema adsorvivo em escala reduzida foi realizado de acordo com a Equação 8. Segundo Summers, Knappe e Snoeyink (2011), para a DC, as vazões variam de 50 a 150 mL/min; já para a DP as vazões variam de 5 a 20 mL/min.

$$Q_{\text{red}} = \text{TAS}_{\text{red}} \cdot A_{\text{red}} \quad (8)$$

Em que: Q_{red} – vazão (em mL/min); e A_{red} = área da seção circular da coluna em escala reduzida (cm²).

O diâmetro interno da coluna utilizada era 1,20 cm. A Tabela 1 detalha os parâmetros projetados para o ERCER e os valores correspondentes à uma coluna em escala real.

Tabela 1 - Parâmetros e dimensões do ERCER e os valores equivalentes para escala real.

Parâmetro	Unidade	Escala real	Escala reduzida
Granulometria do CAG	Mesh	8 x 30	60 x 80
Diâmetro médio dos grãos	mm	1,49	0,21
TCLV	Min	5	0,72
Taxa de aplicação superficial	m ³ /m ² .dia	120,00	120,00
Vazão	m ³ /m ² .h	5,00	5,00
Densidade aparente	mL/min	-	9,42
Volume do leito de CAG	g/cm ³	0,65	0,65
Altura do leito de CAG	cm ³	-	6,82
	cm	-	6,03

De posse dos resultados do ensaio ERCER, é possível analisar as taxas de transferência específica (TTE) e utilização do carvão (TUC) através das Equações 9 e 10.

$$\text{TTE} = \frac{T_{\text{ruptura}}}{\text{TCLV}_{\text{real}} \cdot \text{dens}_{\text{CAG}}} \quad (9)$$

$$\text{TUC} = \frac{1}{\text{TTE}} \quad (10)$$

Em que: TTE – Taxa de Transferência Específica, em cm³/g; dens_{CAG} – Densidade do CAG de osso, sendo 0,65 g/cm³; e TUC – Taxa de Utilização do Carvão, em L/g.

Resultados e discussões

A Tabela 2 e a Figura 1 mostram os resultados obtidos nos ensaios com ERCER.

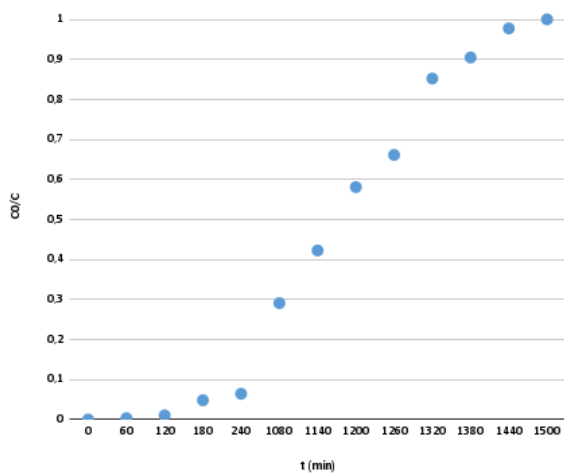
Tabela 2 - Resultado do ERCER

t (min)	C (mg/L)	Desvio padrão (+/-)	Variância	C/C ₀
0	0,00	0,00	0,00	0,00
60	0,02	0,03	0,00	0,00
120	0,06	0,07	0,00	0,01
180	0,28	0,01	0,00	0,05
240	0,37	0,08	0,01	0,06
1080	1,66	0,84	0,71	0,29
1140	2,42	0,79	0,62	0,42
1200	3,32	0,52	0,27	0,58
1260	3,78	0,33	0,11	0,66
1320	4,87	0,32	0,10	0,85
1380	5,17	0,21	0,05	0,91
1440	5,59	0,11	0,01	0,98
1500	5,72	0,10	0,01	1,00
Branco (C inicial)	5,71			

Tabela 3 - Dados obtidos através do ERCER.

Tempo de ruptura (min)	Tempo de saturação (min)	Taxa de transferência específica (cm ³ /g)	Taxa de utilização do carvão (g/L)
180	1380	55,38	18,06

Figura 1 - Curva de ruptura obtida a partir da execução do ERCER.



A Tabela 3 resume os principais parâmetros a partir da curva de ruptura gerada na Tabela 2 e na Figura 1. Observa-se que foi obtido o ponto de ruptura após 3 horas de ensaio. A partir daí, foram obtidos TTE e TUC de 55,38 cm³/g e 18,06 g/L, respectivamente.

Não há, na literatura, estudos realizados com o CBZ utilizando-se o método de ERCER. Contudo, há aplicação desta metodologia para a adsorção de outros adsorvatos.

Para ERCER aplicado na remoção do 2,4-D, Rozário *et al.* encontraram ponto de ruptura de 1.349 minutos (22 horas e 29 minutos) em água ultrapura. Nesse estudo não foi analisando os pontos de saturação do experimento, sendo os ERCER realizados com a água ultrapura interrompidos nos tempos de aproximadamente 32,73 e 33,48 horas. Neste trabalho a concentração de contaminante foi de 7 mg/L. Observa-se que para o CBZ, o ponto de ruptura obtido foi menor do que o estudo realizado com o 2,4-D, implicando em maior TTE e menor TUC.

Mavaieie Jr. e Benetti (2021) utilizaram a mesma metodologia para a remoção de matéria orgânica, aplicando a mesma coluna aqui utilizada, com alguns parâmetros similares (tais como TCLV, diâmetro de CAG e tamanho do leito). Utilizando TCLV de 5 minutos, a ruptura ocorreu logo no estágio inicial do experimento. Dessa forma, o método aqui aplicado demonstrou maior eficiência do CAG para a remoção de CBZ do que para a

remoção de matéria orgânica, em condições similares.

A TTE e o TUC são parâmetros utilizados para analisar a performance do CAG na remoção do contaminante. Quanto maiores os valores de TTE e, conseqüentemente, menores os valores de TUC, maior a eficiência do CAG (Kempisty *et al.*, 2022).

Voltan, Dantas e Paschoalato (2016) estudaram a remoção dos herbicidas Diuron e Hexazinona através de CAG (concentrações iniciais de 1,00 e 0,28 mg/L, respectivamente) e foi obtido TUC de 10,7 mg/L. Comparando-se o resultado obtido para TUC, observa-se que o resultado obtido com o CBZ mostrou uma menor performance em comparação aos herbicidas. Isto é atribuído ao fato de as condições operacionais do ERCER para a remoção do CBZ terem sido diferentes, como menor escala da coluna e maior concentração inicial do fungicida comparando com os herbicidas. Desta forma, considerou-se os resultados aqui obtidos como coerentes e satisfatórios para as condições operacionais testadas.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para os testes de isotermas de adsorção do CBZ ao CAG.

Tabela 4 - Resultado dos testes de isotermas de adsorção do CBZ ao CAG.

Modelo	Parâmetro	CBZ somente
Freundlich	k_F (mg/g)(L/mg) ^{1/n}	60,49
	1/n	0,67
	R ²	0,98
Langmuir	q _{máx} (mg/g)	159,10

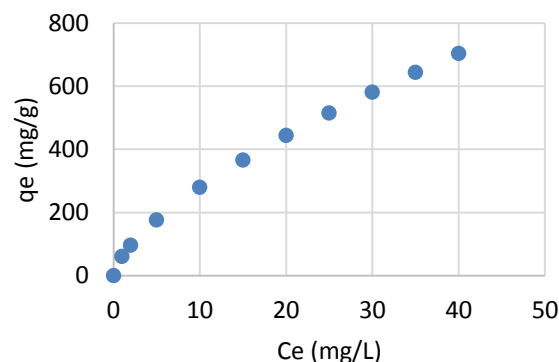
Tabela 4 - Resultado dos testes de isotermas de adsorção do CBZ ao CAG.

Modelo	Parâmetro	CBZ somente
Sips	b (L/mg)	0,49
	R ²	0,97
	q _{máx} (mg/g)	159,10
	K _s (L/mg) ^{1/ns}	0,49
	ns	1,00
Liu	R ²	0,98
	q _{máx} (mg/g)	198.424,95
	K _g (L/mg)	3,76 x 10 ⁻⁶
	n _L	0,67
	R ²	0,96
Redlich-Peterson	a _{RP} (L/mg) ^β	0,00
	k _{RP} (L/mg)	32,72
	β	0,00
	R ²	0,93

Observa-se que a isoterma de Freundlich foi a que melhor se ajustou à adsorção do CBZ no CAG (R² igual a 0,9796 ante 0,9759 de Sips). O modelo de Freundlich que descreve a adsorção do CBZ no CAG é mostrado na Equação 11. A Figura 2 mostra o gráfico obtido através desta equação.

$$q_e = 60,49 \cdot C_e^{0,67} \quad (11)$$

Figura 2- Gráfico da isoterma de Freundlich para a adsorção do CBZ no CAG de osso.



Observa-se que parâmetro 1/n foi 0,67, menor do que a unidade (1/n < 1), sugerindo que a adsorção do CBZ no CAG de osso é um processo favorável (Anfar *et al.*, 2020). Tal



particularidade está de acordo com, estudos anteriores realizados com CBZ em outros adsorventes (Jin *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2011; Paszko, 2006; Rizzi *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020).

A isoterma de Freundlich não se restringe à formação de monocamadas, mas pode ocorrer a formação heterogênea de multicamadas (Haro *et al.*, 2021). De acordo com Piccin *et al.* (2017), a isoterma de Freundlich assume que a adsorção ocorre de forma heterogênea na superfície. Assim, a adsorção de CBZ no GAC provavelmente ocorre de forma heterogênea na superfície e predominantemente através da formação de multicamadas. Essa particularidade não exclui a adsorção em monocamada, que também pode ocorrer no processo.

Conclusões

Observou-se que estudos analisando a remoção de CBZ através de ERCER ainda são escassos, dificultando a análise mais precisa acerca do desempenho do CAG através da comparação com abordagens similares. Contudo, considerou-se que os dados obtidos foram coerentes e satisfatórios, analisando-se outras pesquisas que utilizaram o mesmo método para adsorvatos diferentes. Em relação as isotermas, a que melhor se ajustou ao processo adsorvativo foi o modelo de Freundlich. Esta isoterma indicou que que a

adsorção do CBZ no CAG de osso é favorável e pode gerar a formação heterogênea de multicamadas. Os dados obtidos estavam em consonância com estudos prévios realizados com o fungicida em outros adsorventes.

A adsorção do fungicida Carbendazim, avaliada através dos ensaios em fluxo contínuo (ERCER) e ensaios em batelada, apresentaram resultados considerados satisfatórios. Avalia-se que há a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o CAG utilizado, além de outras abordagens como estudos da cinética de adsorção do CBZ, por exemplo. Por fim, a partir dos dados analisados, observou-se que a aplicação de CAG é uma abordagem promissora para a remoção deste contaminante em água.

Bibliografia

- Anfar, Z., Ait Ahsaine, H., Zbair, M., Amedlous, A., Ait El Fakir, A., Jada, A., & El Alem, N. (2020). Recent trends on numerical investigations of response surface methodology for pollutants adsorption onto activated carbon materials: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(10), 1043–1084. doi: <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1642835>
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (2019). Programa de análise de



resíduos de agrotóxicos em alimentos -PARA. Relatórios das amostras analisadas no período de 2017-2018. Gerência Geral de Toxicologia. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+%E2%80%93PARA+2017-2018_Final.pdf/e1d0c988-1e69-4054-9a31-70355109acc9. Acesso em 27 jan. 2020.

Coutinho, C. F. B., Galli, A., Mazo, L. H., & Machado, S. A. S. (2006). Carbendazim e o Meio Ambiente: Degradação e Toxidez. *Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, 16, 63–70. doi: <https://doi.org/10.5380/pes.v16i0.7480>

Crittenden, J. C., Hand, D. W., Arora, H., & Lykins, B. W. (1987). Design Considerations for GAC Treatment of Organic Chemicals. *American Water Works Association*, 79(1), 74–82. doi: <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1987.tb02786.x>

Crittenden, J. C., Reddy, P. S., Arora, H., Trynoski, J., Hand, D. W., Perram, D. L., & Summers, R. S. (1991). Predicting GAC Performance with Rapid Small-Scale Column Tests. *American Water Works Association*, 83(1), 77–87. doi: <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1991.tb07088.x>

Crittenden, J. C., Trussell, R. R., Hand, D. W., Howe, K. J., Tchobanoglous, G. (2012) *MWH's Water Treatment: principles and design*. (2nd ed). Estados Unidos: John Wiley & Sons. 1968 p.

Fraga, F. (2022). Anvisa determina suspensão do agrotóxico carbendazim. *Agência Brasil*. Recuperado de <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/anvisa-determina-suspensao-do-agrotoxico-carbendazim>. Acesso em 12 jul. 2022.

Haro, N. K., Dávila, I. V. J., Nunes, K. G. P., de Franco, M. A. E., Marcilio, N. R., & Féris, L. A. (2021). Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies of the adsorption of paracetamol in activated carbon in batch model and fixed-bed column. *Applied Water Science*, 11(2), 1–9. doi: <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01346-5>.

Jin, X., Ren, J., Wang, B., Lu, Q., & Yu, Y. (2013). Impact of coexistence of carbendazim, atrazine, and imidacloprid on their adsorption, desorption, and mobility in soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(9), 6282–6289. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1657-2>

Kempisty, D. M., Arevalo, E., Spinelli, A. M., Edeback, V., Dickenson, E. R. V., Husted, C.,



Knappe, D. R. U. (2022). Granular activated carbon adsorption of perfluoroalkyl acids from ground and surface water. *AWWA Water Science*, 4(1). doi: <https://doi.org/10.1002/AWS2.1269>

Kümmerer, K. (2011). 3.04 - Emerging Contaminants. *Treatise on Water Science*, 3, 69 - 87. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53199-5.00052-X>

Li, X., Zhou, Q., Wei, S., Ren, W., & Sun, X. (2011). Adsorption and desorption of carbendazim and cadmium in typical soils in northeastern China as affected by temperature. *Geoderma*, 160(3-4), 347-354. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.10.003>

Mavaieie Júnior, P. A., & Benetti, A. D. (2021). Remoção de carbono orgânico dissolvido de águas filtradas com tratamento complementar por pré-oxidação com ozônio e adsorção em carvão ativado. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26(6), 989-1001.

Paszko, T. (2006). Sorptive Behavior and Kinetics of Carbendazim in Mineral Soils. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(3), 449-456.

Piccin, J. S.; Cadaval Jr., T. R. S.; Pinto, I. A. A. De.; Dotto, G. L. (2017) Adsorption Isotherms in Liquid Phase: Experimental, Modeling, and Interpretations. In: A. Bonilla-Petriciolet, D. I. Mendoza-Castillo, H. E. Reynel-Ávila (Eds.), *Adsorption Processes for Water Treatment and Purification* (pp. 19 – 51), 1st edition. Springer International Publishing.

Rama, E. M., Bortolan, S., Leivas, M., Cristina, D., Gerardin, C., & Gastaldello, E. (2014). Reproductive and possible hormonal effects of carbendazim q. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 69(3), 476-486. doi: <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2014.05.016>.

Rizzi, V., Gubitosa, J., Fini, P., Romita, R., Agostiano, A., Nuzzo, S., & Cosma, P. (2020). Commercial bentonite clay as low-cost and recyclable "natural" adsorbent for the Carbendazim removal/recover from water: Overview on the adsorption process and preliminary photodegradation considerations. *Colloids and Surfaces A*, 602, 125060. doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125060>.

Summers, R. S., Knappe, D. R. U., Snoeyink, V. L. (2011). Adsorption of organic compounds by activated carbon. In: J. K. Edzwald (Ed.), *Water quality and treatment: a handbook on drinking water* (Chapter 14). 6th ed. New York:



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

McGraw-Hill/American Water Works Association.

Voltan, P. E. N., Dantas, A. di B., Paschoalato, C. F. R., & Di Bernardo, L. (2016). Predição da performance de carvão ativado granular para remoção de herbicidas com ensaios em coluna de escala reduzida. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 21(2), 241–250. doi: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016138649>.

Wang, T., Yu, C., Chu, Q., Wang, F., Lan, T., & Wang, J. (2020). Adsorption behavior and mechanism of five pesticides on microplastics from agricultural polyethylene films, *Chemosphere*, 244, 125491. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125491>.

Financiamento

CNPq e CAPES através do pagamento da bolsa de doutorado e financiamento parcial de materiais.

¡Alerta de niebla! Adaptación de
recolectores de lluvia horizontal en la
composición morfológica de la arquitectura.



D. 31. Aguas

¡Alerta de niebla! Adaptación de recolectores de lluvia horizontal en la composición morfológica de la arquitectura.

Autor: Dumón Lamarque, Lautaro; lautarodumonlamarque@gmail.com

Profesor/a guía: Ponce, Nora; nora.ponce.arq@gmail.com / Ruiz, Pablo;

aleandrohose@hotmail.com

Universidad Nacional de La Plata - LITPA

Resumen

El siguiente trabajo expone los avances obtenidos a través de la BECA DE ENTRENAMIENTO CIC PARA ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS, la cual fue inscrita en un proyecto de investigación denominado “FORMATOS URBANOS ARQUITECTÓNICOS SOSTENIBLES EN CONTEXTOS VULNERABLES”, que sirvió de marco referencial y como escenario de investigación proyectual.

En este contexto, es que surgen resoluciones que parten de exploraciones arquitectónicas con el objetivo de indagar en el propio funcionamiento de la tecnología “Mallas recolectoras de lluvia horizontal” incorporándolas no sólo como sistemas pasivos de recolección de agua,

sino como configuradoras de la forma, del lenguaje y como elementos propositivos sostenibles.

Este encuadre permitió explorar estrategias formales para la vivienda a escala individual y colectiva sobre un sector del valle inundable del Arroyo Maldonado en La Plata, habilitando espacios de innovación que involucran formas de urbanización ambientalmente conscientes, formatos agro-residenciales y la participación comunitaria en la construcción de una identidad colectiva.

Las resoluciones presentadas surgen de exploraciones proyectuales, por lo que se conforman como herramientas antes que, como productos acabados, estableciendo alternativas de interpretación, configuración y



construcción del hábitat social. Es así que la variedad de soluciones presentadas incorpora versiones de hábitats diversificables debido a las dificultades encontradas en el funcionamiento de la tecnología a la hora de incorporarla a unidades habitables.

A través de esta interrelación se logró renovar el conocimiento, incorporando criterios espaciales como una necesidad para abordar el tratamiento de las mallas de niebla en el hábitat social.

Introducción

La anegación de los suelos en el contexto agro-residencial del Arroyo Maldonado resulta un obstáculo importante para el desarrollo del hábitat social, derivando por ejemplo en la erosión, la desertificación, la compactación y la pérdida de fertilidad en los márgenes de la cuenca. Más allá de las dificultades mencionadas, este ambiente ribereño se ve potenciado gracias a las extensiones geográficas libres en relación al curso del agua, facilitando no solo situaciones de expansión habitacional sino también la posibilidad de proyectar un diseño integral que incluya estos ecosistemas en su estado natural. En relación al potencial del sitio, trabajar en el arroyo Maldonado implicó considerar temas como la rehabilitación de la tierra -revitalizando los

suelos desgastados por la intensa producción agraria-, como también considerar alternativas tendientes a aumentar el rendimiento de los suelos y la apropiación del hábitat que permite a los habitantes reforzar su identidad.

La cuenca -hoy un límite urbano- es alimentada por el Río de la plata que se introduce en el área urbana debido a una gran variedad de canales entubados que liberan lotes progresivamente, produciendo así un proceso de ampliación urbana (Muntz, s.f.), desencadenando –según el CENSO 2010- en el asentamiento de aproximadamente 67.406 habitantes. Debido a las dificultades sociales e inestabilidad macroeconómica sostenida en el tiempo en nuestro país, se intensificaron las ampliaciones urbanas que conllevaron al crecimiento de villas de emergencia y otros hábitats precarios hacia la rivera de los arroyos, entre ellos el Maldonado.

Estos sectores no llegan a cubrir las necesidades básicas habitacionales de las familias, quienes en el mejor de los casos poseen pozos absorbentes que normalmente contaminan las napas freáticas -infectando las fuentes de agua para aquellas familias que se ven obligadas a obtener el recurso mediante pozos deficientemente aislados- (Frediani, 2010).



En este contexto la calidad del agua se consolida como una preocupación clave para la población, no solo por el riesgo que significa para la salud de los habitantes sino también por ser un factor relevante para garantizar la inocuidad de los cultivos producidos en las inmediaciones; por consiguiente, las mejoras no deben ser pensadas únicamente para las poblaciones urbanas sino también para las familias de productores agrícolas (fig. 01).

Gracias a lo anterior, el trabajo proyectual implicó en gran medida concentrar los esfuerzos en la maximización de las fuentes de agua, debido a que la obtención y gestión de ésta determina el valor económico y la capacidad de explotación de los suelos, para que incluso si no se promovieran las actividades de hábitat y producción no fuera por falta de recursos.

Objetivo general

Indagar particularmente en el funcionamiento de las “mallas recolectoras de lluvia horizontal”, incorporándolas a formatos de vivienda –en relación a la producción frutihortícola doméstica- no sólo como sistemas de recolección pasiva de agua, sino como configuradores de su lenguaje morfológico y como elementos propositivos sostenibles.

Objetivos Específicos

- Estudiar la aplicación del sistema “mallas recolectoras de lluvia horizontal” que fructifique el recurso hídrico del sector, configurándose como herramienta de la espacialidad arquitectónica.

- Proyectar unidades de viviendas conscientes con el entorno social, estudiando su materialidad y la incorporación de espacios de uso colectivo.

- Indagar estrategias de diseño urbano-paisajístico accesibles para la protección contra el riesgo de inundaciones en el arroyo Maldonado, que sirvan a su vez como ampliación del espacio público.

El conocimiento arquitectónico resultante de este avance toma como base los objetivos planteados para la BECA DE ENTRENAMIENTO CIC, quienes giran en torno al objetivo de “contribuir a la construcción de conocimientos y material de transferencia (...) para el tratamiento integral de la cuenca y bañado del Arroyo Maldonado” trazado para el proyecto en que se inscribe.

Materiales y métodos

Se tomaron como casos de estudio proyectos elaborados en el marco de las investigaciones en el laboratorio LITPA, ampliando la mirada a referentes internacionales existentes afines a la temática, en búsqueda de bibliografía que amplió los conocimientos sobre el los



métodos de aplicación de los sistemas, las características propias y las falencias al presentarlos en diversos contextos.

Además, se profundizó en aquellos aspectos requeridos para la implementación de los recolectores en viviendas con bajo acceso al recurso hídrico de calidad y su adaptación a sistemas de producción doméstica de alimentos.

En el campo de la arquitectura se afrontan constantemente desafíos especialmente vinculados con la problemática de las ciudades y de las formas de intervenir sobre ellas. Los nuevos problemas que afrontan las comunidades devienen de la capacidad arquitectónica para brindar experiencias parciales que a veces no llegan a favorecer el bienestar colectivo. Esta situación produce un paisaje fragmentado, de superposición de realidades, de criterios, de formas a lo que llamamos paisaje mosaico. Para la resolución de estas problemáticas no nos bastó con la experiencia histórica, sino que nos desafió a investigar y encontrar un método racional para determinar alternativas que incorporen respuestas a esas complejidades. Debido a lo anterior, el método de estudio involucró la investigación proyectual utilizando como

objeto de estudio al diseño arquitectónico ya que este en su génesis contiene formulaciones, teorías, conceptos, metodologías, lógicas y estrategias que aportan directamente al conocimiento proyectual, convirtiéndola en una herramienta fundamental para producir nuevos conocimientos y habilitar espacios de discusión diversos en pos de innovar. La experimentación, se vinculó a la aplicación de diversos dispositivos -teórico-prácticos- destinados a la búsqueda de nuevas miradas sobre la realidad, y a la construcción de nuevos conocimientos a partir de los fundamentos estudiados. Producir un verdadero cambio de paradigma, es una situación que requiere de exploración, renovación y una necesaria vinculación interdisciplinaria, potenciando la idea de obtener la construcción integral de la arquitectura.

Resultados y discusión

Las precipitaciones como recurso hídrico.

El potencial hídrico del sitio manifiesta la posibilidad de aprovechar -de forma estacional- los altos niveles de humedad y temperaturas atmosféricas que favorece la recolección de lluvia horizontal y precipitaciones. Estos dos factores son los que definen finalmente la posición, la dirección y la viabilidad de los sistemas



pasivos de recolección de niebla planteados.

Su uso se define como estacional debido al reconocimiento de las variaciones que afectan a las temperaturas atmosféricas a lo largo del año, obteniendo máximas estables de 28.8°C en verano y 14.3°C en invierno -dato útil para el posicionamiento de los recolectores, favoreciendo los sectores cercanos a cuerpos de agua. Esto sucede porque los suelos húmedos actúan similares a las superficies hídricas, atenuando considerablemente las variaciones térmicas-. Es en la época invernal donde se registran los niveles más altos de humedad llegando a un 83%, viéndose reducida hacia la época estival a un 70%; a esto se suma que las precipitaciones medias anuales alcanzan los 1.079mm/año lo que define a la zona como húmeda (Kruse, s.f.).

Lamentablemente, el estado actual del arroyo impide el consumo directo del recurso, pero contribuye directamente -en conjunto con otras cuencas- en el proceso de evaporación y precipitación que alcanza las lluvias más altas en la época invernal con 119.9mm. De esta forma se pudo predecir que los sistemas de recolección son útiles al menos 7 días al mes, con una máxima obtenida en primavera donde se

suman dos días a los valores anteriores. Entender la temporalidad de los fenómenos plantea la necesidad de acompañar los sistemas de recolección con conjuntos de almacenamiento para su posterior utilización en los momentos de menores precipitaciones. La incorporación de estos sistemas en la escala doméstica permite la independización parcial de los usuarios, proveyéndole la aptitud de obtener el recurso sin depender por completo de la capacidad del suministro de servicios públicos. La vivienda, al poder aprovisionar de agua al usuario, le brinda la posibilidad de convertir su unidad en un objeto capaz de albergar no solo vida humana sino también cualidades productivas, mejorando así las posibilidades para los usuarios más vulnerables económicamente. La relación entre los alimentos y la producción desencadena históricamente una utilización descontrolada del recurso hídrico, produciendo residuos que se dispersan sobre la biosfera superando la capacidad del planeta para digerirlos, es por ello que la sustentabilidad se incorpora como una forma de diseño consciente donde el objetivo final es brindar más que un mero proyecto arquitectónico, mejorando la calidad de vida de los habitantes del Maldonado.

Análisis de la cuenca y sector del Arroyo Maldonado.



- Diagnóstico del Arroyo Maldonado:**
- Tendencia de expansión urbana.
 - Tendencia de ocupación al margen del arroyo y áreas de alto riesgo.
 - Tendencia de expansión agrícola bajo cubierta.
 - Arroyo a cielo abierto.
 - Canal a cielo abierto.
 - Villas y asentamientos.
 - Espacios vacantes.
 - Nivel de riesgo alto.
 - Nivel de riesgo bajo.
 - X Suelo discapitado.



- Necesidades básicas insatisfechas, 2019:**
- 29,01% - 100%
 - 14,01% - 29,00%
 - 08,01% - 14,00%
 - 00,00% - 4,00%

Partido de La Plata, fortalezas.



Imágenes de días con niebla en La Plata.



Fortalezas y debilidades en el sitio de intervención.



- Arriba: Calle 93, Abajo: Calle 98
- Derecha: Av. 7, Izquierda: Calle 11.
- Empresa de distribución de líquidos hacia calle 7 y 98.
- Asentamientos informales hacia calle 11 y 93.
- Ramificación del arroyo Maldonado dividiendo el lote de intervención.
- Sector más consolidado hacia Av. 7.
- Sector más deficitario hacia calle 11.



- Sectores con gran presencia de basurales.
- Tramos asfaltados.
- Tramos de calle de tierra + conchilla.
- Acceso al sistema de transporte público de la línea ESTE.



- Presencia de veredas construidas.
- Áreas inveredadas con tramos casi despreciables de estas.
- Vacíos verdes producidos por la toma irregular del espacio.



- Conaltecación extendida por los mismos vecinos de la calle 11.
- Misionamiento habitacional producido hacia Av. 7 y Av. 13.
- Parcelas irregulares con bajos niveles habitacionales entre calles 11 y 12.

Fig. 1 Contexto y configuración del sector a intervenir. Fuente: Elaboración propia (LITPA).



Para lograr que la vivienda dé el salto hacia la productividad doméstica se necesitó combinar los espacios habituales de una casa con nuevos espacios capaces de albergar sistemas productivos verticales. La hidroponía cobra relevancia en este mapa arquitectónico por su capacidad de generar espacios cultivables en pocos metros cuadrados; la particularidad que favorece la elección de esta tecnología proviene de que en ella los vegetales se sostienen por sustratos involucrados en la recirculación de soluciones nutritivas a través de varios canales verticales de PVC conectados a un contenedor en común. Del sistema NFT – Nutrient Film Technique- surge la producción de alimentos de hoja y frutos de tallo corto como lo son las lechugas, las acelgas, las frutillas, los zapallos y melones, entre otros productos de consumo habitual en las dietas de los pobladores.

Recolección de agua de niebla

El “consumo sostenible” de los recursos hídricos manifiesta la necesidad de entender los ciclos del agua para poder aprovecharla no solo en estado líquido sino también en el gaseoso. Consecuentemente el concepto fundamental de esta teoría es la niebla, la cual supone la suspensión de

pequeñísimas gotas de agua o cristales de hielo en la atmosfera -menores a 40 micrones- muy frecuentes en áreas costeras que por ser tan livianas no caen, sino que se mantienen a merced del viento (Cereceda, 2014).

La formación de la niebla se debe a una inversión térmica que produce el descenso del aire desde la troposfera -debido a los anticiclones- produciendo la disminución de la temperatura. Esta inmersión no permite que las micropartículas de agua se eleven formando generalmente una nube estratocúmulo (Cereceda, 2014). Esto quiere decir que existen dos factores fundamentales para que se produzcan las masas de lluvia horizontal: en primer lugar, la saturación del vapor de agua atmosférica hasta que se condensan y en segundo la presencia de núcleos de condensación en el aire que provoquen el cambio de estado sobre ellos. Los bordes costeros -como el caso del sector del arroyo Maldonado- se ven afectados por una niebla de tipo de Advección, la que se desarrolla gracias al desplazamiento de una corriente de aire húmedo y cálido sobre una región más fría -gracias a esto el aire se enfría desde abajo permitiendo que su humedad relativa aumente pudiendo saturarse- (Sarochar, s.f.). Esta “nube a ras del suelo” (Cereceda, 2014) es desplazada por el viento a una velocidad moderada entre los 8 y los



24km/h -velocidad necesaria para mantener constante el flujo de aire cálido y húmedo- desde el plano de agua hasta la superficie terrestre donde es interceptada por elementos geográficos o artificiales transformándose en niebla.

Atrapanieblas.

La técnica artificial de condensación de las masas de niebla se fundamenta en exponer a la intemperie planos compuestos de materiales -que favorezcan la adhesión de las gotas- como mallas o hilos plásticos/metálicos. Cuando el viento empuja la niebla, ésta entra en contacto con la superficie recolectora donde algunas de las microgotas quedan adheridas por impacto, acumulándose en unas más grandes hasta que el peso de la gravedad las hace caer en unas canaletas inferiores quienes las dirigen hacia un depósito para su almacenamiento (Cereceda, 2014). Existe una variedad morfológica limitada en la familia de los atrapanieblas, por ende, en cuanto a su incorporación en la espacialidad proyectual se debe tomar siempre el ejemplo que favorezca una sana relación proyecto/tecnología. Este vínculo desemboca -comúnmente- en una puja entre la función y la forma, por esa razón es que se toman como herramienta proyectual a los atrapanieblas tridimensionales desde los cuales se

explora su capacidad recolectora y creadora de atmosferas arquitectónicas. La morfología de los atrapanieblas tuvo su auge en las pruebas realizadas principalmente en Chile y África, entre los que se destacan la “Torre de niebla costera” (Aravena, 2009) -un ejemplo helicoidal que se posiciona a 400 ms de altura y acumula hasta 200.000 litros de agua por día- y el denominado “Warkawater” (Plataforma Arquitectura, 2022) tratándose de una torre de bambú inspirada en los tipos arboles Warka -llegando a recolectar hasta 30 litros de agua por noche-.

El primer ejemplo desarrolla dos asuntos de una alta relevancia para el proyecto, por un lado, la posibilidad de diseñar un edificio como generador de energía y la posibilidad de estudiar una vinculación volumétrica entre el recurso hídrico de las nieblas y la propia arquitectura (Aravena, 2009), pero define su ausencia en el ámbito proyectual por conformarse desde su génesis como independiente, limitando así su uso al de la recolección. En el segundo caso, si bien como ejemplo no se considera a sí mismo como elemento arquitectónico, produce extensiones de las mallas por fuera del volumen de recolección generando espacios de sombra a su alrededor (fig. 02).

Referencias de mallas de agua como objetos arquitectónicos:

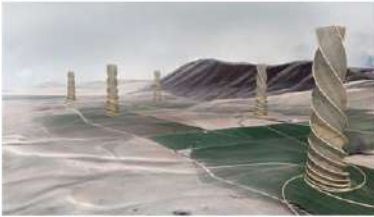


Fig. Torre costera. Concurso de diseño de rescacielos eVolo, Alberto Fernández/Susana Ortega. Chile.

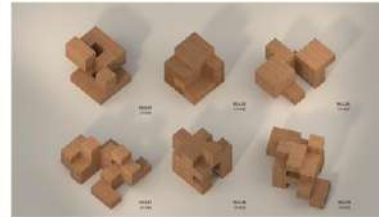
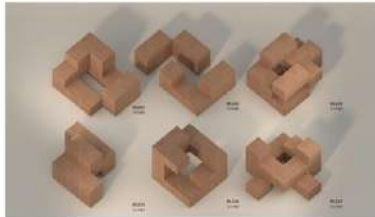
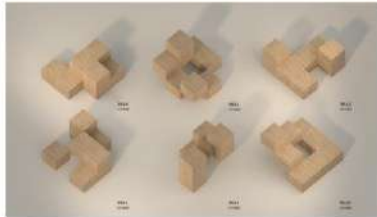
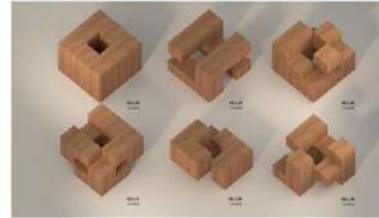
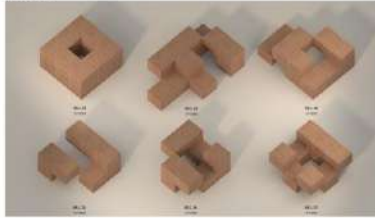
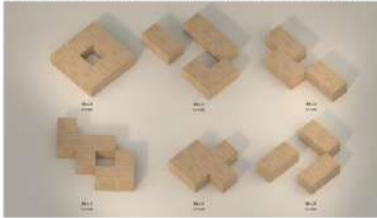


Fig. Warka Water. Arturo Vittori, Dorzi, Etiopía.



Fig. Un sb ambar con doble cúpula y captadores de viento en Yazd, Irán.

Exploración proyectual de porosidad en las unidades de vivienda:



Exploración proyectual de unidades y conjuntos:

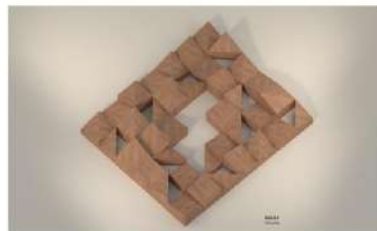
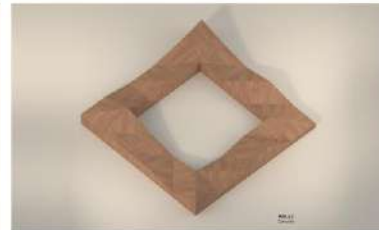
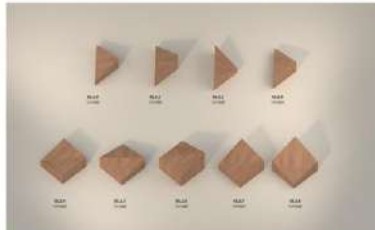
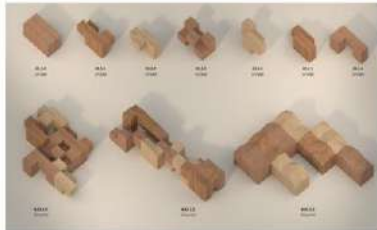
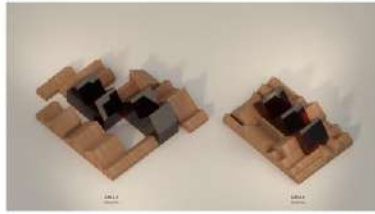
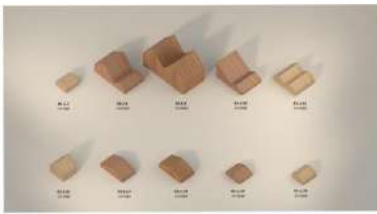


Fig. 2 Referencias y exploraciones formales. Fuente: Elaboración propia (LITPA).



Por esta razón es importante reconocer el esfuerzo formal por imitar o representar iconos de identidad comunitaria produciendo un significado emocional para quienes vayan a utilizarlos.

Dentro de los formatos de recolección, además de encontrar aquellos capaces de recoger agua, podemos observar a los captadores de vientos -sistemas de climatización por circuitos de aire y humedad- que son perfectamente adaptados al proyecto arquitectónico como lo son las torres de viento de Yazd, en Irán (CienciAcierta, 2022).

Al igual que las mallas de niebla, el sistema se basa en exponer al viento a un obstáculo -pañes húmedos dentro de una torre de gran altura- que genere una diferencia de presión en ambos lados del mismo, ajustando la temperatura del interior con la utilización de las corrientes de aire que existen en la naturaleza. Durante el día el sol calienta el aire que se eleva por la torre, descendiendo durante la noche al enfriarse por las temperaturas atmosféricas, este ciclo continúa hasta que el calor de las paredes y del entorno se equipara. En este caso, la inserción de la tecnología en la arquitectura se da orgánicamente debido a que se piensa a la tecnología como parte del proyecto desde su origen, incorporándolo morfológica y

funcionalmente en el diseño del objeto, conjugando no solo su uso como climatizador sino como icono de la arquitectura de oriente.

La realidad es que la riqueza del diseño está en aportar mejoras a la vida cotidiana de los habitantes del arroyo Maldonado interviniendo con tecnología los espacios comunes, haciendo que los individuos se vean vinculados con ella no solo en el uso sino en la reparación por ser parte de sus unidades particulares. Los atrapanieblas -pensados desde una perspectiva arquitectónica- se debieron insertar en un sistema más amplio definiendo situaciones dentro de los volúmenes arquitectónicos para de esta forma conjugar las posibilidades innovadoras de los sistemas con las actividades cotidianas de las personas. La investigación proyectual planteó desde el comienzo la intención de trabajar al modelo bajo un sistema de adición, lo que significaría un proceso directo de agregado de “capas” tecnológicas desde donde estudiar sus cualidades técnicas vinculadas a la arquitectura (fig. 03). Todo ello surge del entendimiento de, por un lado, las mallas recolectoras de niebla y por el otro de las huertas hidropónicas ya que el objeto final termina por conformarse gracias a su inserción en los módulos habitables. La popularidad ganada por estos sistemas en



los últimos años solamente experimentó su adaptación a sectores adyacentes a la vivienda urbana, pero no integradas en ella, por lo que el mayor esfuerzo se vio enfocado en esa relación hasta ahora inmadura.

La tecnología, se ve afectada directamente por los requisitos de funcionamiento planteados por el creador desde su génesis. Tal es así que los sistemas captadores de niebla se someten a su localización, primando aquella que le brinde independencia, y a la altura, debido a la corriente de las partículas, involucrándolos como requisitos que no pueden ser ignorados si se pretende validar su funcionamiento.

Lo que finalmente nos empuja a entenderlos como aportadores a la morfología arquitectónica y no como definidores de ella. El trabajo derivó en diseñar espacios que se acerquen lo más posible a la idea de “atmósfera saludable” donde los recolectores y las huertas pudieran involucrarse en la definición de interiores sustentables, dejando de lado la idea de objetos independientes.

Las respuestas habitacionales surgieron entorno al análisis de referencias que reflejaran ítems abordados por la investigación, de ello surgió una casa proyectada modularmente que sirvió de

base para la producción de la versión propuesta en este avance. El resultado de las exploraciones planteó un sistema de módulos espaciales que se conectan mediante patios exteriores y circulaciones, produciendo una diversidad de accesos y vinculaciones con el entorno. Los agrupamientos programáticos permiten contemplar cierto crecimiento futuro sin modificar sustancialmente la morfología del objeto.

Por su posición urbana, el sitio, posee datos relevantes de su estética e identidad que sirvieron para la construcción de conceptos que contribuyeron al desarrollo de los fundamentos arquitectónicos. Uno de los datos fundamentales son los invernaderos agrícolas, utilizados para conformar sitios de estabilidad térmica, pero que no limita su riqueza en la utilidad práctica, sino que se enriquecen por su perspectiva formal típica de sitios de cultivos (fig. 04). Entender estas cualidades permitió evaluar, al mismo tiempo, diversas interpretaciones que concluyeron en el desarrollo de módulos longitudinales compuestos por arcos de adobe que se vinculan por contacto unos con otros, abriéndose a patios exteriores quienes dan ingreso a los diferentes espacios de la unidad. Trabajar con barro en arquitectura permite una relación más directa con la tierra que se habita, aprovechando desde

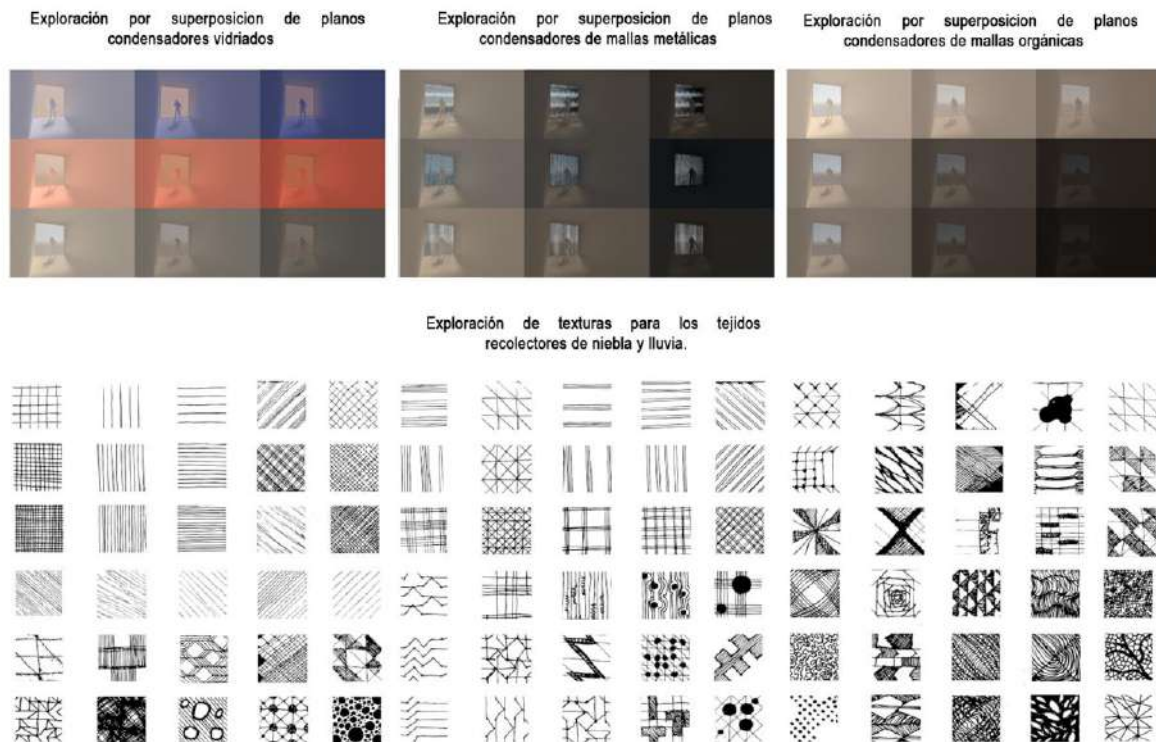


Fig. 3 Exploraciones, mallas de niebla y tramas. Fuente: Elaboración propia (LITPA).

su origen las cualidades aislantes propias del material y su capacidad estética que potencian la identidad del sitio.

La grilla tridimensional como herramienta de trabajo permitió el desarrollo de elementos que responden a la misma base pero que se adaptan a su respectivo uso. Al definir la unidad habitacional se decidió diseñar una fachada rítmica de cañas donde las mallas de niebla fueran la herramienta compositiva. Así al definir un anillo rectangular exterior, los requerimientos de localización se ven cubiertos por la variación en su posición que favorece el paso de corrientes de aire húmedas, y al

trabajarse por la altura total de la unidad también se satisface la necesidad de altura.

El agua recolectada cae por gravedad a unos estanques por debajo de las mallas, conformando un sistema de espejos de agua que alimentan no sólo a la vivienda - por la cantidad de m² cubiertos por el sistema- sino también a las huertas hidropónicas que se adaptan a las curvas de la casa. Pensar el proyecto desde su forma, nos enfrenta a la posibilidad de entender a la morfología como herramienta para lograr ideales, como lo es en este caso la sustentabilidad.

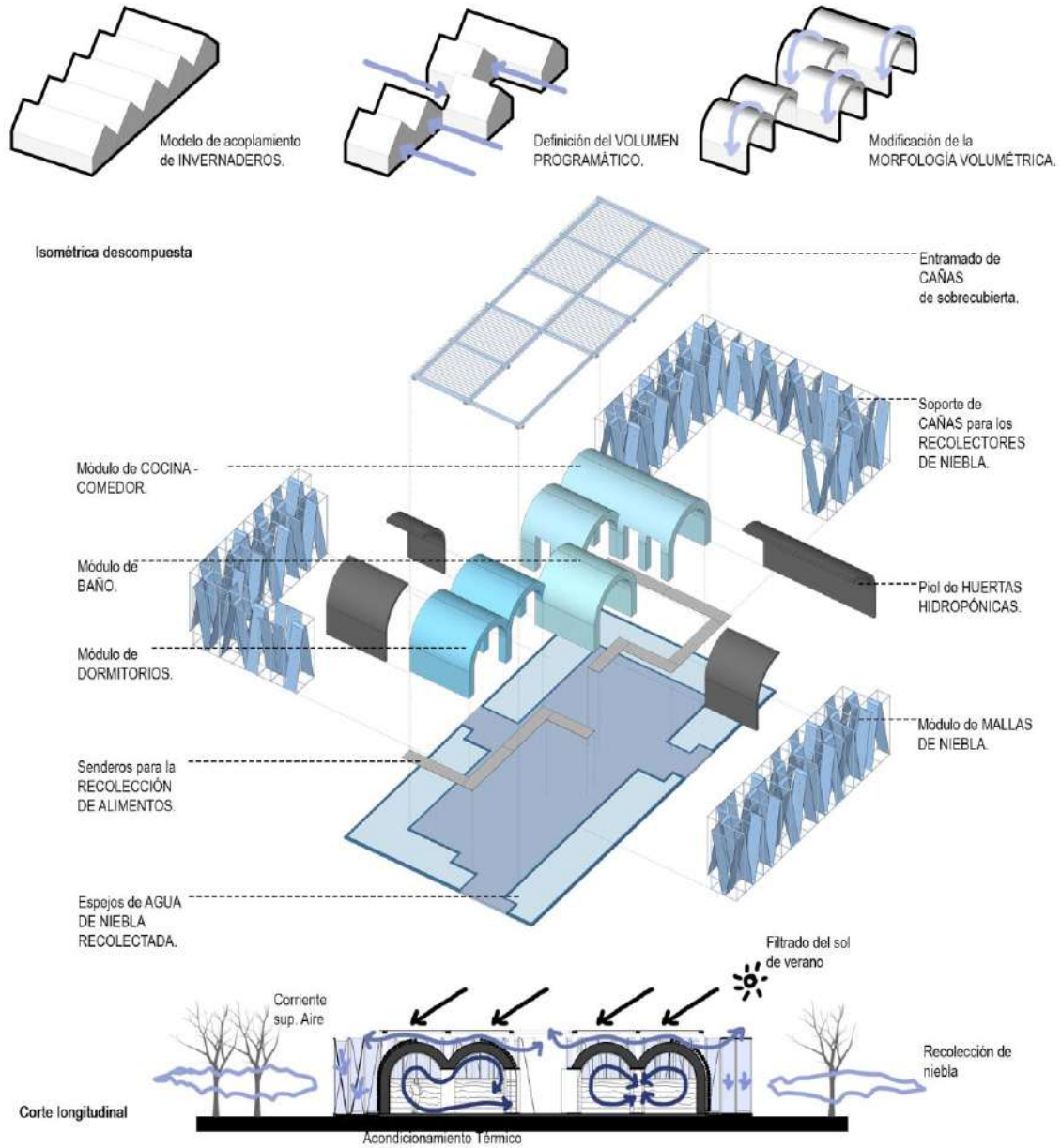


Fig. 4 Resoluciones espaciales a escala doméstica. Fuente: elaboración propia (LITPA).



La exploración proyectual se definió como teoría propositiva y experimental, habilitando la definición y el diseño de las principales estrategias de intervención a través de las diferentes escalas:

A escala del sector:

- Proponer un sistema agroforestal de defensa ribereña que se incorpore al proyecto como espacio público.
- Diseñar un sistema de ocupación de suelo en “mancha” evitando la producción de loteos y generando espacios intersticiales entre las viviendas de uso colectivo de cultivo y expansión (fig. 05).
- Producir un trazado peatonal de conexión intra-sectorial que limite el uso vehicular y que involucre árboles frutales en ramblas y senderos.
- Incorporar al proyecto general la ocupación de vegetación en las áreas indeterminadas para promover el aumento de humedad y la filtración del suelo.

A escala del proyecto arquitectónico:

- Plantear una vivienda como oportunidad de integración social, incorporando espacios de uso colectivo a las unidades habitacionales.
- Operar sobre la adición y la relación entre los bloques de viviendas para

controlar la escala de los espacios compartidos, siendo los dedicados a la recolección de niebla por escorrentía del flujo de humedad.

- Concretar las exploraciones proyectuales colectivas en: conjuntos de un nivel donde comparten situaciones de acceso, de expansión y de producción.
- Propiciar configuraciones morfológicas que puedan incorporar actividades productivas, integrando en las unidades sectores propicios para el uso de huertas hidropónicas.
- Plantear un sistema constructivo conocido como lo es el Adobe, permitiendo a la comunidad participar en la construcción de las unidades.

A escala técnica:

- Manifestar un sistema de recolección de agua de niebla que aprovecha las características espaciales para potenciar su funcionamiento.
- Diseñar un tamiz térmico que a su vez permita el ingreso de luz natural durante el día por medio de estructuras andamiadas.
- Incorporar sistemas de nieblas por medio de cañas que son asociados con el anillo exterior en la fachada del proyecto.



- Diseñar elementos de recolección secundaria que se involucren en el proyecto arquitectónico como espejos de agua de niebla decantada y lluvias.
- Propiciar el uso de huertas hidropónicas en fachadas, favoreciendo recorridos de servicio en torno al cultivo doméstico.
- Proponer un módulo de vivienda inicial que posibilite un eventual crecimiento pautado por el habitante en pos de modificar su lugar de vida.
- Proyectar un módulo formal de paneles recolectores que contenga tejidos hechos localmente para facilitar el cambio ante el desgaste material.

Las problemáticas actuales de la población dan parte de que los saberes disciplinares se deben revisar permanentemente, esta situación impulsó la búsqueda de nuevas respuestas técnico-proyectuales que permitieron repensar las estrategias utilizadas previamente y adecuarlas a los nuevos conocimientos. Del estudio proyectual surgieron nuevas herramientas metodológico-conceptuales como la incorporación de espacios vegetales para aumentar los niveles de humedad, un nuevo sistema constructivo como el adobe, las cañas como sostén natural de las mallas, las huertas hidropónicas adaptadas

a las cubiertas y el diseño modular en pos de favorecer el crecimiento en fases. De esta forma, las alternativas alcanzadas lograron revisar las problemáticas del hábitat individual y colectivo y al mismo tiempo reinterpretar las estrategias para garantizar el derecho humano del acceso al agua.

Conclusión

En conclusión, los procesos de investigación dan resultados inacabados que son útiles como disparadores de nuevos estudios. El resultado de las revisiones sobre esta investigación da pie para discutir si los requerimientos tecnológicos realmente impiden su inclusión en la vida cotidiana de los usuarios. Conseguir esto no es tarea fácil, se deben conjugar muchos subsistemas para favorecer la conformación de una máquina de habitar útil, pero requiere además un esfuerzo por parte de la disciplina para equiparar las necesidades tecnológicas con el espacio arquitectónico sin dejar de lado el bienestar de las atmosferas habitables.

Actualmente el 10,7 % de la población platense no tiene acceso a una red de agua en su domicilio, profundizando las diferencias a la hora de adquirir derechos dentro de la ciudad. Es por eso que la arquitectura puede y debe fomentar la

reformulación de los espacios habitables incluyendo los nuevos programas tecnológicos que doten a las viviendas de

la independencia necesaria para romper con el paradigma de ‘viviendas para pobres y viviendas para ricos’.



Fig. 5 Resoluciones espaciales a escala sectorial. Fuente: Elaboración propia (LITPA).



Referencias

Aravena Nieto J. M., (2009). “Diseño generativo: aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile”. Seminario de diseño computacional II. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Campos Soria J.A., (2012). “Hidroponía y acuarística del Caribe”. 6° curso de hidroponía básica para principiantes. México.

Cereceda P., Hernández P., Leiva J. y Rivera J. (2014). “Agua de niebla”. Región de Coquimbo, Chile. Impresora La Discusión S.A.

Cereceda P., R. S. Schemenauer, y M. Suit (1992). “An alternative water supply for chilean coastal desert villages”. International Journal of Water Resources Development 8 (1): 53-59.

Cereceda P. y R. S. Schemenauer (1993). “Producción de agua de niebla en Perú”. Alisios 3: 63-74.

Cereceda P. y R. S. Schemenauer (1998). Fogwater collection at El Tofo, “Chile and other coastal sites in South America and Arabia”. En: Proceedings of the First International Conference on Fog and Fog Collection. Vancouver, Canada. July 19-24, 1998, editado por R. S. Schemenauer y H. Bridgman, Ottawa,

Canada: International Development Research Centre (IDRC), p. 409-411.

CienciAcierta. 2022. Torres de viento Una mirada al pasado para mejorar nuestro futuro. [online] Disponible en: <<http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/12/13/torres-de-viento-una-mirada-al-pasado-para-mejorar-nuestro-futuro/>> [Recuperado 17 June 2022].

Corell Custardoy D. (2014). “Estudio estadístico de la potencialidad de uso del agua de niebla como recurso hídrico en el litoral Mediterráneo de la Península Ibérica”. (Tesis Doctoral). Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Valencia, España.

Cuadrat J. M. y M. F. Pita (1997). “Climatología”, Madrid (España): Ediciones Cátedra.

Escobar C. M., L. E. Ortiz, R. Ortiz, G. D. Sánchez, y C. Cárdenas (2008). “Evaluación del agua aportada por la precipitación horizontal (neblina), como fuente hídrica alternativa para satisfacer las demandas básicas del sector rural en la cuenca alta del río Tuluá”. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Grupo de Gestión y Apoyo a la Ingeniería Agrícola de Colombia-Gaiacol. Convenio 105 de 2007.



Fingermann L. (2018). “La agricultura familiar en el área hortícola de La Plata, Berazategui y Florencio Varela: diversas formas de dependencia y el camino de construcción de su autonomía” [et al.]; compilado por Luciana Fingermann; prólogo

de Héctor Espina. 1a edición. La Plata, Buenos Aires: Ediciones INTA.

Fundación AQUAE. (2019). “El 70% de la huella hídrica a nivel mundial está relacionada con la producción de alimentos”. Madrid, España. Recuperado el día 7 de junio del 2020. <https://www.fundacionaquae.org/fundacion-aquae-campus-aquae/infografias>.

Frediani J. C. (2010). “Lógicas y tendencias de la expansión residencial en áreas periurbanas: El partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina, entre 1990 y 2010” (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Grunow J. (1952). “Nebelniederschlag” [Precipitación oculta, en alemán]

Ber.Deutsch.Wetterd.U.S.Zone 42: 30-34.

Guamantaqui, D.A., (2014). “Estudio de la factibilidad para el aprovechamiento de

agua por medio de dos tipos de neblinómetros en las tres cuencas de la parroquia Achupallas, Cantón Alausi, provincia de Chimborazo” (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica de Chimbonazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador.

Henderson B. y D. Falk (2001). “Fog water collection in Ecuador: an appropriate technology for the rural poor”. En: Proceedings of Second International Conference on Fog and Fog Collection. St. John's, Canada. July 15-20, editado por R. S. Schemenauer y H Puxbaum, International Development Research Centre (IDRC), 2001, p. 281-284.

Jáuregui, E., Aversa, M., Salas G. R. (2016). “Estrategias para la mitigación del riesgo por inundación: caso cuenca del arroyo Maldonado”. En: Revista Urbano N° 34/ noviembre 2016. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina, p. 34 – 47.

Juvik J. O., D. Nullet, P. Banko, y K. Hughes. (1993). “Forest climatology near the tree line in Hawai’I”. Agricultural and Forest Meteorology 66 (3-4): 159-172.

Kruse E., Sarandón R., Gaspari F. (s.f.). “Impacto del cambio climático en el Gran



La Plata. Ciudad de La Plata”, Buenos Aires, Argentina.

Lódola A. & Brigo R. (2011). “Diagnóstico Socioeconómico de La Plata y sus Centros Comunales” (Documento de trabajo N° 87). Departamento de economía, Facultad de Ciencias Económicas. UNLP. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Martos D.S (2009). “Estudio sobre la captación pasiva de agua de niebla y su aplicabilidad”. PFM de Ingeniería del Agua. Universidad de Sevilla.

Molina J. M. (2007). “Spatial and temporal variability of fog water collection in a mountainous zone of Southern Colombia”. En: Proceedings of the Fourth International Conference on Fog, Fog Collection and Dew, editado por A. Biggs y P. Cereceda, Atacama Desert Center. Pontificia Universidad Católica de Chile, p. 101-104.

Muntz D., Giani. E., Hurtado M., da Silva M., Boff L. & Palma J. (s.f.). “Las inundaciones en la Región Capital – Cartografía Temática para el Planeamiento” (Informe final Pio). IGS-CISAUA, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Olmo, R., & Nave, R. (s.f.). “HyperPhysics”. Recuperado el 17 de mayo de 2020, de HyperPhysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/kinetic/relhum.html>

Organización Meteorológica Mundial. “Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation”. (1996) WMO-N° 8, Genova (Suiza): Secretariado de la Organización Meteorológica Mundial.

Otazú V. (2010). “Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía”. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú.

Palacios B.C. & Castañeda F.R. (2014). “Criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base en lluvia horizontal” (Tesis pregrado). Universidad Católica de Colombia, Facultad de ingeniería, Programa de Especialización en Recursos Hídricos, Bogotá, Colombia.

Plataforma Arquitectura. 2022. Proyecto WARKA: Torres de bambú que recogen agua potable del aire. [online] Available at: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-351457/proyecto-warka-torres-de-bambu-que-recogen-agua-potable-desde-el-aire> Recuperado el 14 Junio 2022.

Programa de Meteorología Aeronáutica. (s.f.). “Meteorología Aeronáutica”.



Recuperado el 17 de mayo de 2020, de
Ideam:

<http://bart.ideam.gov.co/infgen/claniebla.htm>

Rees, W. (1996). “Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la tierra”. Edición original en inglés de 1996. IEP/Lom Ediciones, Santiago, Chile, 2001.

Rivera Hernández, J. (2017). “¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto”. Revista de posgrado y sociedad. Volumen 15, numero 1. Sistema de estudios de Posgrado. Universidad Estatal a Distancia. México.

Sabljić I. (s.f.). “Agua, producción y consumo bajo la lupa”. Secretaría de agricultura. Lugar de publicación: Alimentos Argentinos.
<http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=499>.

Santamarta Cerezal, J., & Seijas Bayón, J. (2010). “Fundamentos y tecnologías para la captación y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los montes canarios”. Montes, Revista de ámbito forestal, 15-21

Sarochar Horacio E., (s.f.). “Introducción a la Meteorología General”. Ciudad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Recuperado de
http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/content/obs/descargas/Introduccion_a_la_Meteorologia_I.pdf

Sarsour J., T Stegmaier, M. Linke, y H. Planck (2010). “Bionic development of textile materials for harvesting water from fog”. En: Proceedings of Fifth International Conference on Fog, Fog Collection and Dew. Münster, Alemania. 25-30 de julio de 2010, Münster (Alemania): Universidad de Münster, p. 88.

Zarta Ávila, P. (2018). “La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad.” Tabula Rasa, (28), Universidad Colegio Mayor de Cundimarca, Colombia.

Análise de parâmetros de qualidade das águas no rio
Sorocaba subsequente a sua revitalização



D.31. Águas

Análise de parâmetros de qualidade das águas no rio Sorocaba subsequente a sua revitalização

Autora: Silva, Caroline; carolinefs@estudante.ufscar.br

Co-autora: Carvalho, Mayara; mayaracarvalho@estudante.ufscar.br

Professora guia: Oliveira, Luciana; lcamargo@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba

Resumo

O comprometimento da qualidade da água inviabiliza o cumprimento de seus usos múltiplos que são imprescindíveis para manutenção da vida no sistema terrestre. Sendo assim, o monitoramento desse recurso é primordial, pois norteia e estabelece ações de planejamento, fiscalização e enquadramento de cursos d'água. Neste contexto, a presente pesquisa objetivou trabalhar com dados secundários de parâmetros químicos, físicos e hidrobiológicos que são essenciais à proteção dos níveis de qualidade das águas superficiais, disponibilizados no sistema da rede de monitoramento de qualidade das águas no Estado de São Paulo, visando obter um diagnóstico contemporâneo. A aquisição dos dados foi conduzida no sistema INFOÁGUAS, pertencente a CETESB, que realiza e disponibiliza resultados das análises de monitoramentos da qualidade de águas superficiais e subterrâneas e demais dados referentes à gestão dos recursos hídricos. O período de análise compreendeu os anos de 2016 a 2021, obtendo por enfoque quantificações de parâmetros referentes a dois pontos de monitoramento no rio Sorocaba (SORO 21 e SORO 22). A investigação englobou somente parâmetros que possuem padrões estabelecidos pela CONAMA 357/05, Classe 2 – Águas doces, à qual o corpo d'água do presente estudo enquadra-se. A análise dos dados possibilitou constatar que os parâmetros Al, clorofila A, Cu, Fe, P, Mn e NH₃-N apresentaram valores acima dos padrões arbitrários por períodos sucessivos de 5 a 6 anos em ambos ou um dos regimes hidrológicos (cheia e estiagem). Com esses resultados, pode-se inferir a necessidade do monitoramento de fontes emissoras ao ambiente, trabalho que pode ser feito mediante avaliação das influências naturais e antrópicas no entorno de corpos d'água.

Palavras chave: elementos potencialmente tóxicos, rios urbanos, monitoramento ambiental.



• INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes presentes na natureza, sendo essencial para a existência e sobrevivência das diferentes formas de vida na Terra, além disso é a substância que compõe cerca de 70% da superfície terrestre (Conceição et al., 2011). Devido ao seu grande valor para a manutenção da civilização humana, cuja a dependência desse recurso vai desde a sua utilização como suprimento para necessidades básicas como consumo e produção de alimentos, até usos domésticos, industriais, e valores culturais e religiosos, é que historicamente a civilização humana desenvolveu-se no entorno de cursos de água doce (Pedrazzi et al., 2014; Tundisi, 2006).

A água é um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico. No entanto apesar de sua capacidade de ciclagem, trata-se de um recurso escasso dado que cerca de 97,5% de toda água presente na Terra é salgada, apresentando-se na forma de mares e oceanos, sendo assim, somente 2,5% corresponde à água doce, dos quais apenas 1% corresponde a água doce superficial (Baird & Cann, 2011).

Os cursos d'água, bem como seus ecossistemas adjacentes, configuram a base da bacia hidrográfica onde estão

inseridos, refletindo a sua dinâmica. Desse modo, alterações significativas de condições externas que exercem influência sobre os corpos d'água, como as atividades antrópicas, que envolvem a conversão de áreas de vegetação nativa em áreas agrícolas, urbanas e industriais, são refletidas no seu regime comportamental afetando consequentemente o equilíbrio dinâmico do ecossistema, bem como seus elementos centrais (Jakubínský, 2014; Lambin, Geist & Lepers, 2003).

Simultâneo ao aumento populacional nas metrópoles, o estresse sobre os sistemas hidrológicos urbanos foi amplificado com a eminente demanda por água doce, a superexploração de recursos naturais e a produção de grandes volumes de efluentes, afetando negativamente a qualidade da água em diversas áreas urbanas do mundo (Schliemann, Grevstad & Brazeau, 2020).

As sociedades contemporâneas demandam demasiadamente das capacidades produtivas e assimilativas do ambiente para a provisão de serviços ecossistêmicos em quantidades suficientes para subsidiar a atual forma de vida dos grandes centros urbanos (Grimm et al., 2008), além de constituírem um dos principais contribuintes no que se



refere a questões relacionados à infraestrutura da água no ambiente urbano, dentre os quais destacam-se a destinação de corpos d'água como receptores de efluentes industriais, agrícolas e/ou domésticos (Dal'Olio Gomes et al., 2021).

A bacia do rio Sorocaba drena uma região cuja ocupação foi iniciada no século XVII e desde então, foi submetida à sucessivos processos de intensificação das pressões antrópicas exercidas sobre os ecossistemas locais. Atualmente a região apresenta diversas áreas degradadas e um grande parque industrial em expansão, principalmente nas cidades de Sorocaba e Votorantim (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2005).

O rio Sorocaba é o principal responsável pela provisão de água para abastecimento público dos municípios localizados em sua área de drenagem, assistindo cerca de 1 milhão de habitantes (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2005). Diante do exposto, este trabalho busca destacar a relevância da constante manutenção desse manancial bem como de toda bacia hidrográfica na qual está inserido, e salienta a importância do desenvolvimento de estudos nestes ecossistemas, além da aplicação de

ferramentas como os zoneamentos e planos diretores, que auxiliam no controle da urbanização e impactos associados, caracterizando dispositivos de extrema importância ambiental (Grimm et al., 2008).

- **OBJETIVOS**

- **Objetivo geral**

- Obtenção de um diagnóstico contemporâneo de qualidade das águas do rio Sorocaba, com o propósito de colaborar com a conservação ambiental desse ecossistema.

- **Objetivo específico**

- Análise de dados secundários de parâmetros químicos, físicos e hidrobiológicos essenciais à proteção dos níveis de qualidade das águas do rio Sorocaba, disponibilizados no sistema de informações – INFOÁGUAS, visando obter um panorama histórico de 6 anos das condições ambientais do manancial.

- **MATERIAIS E MÉTODOS**

- **Área de estudo**

- A área de estudo é o principal rio que atravessa a cidade de Sorocaba (Figura

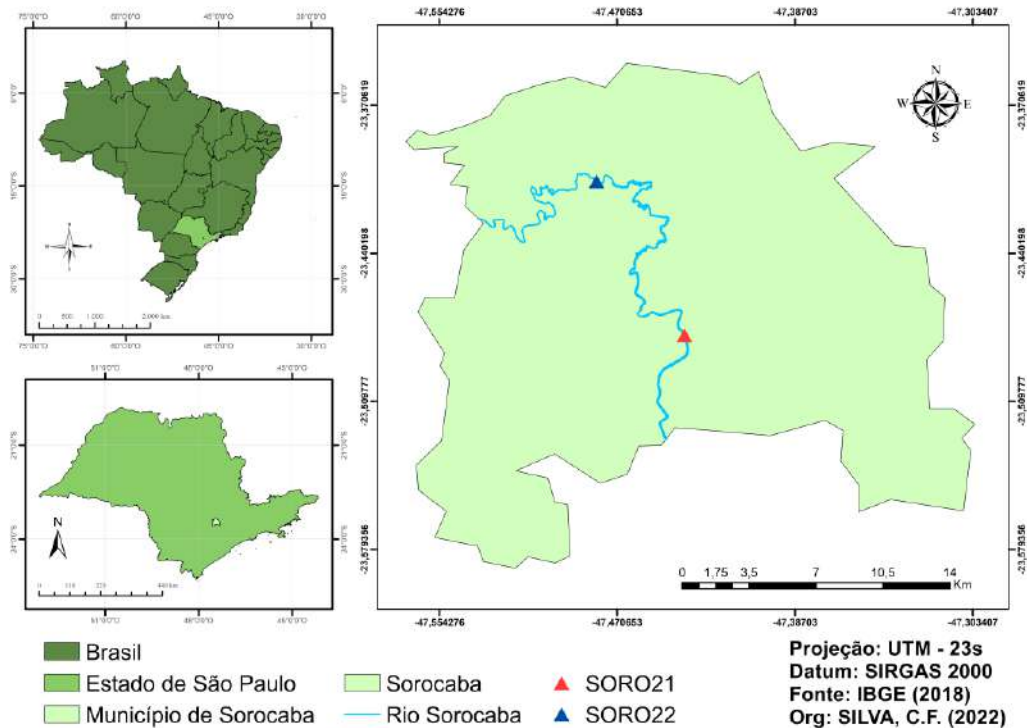


Figura 1. Mapa de localização de Sorocaba (SP) e hidrografia do município. **Fonte:** autoria própria (2022).

1). O rio Sorocaba é formado pelos rios Sorocabuçu e Sorocamirim, e é o maior e principal afluente da margem esquerda do rio Tietê (Sorocaba, 2014).

O município de Sorocaba está localizado a sudeste do estado de São Paulo, pertence a mesorregião Macro Metropolitana Paulista e conta com uma população de aproximadamente 695.328 habitantes, estimada com base no censo de 2010. Com uma área de aproximadamente 449 Km², a cidade detém um grau de urbanização de cerca de 99% (Instituto Brasileiro de Geografia

e Estatística, 2022). De acordo com a classificação Köppen-Geiger, o clima de Sorocaba é subtropical com verão quente - Cfa (Climate-Data.org, 2022). A formação vegetal é originalmente composta de Floresta Estacional Semidecidual (FES), pertencente ao bioma Mata Atlântica e caracterizada por ecótonos entre Mata Atlântica e Cerrado, que são áreas de transição ambiental entre ambos biomas (Manfredini et al., 2015).



Coleta de dados

A aquisição dos dados foi conduzida na base de dados INFOÁGUAS, uma ferramenta de acesso público para consulta de informações relativas à qualidade de águas brutas superficiais e subterrâneas, reservatórios de águas doces e demais assuntos referentes a gestão dos recursos hídricos no estado de São Paulo (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2022).

O presente trabalho contemplou os resultados das análises de parâmetros de qualidade das águas do rio Sorocaba de dois pontos de monitoramento da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) denominados: SORO 21 e SORO 22, localizados respectivamente nas coordenadas: -23.478333° lat., -47.443889° long. e -23.408333° lat., -47.480000° long.

Ambos pontos de monitoramento não são pontos de captação de água para abastecimento público.

Os resultados das variáveis medidas em cada ponto de monitoramento foram obtidos por meio do acesso às representações gráficas da plataforma INFOÁGUAS, onde a seleção dos filtros para visualização do resultado médio obtido em cada parâmetro, bem como a posterior tabulação dos dados, sucedeu-se de acordo com os regimes hidrológicos

(cheia e estiagem) nos quais as análises foram realizadas.

Os valores médios de cada parâmetro de qualidade foram tabulados e classificados com base nos seus valores máximos permitidos (VMP), estabelecidos na Resolução n° 357 de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Ainda de acordo com a Resolução, as águas do rio Sorocaba são do tipo Classe 2, categoria de águas que podem ser destinadas ao abastecimento público posterior tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, à irrigação, aquicultura e pesca (Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005).

A CETESB realiza a inspeção de cerca de 50 parâmetros de qualidade das águas do rio Sorocaba em ambos pontos de monitoramento SORO 21 e SORO 22. No entanto, para a presente pesquisa foram tabulados e analisados somente os englobados na Resolução CONAMA n° 357/05, totalizando assim, 21 variáveis analisadas referentes ao período de 6 anos (de 2016 a 2021).

• RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta investigação permitiram constatar que os parâmetros de qualidade: Al, Clorofila a,



P, Cu, Fe, Mn, NH₃-N e MBAS, apresentaram valores médios acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05 por períodos sucessivos de 5 a 6 anos, em ambos ou em pelo menos um dos regimes hidrológicos analisados (Figuras 2, 3, 4, & 5).

O alumínio (Al) é um metal abundante na crosta terrestre, liberado naturalmente no ambiente (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017). O potencial tóxico desse elemento aos organismos vivos está associado à atividades antrópicas, principalmente industriais e agrícolas (Senze et al., 2021). O acúmulo de Al em humanos por exposição oral foi associado à casos de Alzheimer (Casarini et al., 2001), e a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica a produção de Al como cancerígena ao ser humano, em decorrência de casos de câncer de pulmão e bexiga em trabalhadores desse ramo industrial (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

Foram detectadas concentrações médias acima do VMP estabelecido pela CONAMA n° 357/05 para Clorofila *a*, em todos os anos analisados (2016 a 2021) no ponto de monitoramento SORO 21, e entre os anos de 2019 a 2021 no ponto SORO 22 (Tabela 1). Essa variável

hidrobiológica constituiu o principal parâmetro indicador do estado trófico de ambientes aquáticos (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020). A Clorofila *a*, consiste em um dos principais padrões necessários para o monitoramento da qualidade das águas superficiais Classe 2, dado que é considerada um indicador do potencial aumento de cianobactérias (Marino, 2017). Portanto, os resultados observados no rio Sorocaba indicam possíveis riscos à saúde da população que estabelece contato com esse curso d'água, em decorrência da capacidade das cianobactérias produzirem toxinas altamente potentes capazes de causar intoxicações, problemas respiratórios, irritações na pele, alergias, e atingir órgãos como fígado e intestino (Carvalho et al., 2013). Além disso, algumas espécies podem causar até a morte de organismos aquáticos. Para o monitoramento da floração de cianobactérias pode-se analisar, além de parâmetros hidrobiológicos, variáveis como o fósforo total (P), que também apresentou concentrações acima do VMP em ambos pontos de monitoramento (Carvalho et al., 2013).

Os valores de fósforo (P) estavam acima do VMP em todos os 6 anos analisados, em ambos regimes

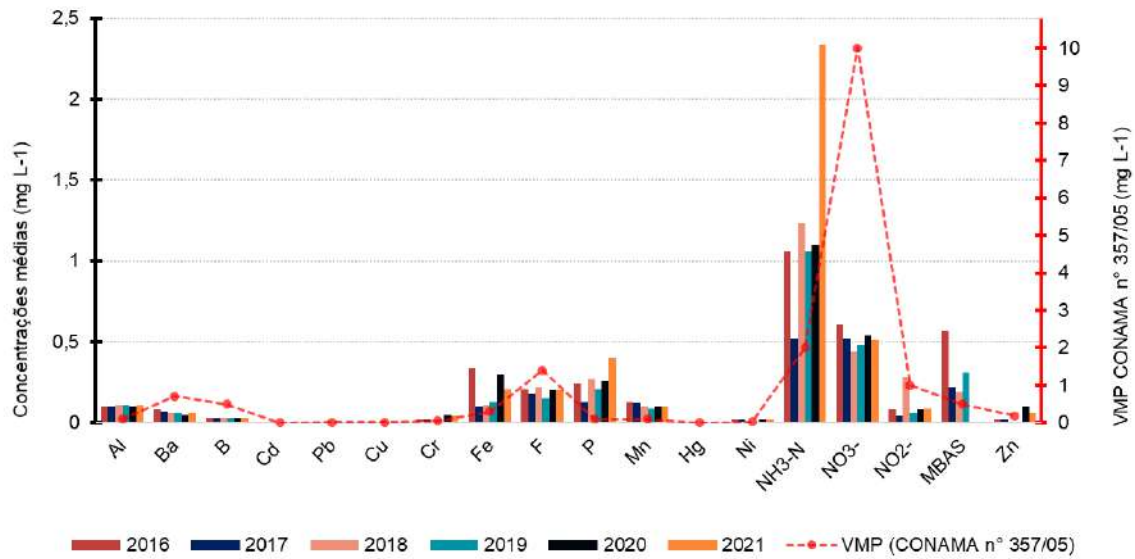


Figura 2. Quantificações médias dos Parâmetros químicos de Qualidade das Águas (colunas agrupadas) e Valores Máximos Permitidos (VMP) pela CONAMA n° 357/05 – Ponto SORO 21 – período de estiagem. **Fonte:** autoria própria (2022).

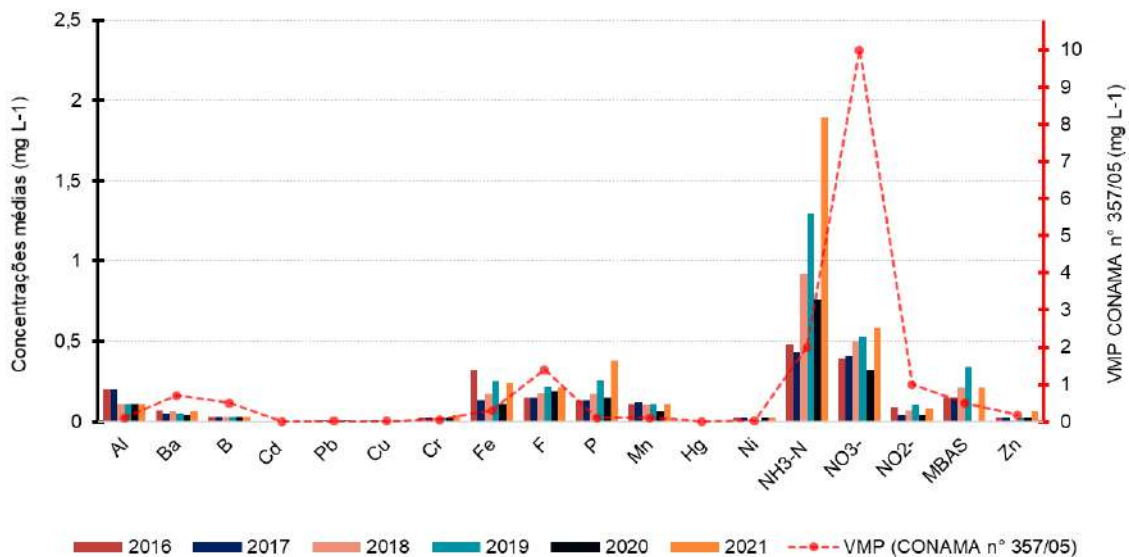


Figura 3. Quantificações médias dos Parâmetros químicos de Qualidade das Águas (colunas agrupadas) e Valores Máximos Permitidos (VMP) pela CONAMA n° 357/05 – Ponto SORO 21 – período de cheia. **Fonte:** autoria própria (2022).



hidrológicos e nos dois pontos de monitoramento (Figuras 2, 3, 4, & 5). Esse parâmetro está associado principalmente às descargas de efluentes domésticos, industriais e à drenagem de águas oriundas de áreas agrícolas em corpos d'água. Em decorrência de caracterizar um dos principais nutrientes para processos biológicos, o excesso de P pode conduzir o processo de eutrofização de águas naturais (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) classifica o cobre (Cu) como um os metais potencialmente tóxicos mais perigosos (Ray & Shipley, 2015). Consiste em um elemento essencial para a saúde humana em pequenas quantidades. No entanto, pode apresentar efeitos tóxicos em casos de ingestão acima dos limites máximos permitidos e da superexposição a longo prazo, dentre os quais destaca-se implicações como a doença de Wilson em humanos e danos celulares (Kaur et al., 2019). Este é um aspecto que necessita atenção ambiental, dado as concentrações de cobre acima do VMP nas águas do rio Sorocaba (Figuras 2, 3, 4, & 5). Esse efeito pode estar relacionado ao fato desse oligoelemento ser um dos metais mais comumente

utilizados em pesticidas e no setor industrial em todo mundo (Emenike et al., 2022).

O ponto de monitoramento SORO 21 apresentou concentrações de ferro (Fe) acima do VMP no ano de 2016 em ambos períodos hidrológicos (Figuras 1 & 2). O ponto SORO 22 apresentou concentrações de Fe acima do VMP em todos os 6 anos englobados na presente investigação, em ambos ou em pelo menos um regime hidrológico (Figuras 3 & 4). O ferro é um elemento essencial para a maioria dos organismos (Baez et al., 2022), a sua presença nas águas superficiais pode ser atribuída ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens durante as estações chuvosas, à drenagem ácida de minas, além da contibuição por efluentes industriais oriundos do processo de banho ácido de peças desenvolvido por metalúrgicas. Embora não constitui-se em um elemento tóxico, o excesso de ferro é capaz de provocar a contaminação biológica da água em decorrência das ferro-bactérias, conferir cor e sabor à água e em concentrações acima de 0,1 mg L⁻¹ pode causar danos às brânquias dos peixes, sendo este último, um fator de preocupação ambiental em razão das águas do rio Sorocaba apresentarem

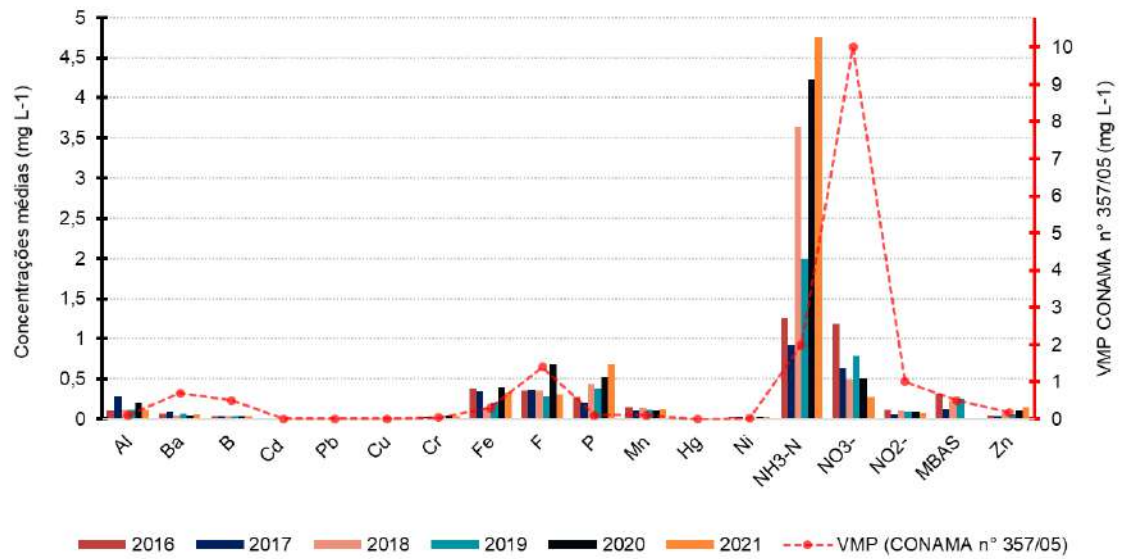


Figura 4. Quantificações médias dos Parâmetros químicos de Qualidade das Águas (colunas agrupadas) e Valores Máximos Permitidos (VMP) pela CONAMA n° 357/05 – Ponto SORO 22 – período de estiagem. **Fonte:** autoria própria (2022).

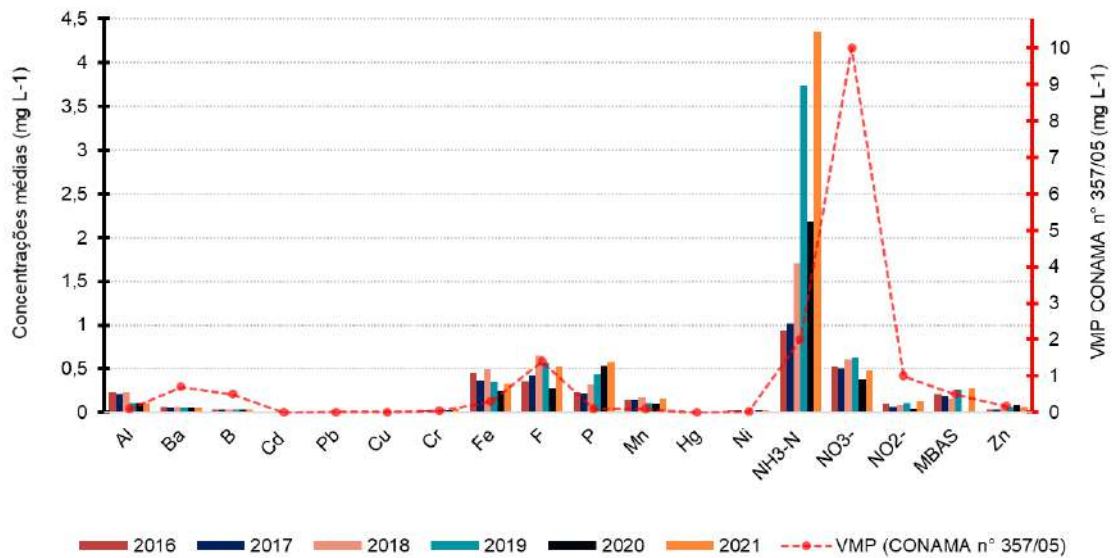


Figura 5. Quantificações médias dos Parâmetros químicos de Qualidade das Águas (colunas agrupadas) e Valores Máximos Permitidos (VMP) pela CONAMA n° 357/05 – Ponto SORO 22 – período de cheia. **Fonte:** autoria própria (2022).



concentrações de Fe entre 0,3 e 0,4 mg L⁻¹ (Figuras 2, 3, 4, & 5). Em decorrência disso, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, dado que em concentrações elevadas acarreta problemas para o abastecimento público e para a vida de organismos aquáticos (Dey et al., 2022; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020).

O manganês (Mn) ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto atividades antropogênicas contribuem para aumento de suas concentrações nos ecossistemas aquáticos, acarretando em contaminação da água (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020). Constitui-se em um elemento essencial para muitos organismos, incluindo o ser humano, o qual as principais formas de exposição ao manganês são por via oral e inalatória (Aschner, Erikson, & Dorman). As águas do rio Sorocaba apresentaram concentrações de Mn abaixo das comumente encontradas no ambiente (Figuras 2, 3, 4, & 5), porém, ainda acima do VMP de 0,1 mg L⁻¹ estabelecido pela CONAMA n° 357/05 e pelo Ministério da Saúde, para águas que serão destinadas ao consumo humano (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020).

Apesar de caracterizar um metal necessário ao corpo humano atuante nas regulações enzimáticas, o Mn apresenta toxicidade em níveis excessivos, causando sinais e sintomas clínicos semelhantes a doença de Parkinson. Além disso, fatores individuais como idade, gênero, etnia, genética e condições médicas pré-existentes podem ter impactos profundos sobre a toxicidade do Mn (O’Neal & Zheng, 2015). Elevadas concentrações de Mn são associadas à poluição química, à contaminação residual da galvanoplastia e aos descartes de resíduos em corpos d’água (França et al., 2020).

Os efluentes domésticos geralmente caracterizam a principal fonte de nitrogênio nas águas naturais, dentre os quais o nitrogênio amoniacal (NH₃-N), resultante da hidrólise da ureia na água (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020). Efluentes industriais, processos de fixação química desempenhados por bactérias, e escoamento de águas pluviais a partir de solos agrícolas contendo fertilizantes também contribuem para as descargas desse elemento nas águas superficiais. O nitrogênio amoniacal é uma das formas em que o nitrogênio pode ser encontrado em ambientes aquáticos (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo,



2020), e a presente investigação permitiu constatar que as águas do rio Sorocaba apresentaram concentrações acima do VMP estabelecido para essa forma reduzida de nitrogênio entre 2018 e 2021 no ponto SORO 22, e no ano de 2021 no ponto SORO 21 (Figuras 2, 3, 4, & 5).

O $\text{NH}_3\text{-N}$ está presente nas zonas de decomposição ativa de rios, ou seja, a predominância da forma reduzida do nitrogênio no rio Sorocaba constitui um indicativo de foco de poluição próximo aos pontos de monitoramento analisados. Além disso, o elemento consiste em um dos macronutrientes essenciais para processos biológicos e dessa forma, quando descarregados nos compartimentos aquáticos conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes em efluentes, provocam a eutrofização do meio, comprometendo a qualidade dessas águas (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020).

A concentração de nitrogênio amoniacal é um parâmetro importante para o enquadramento e para a determinação da qualidade de águas naturais, dado que a amônia é um dos principais tóxicos que consomem oxigênio no ambiente aquático, afetando negativamente os organismos presentes no ecossistema em questão (Companhia

Ambiental do Estado de São Paulo, 2020; Lu et al., 2022).

A variável “Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno” (MBAS – *Metilene Blue Active Substances*), apresentou um valor acima do valor máximo permitido (VMP) no ponto SORO 21 no ano de 2016 durante o período de estiagem (Figura 2). Também denominadas surfactantes, essas substâncias constituem um importante grupo dos compostos orgânicos sintéticos amplamente utilizados em todo mundo (Pedraza et al., 2007). Devido sua ampla aplicação industrial, sendo a sua maior utilização concentrada na indústria de produtos de limpeza (sabões e detergentes), na indústria de petróleo, de cosméticos e produtos de higiene (Nitschke & Pastore, 2002) a presença dessas substâncias ativas de superfície no ambiente caracteriza uma das principais preocupações ambientais. Além da sua elevada comercialização, toxicidade e efeito negativo exercido sobre a capacidade de autodepuração de águas superficiais (Pedraza et al., 2007). Vale a pena ressaltar também que esses surfactantes são liberados nos ecossistemas aquáticos por meio de águas residuais domésticas e industriais (Pedraza et al., 2007), sendo este



parâmetro um possível indicativo da ocorrência de descartes indevidos no rio Sorocaba. Para além dos efeitos tóxicos exercidos sobre os ecossistemas aquáticos, essas substâncias também são promotoras de prejuízos de ordem estética em águas superficiais, ocasionados pela formação de espumas decorrentes dos descartes de efluentes industriais e domésticos com elevadas concentrações de detergentes em corpos d'água (Companhia Ambiental do Estadode São Paulo, 2020). O município de Pirapora do Bom Jesus, localizado a cerca de 61 Km de Sorocaba é um dos casos mais críticos dessa problemática ambiental, onde há a formação de camadas de 50 cm de espuma contaminada biologicamente sobre o leito do rio que se dispõem sobre a cidade (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2020).

Os 13 parâmetros de qualidade restantes analisados estavam dentro do VMP estabelecido pela legislação nos dois pontos de monitoramento em ambos regimes hidrológicos (Figuras 2, 3, 4, & 5; Tabela 1).

As variáveis: Clorofila *a* e sólidos dissolvidos, não foram incluídas nos gráficos de quantificações médias dos parâmetros de qualidade das águas (Figuras 2, 3, 4, & 5), em decorrência de

corresponderem à parâmetros hidrobiológicos e físicos respectivamente, e portanto, expressas em escalas discrepantes e unidades de medidas distintas dos demais parâmetros químicos tabulados. Tal como a Clorofila *a* e os sólidos dissolvidos, a variável Sulfato também não foi integrada ao gráfico, apesar de consistir em um parâmetro químico apresenta uma escala discrepante dos demais. Desse modo, as referidas variáveis foram somente tabuladas (Tabela 1).

Tabela 1
Quantificação dos parâmetros de qualidade Clorofila a, Sólidos dissolvidos e Sulfato.

		Quantificações dos Parâmetros (Médias)					
		Clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$)		Sólidos dissolvidos totais (mg L^{-1})		Sulfato (mg L^{-1})	
		10 $\mu\text{g L}^{-1}$		500 mg L^{-1}		250 mg L^{-1}	
Ano de análise	VMP						
	2016	S^a: 7,02	C^b: 11,14	S: 86,00	C: 62,33	NA	
	2017	S: 11,81	C: 14,82	S: 87,00	C: 77,33	S: 4,91	C: 3,75
	2018	S: 11,56	C: 13,55	S: 71,33	C: 72,00	S: 5,11	C: 5,10
	2019	S: 13,94	C: 16,49	S: 88,33	C: 76,67	S: 4,62	C: 6,45
	2020	S: 13,18	C: 13,03	S: 82,00	C: 72,00	S: 5,72	C: 3,95
	2021	S: 15,37	C: 17,15	S: 104,00	C: 101,50	S: 5,81	C: 6,98
Ano de análise	2016	S: 5,08	C: 6,80	S: 99,33	C: 94,33	NA	
	2017	S: 8,89	C: 8,69	S: 109,67	C: 99,00	S: 9,74	C: 10,40
	2018	S: 6,95	C: 4,79	S: 126,00	C: 102,67	S: 22,57	C: 14,79
	2019	S: 8,96	C: 10,47	S: 133,67	C: 127,67	S: 13,57	C: 22,03
	2020	S: 9,36	C: 12,64	S: 124,50	C: 88,00	S: 31,80	C: 9,66
	2021	S: 19,47	C: 15,50	S: 167,00	C: 147,00	S: 20,60	C: 24,60

Nota. Fonte: autoria própria, a partir de dados obtidos da CETESB (2022).

^aRegime hidrológico: S = estiagem. ^bRegime hidrológico: C = cheia.

NA = não analisado.

Valores em vermelho = acima do VMP CONAMA n° 357/05

• CONCLUSÕES

É primordial o monitoramento e o controle de possíveis fontes de contaminação da água, necessidade que deriva da importância que os recursos hídricos tem para a sobrevivência de todas formas de vida na Terra. Portanto, faz-se necessário o monitoramento de parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos desse compartimento ambiental, visando mantimento da sua qualidade e uma melhor gestão.

O presente trabalho evidenciou que as concentrações dos parâmetros de qualidade das águas: Al, Clorofila a, P, Cu, Fe, Mn, NH₃-N e MBAS, estavam acima dos valores máximos permitidos pela legislação durante o período de 5 a 6 anos. Panorama que pode ser oriundo do constante crescimento populacional em concomitância com a ampliação de atividades antropogênicas associadas ao desenvolvimento industrial, agrícola e



urbano recorrentes na área de estudo, acarretando no possível comprometimento das condições ambientais do rio Sorocaba nos pontos de monitoramento analisados.

O município de Sorocaba possui um Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município (ICTEM) elevado, realizando a coleta e tratamento do esgoto de cerca 96% da população urbana. No entanto, com base nos resultados obtidos pode-se inferir que os prováveis fatores que contribuíram para alteração das concentrações dos parâmetros registrados são, em sua maioria, oriundas de despejos irregulares de efluentes domésticos e industriais no rio Sorocaba.

Desta forma, as possíveis fontes, transporte e destino de contaminantes ambientais precisam ser estudados, para a tomada de medidas eficientes para recuperação e preservação da qualidade do rio Sorocaba, bem como possibilitar a redução de danos atuais e futuros.

• REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aschner, M., Erikson, K. M., & Dorman, D. C. (2005). Manganese Dosimetry: Species Differences and Implications for Neurotoxicity. *Critical Reviews in Toxicology*,

35(1), 1-32.

doi:<https://doi.org/10.1080/10408440590905920>

Baez, A., Sharma, A. K., Bryukhanov, A., Anderson, E. D., Rudack, L., Olivares-Hernández, R., ... Shiloach, J. (2022, 25 de novembro). Iron availability enhances the cellular energetics of aerobic *Escherichia coli* cultures while upregulating anaerobic respiratory chains. *New biotechnology*, 71, 11–20. Publicação eletrônica antecipada.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.nbt.2022.06.004>

Baird, C., & Cann, M. (2011). *Química Ambiental*. (4° ed.). Porto Alegre: Bookman. 844. ISBN 978-85-7780-851-9.

Carvalho, M. C., Agujaro, L. F., Pires, D. A., & Picoli, C. (2013). *Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais*. (Série Manuais, Companhia Ambiental do



Estado de São Paulo, São Paulo, SP). Recuperado de <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf>

Casarini, D. C. P., Dias, C. L., & Lemos, M. M. G. (2001). *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterráneas no Estado de São Paulo*. (Série Relatórios Ambientais, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo). Recuperado de <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2020/12/2001-Relato%CC%81rio-de-Estabelecimento-de-Valores-Orientadores-para-Solos-e-A%CC%81guas-Subterra%CC%82neas-no-Estado-de-Sa%CC%83o-Paulo.pdf>

Climate-Data.org. (2022). *Clima Sorocaba (BRASIL)*. Recuperado de <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sorocaba-756/#temperature-graph>

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2017). *Alumínio*. (Ficha de identificação toxicológica, São Paulo, SP). Recuperado de <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Aluminio.pdf>

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2020). *Apêndice C - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. (Publicações e Relatórios de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo). Recuperado de



<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Appendice-C-Significado-ambiental-e-sanitario-das-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos-metodologias-analiticas-e-de-amostragem.pdf>

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2022). *IIINFOÁGUAS*: visualização de dados. Recuperado de <https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/AnaliseGrafica/indexRelBI/7>

Conceição, F. T., Sardinha, D. S., Navarro, G. R. B., Antunes, M. L. P., & Angelucci, V. A. (2011). Composição química das águas pluviais e deposição atmosférica anual na bacia do alto Sorocaba (SP). *Química Nova*, 34(4), 610-616.
doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422011000400011>

Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de

março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Recuperado de

https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf

Dal'Olio Gomes, A., Gomes, F. R., Gücker, B., Tolussi, C. E., Figueredo, C. C., Boëchat, I. G., ... Moreira, R. G. (2021). Eutrophication effects on fatty acid profiles of seston and omnivorous fish in tropical reservoirs. *The Science of the total environment*, 781(146649). doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146649>

Dey, S., Kotaru, N. S. A., Veerendra, G. T. N., &



- Sambangi, A. (2022). The removal of iron from synthetic water by the applications of plants leaf biosorbents. *Cleaner Engineering and Technology*, 9. 100530. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100530>
- Emenike, E. C., Adeniyi, A. G., Omuku, P. E., Okwu, K. C., & Iwuozor, K. O. (2022). Recent advances in nano-adsorbents for the sequestration of copper from water. *Journal of Water Process Engineering*, 47, 102715. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wpe.2022.102715>
- França, J. F., Pickler, T. B., Jozala, A. F., Santos, C. A., Batista, B. L., Pedron, T., ... Grotto, D. (2020). Determination of 17 α -ethinylestradiol and toxic metals in surface waters, and estimation of daily intake. *Environmental monitoring and assessment*, 192(21). doi:<https://doi.org/10.1007/s11067-020-10000-2>
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760. doi:<https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). *Sorocaba: Panorama*. Recuperado de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas. (2005). *Relatório técnico N° 80 401-205: Atualização do relatório de situação dos recursos hídricos 1995 da bacia do Sorocaba e Médio Tietê (relatório zero) como subsídio à elaboração do plano de bacia. (Relatório, Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São*



- Paulo, São Paulo). Recuperado de <https://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6930/volume-1-texto.pdf>
- Jakubínský, J. (2014). The human impact on the current hydromorphological states of small watercourses in the Czech Republic. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 14(4), 313-322. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2014.08.001>
- Kaur, M., Sharma, P., & Kumari, S. (2019). Equilibrium studies for copper removal from aqueous solution using nano-adsorbent synthesized from rice husk. *SN Applied Sciences*, 1(988). doi:<https://doi.org/10.1007/s42452-019-1024-0>
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205–241. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Lu, J., Yao, T., Shi, S., & Ye, L. (2022). Effects of acute ammonia nitrogen exposure on metabolic and immunological responses in the Hong Kong oyster *Crassostrea hongkongensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 237, 113518. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113518>
- Manfredini, F. N., Guandique, M. E. G., & Rosa, A. H. (2015). *A história ambiental de Sorocaba*. (Ficha catalográfica, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, SP), 180. Recuperado de <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Eventos191/historia-ambiental-editora-ebook.pdf>
- Marino, L. (2017). Relação entre clorofila-a e cianobactérias no estado de São Paulo. *Revista DAE*, 65(1670). 32-43.



doi:<https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2016.026>

Nitschke, M. & Pastore, G. M. (2002). Biosurfactantes: propiedades e aplicações. *Química Nova*, 25(5). 772-776.

doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000500013>

O'Neal, S. L., & Zheng, W. (2015). Manganese Toxicity Upon Overexposure: a Decade in Review. *Current Environmental Health Reports*, 2(3), 315–328.
doi:<https://doi.org/10.1007/s40572-015-0056-x>

Pedraza, A., Sicilia, M. D., Rubio, S., & Pérez-Bendito, D. (2007). Assessment of the surfactant-dye binding degree method as an alternative to the methylene blue method for the determination of anionic surfactants in aqueous environmental samples. *Analytica Chimica Acta*, 588(2), 252–260.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.jca.2007.02.011>

Pedrazzi, F. J. M., Conceição, F. T., Sardinha, D. S., Moschini-Carlos, V., & Pompêo, M. (2014). Avaliação da qualidade da água no reservatório de Ituparanga, bacia do alto Sorocaba (SP). *Geociências*, 33(1), 26-38.
Recuperado de <http://hdl.handle.net/11449/107864>

Ray, P. Z., & Shipley, H. J. (2015). Inorganic nano-adsorbents for the removal of heavy metals and arsenic: a review. *RSC Advances*, 5, 29885-29907.
doi:<https://doi.org/10.1039/C5RA02714D>

Schliemann, S. A., Grevstad, N., & Brazeau, R. H. (2020). Water quality and spatio-temporal hot spots in an effluent-dominated urban river. *Hydrological Processes*, 35. doi:<https://doi.org/10.1002/hyp.14001>



Senze, M., Kowalska-Góralaska, M., & Czyż, K. (2021). Availability of aluminum in river water supplying dam reservoirs in Lower Silesia considering the hydrochemical conditions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 16, 100535.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100535>

Sorocaba. (2014). Plano municipal de conservação e recuperação da mata atlântica. 1-155. Recuperado de <https://pmma.etc.br/mdocs-posts/pmma-sorocaba-sp/>

Tundisi, J. G. (2006). Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. *Revista USP*, 70, 24-35.

• FINANCIAMIENTO

“O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível

Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

• AGRADECIMENTOS

Agradeço aos organizadores do evento e à Universidade de San Francisco Xavier de Chuquisaca pela oportunidade. À Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), à Secretaria Geral de Relações Internacionais (SRInter) e à Pró-reitoria de Pós-graduação (ProPG) pelo financiamento.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental (PPGBMA) e às amigas e parceiras do Laboratório de Pesquisas em Metais e Matéria Orgânica Natural (LPMMON) pelo auxílio.

Agradeço à professora Luciana, pela orientação e apoio durante o desenvolvimento da investigação.

Análisis y corrección de parámetros componentes del
balance de masa en represa Rincón del Bonete



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D31 - Aguas

Análisis y corrección de parámetros componentes del balance de masa en represa Rincón del Bonete

Autor: Morquio, Eliana;

emorquio@fing.edu.uy

Profesores guía: Mosquera, Rodrigo; rmosquer@fing.edu.uy, Pedocchi, Francisco;

kiko@fing.edu.uy

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.

Resumen

Este trabajo se enmarca en un proyecto cuyo fin es predecir y gestionar eventos de contaminación en una represa hidroeléctrica. Durante el proyecto se realizaron balances de masa a partir de caudales y valores de cotas en distintos puntos del embalse. Se estimó volumen y área del embalse a partir de cota en la represa; esto se hizo con el fin de determinar evaporación, infiltración y variación de volumen diario. Se encontró que los caudales diarios entrantes al embalse dan resultados negativos. Este trabajo busca dar explicación al porcentaje de datos negativos obtenidos de estos balances, con el fin de hallar una forma de relacionar cota, volumen y área del embalse con funcionamiento de la represa y dirección y módulo del viento.

Se consideran dos hipótesis distintas evaluadas en series de datos completas, y series alisadas mediante análisis espectral. Las hipótesis tomadas para aproximar el volumen son plano inclinado y piscina nivelada. Como resultados se obtuvo que las series alisadas disminuyen los porcentajes de negatividad, picos mínimos de caudales entrantes y volúmenes medios diarios asociados a caudales negativos. Con la hipótesis de plano inclinado se tienen menores porcentajes de negatividad y picos de menor módulo.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Se continuará desarrollando e implementando un modelo hidrodinámico del embalse. Este modelo permitirá relacionar el funcionamiento de la represa y viento (módulo y dirección) con la cota real en el embalse.

Palabras clave: Embalse, balance hídrico, transformada de Fourier, modelación numérica.

1. Introducción

“Cualquier propiedad física o biológica que inflencie la idoneidad del agua, ya sea para ecosistemas o para uso humano, se define como variable de calidad de aguas, y el término calidad de aguas se refiere a la aptitud del agua para un uso en particular.” (Claude E. Boyd, 2014). El vertimiento de efluentes pobremente tratados y la sobre explotación de campos para cultivo y ganadería intensiva pueden generar contaminación de materia orgánica y nutrientes (Fósforo y Nitrógeno) en cuerpos de agua cercanos. En particular, los cuerpos lénticos contaminados, tales como los embalses, tienen características propicias para un crecimiento desmedido de distintos tipos de algas. La calidad de cuerpos de agua ha estado en foco de discusión en los últimos años. Esto se debe en gran parte a que, en las últimas décadas la ocurrencia de floraciones de

cianobacterias ha aumentado notoriamente en ecosistemas continentales y costeros en todo el mundo, debido principalmente al incremento de la eutrofización de los cuerpos de agua (Chorus, Bartram, 1999).

La represa Rincón del Bonete se ubica en Uruguay, en el cauce del Río Negro, límite entre los departamentos Tacuarembó y Durazno. Es un curso de agua internacional, cuya naciente se ubica en el estado Río Grande del Sur en Brasil. El río recorre aproximadamente 850 km hasta su desembocadura en el Río Uruguay y su cuenca tiene una extensión de casi 71.000 km². La represa hidroeléctrica Rincón del Bonete fue la primera de las tres centrales en cadena construidas sobre el Río Negro durante el siglo XX. El embalse producido por esta represa es de gran relevancia para el país, no solo debido a la generación de energía eléctrica, sino también a sus usos



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

para riego, pesca artesanal y deportiva, cultivo de esturión, abrevadero de ganado y recreación; también se lo utiliza como cuerpo receptor de aguas residuales. Algunas características para destacar del embalse son su área promedio, cercana a 900 km², y su volumen promedio de valor 6.3 km³.



Figura 1. Zona de estudio.

Casi la totalidad de la superficie de la cuenca de aporte al embalse se encuentra bajo algún tipo de uso productivo. En la cuenca alta, incluyendo territorio de Río Grande del Sur y los departamentos del noreste del Uruguay, las actividades relevantes son la ganadería y la forestación, los cultivos de secano y la producción de arroz. En la cuenca media y baja se destaca el desarrollo de los cultivos de secano, además de la ganadería y la

forestación. En la Figura 1 se muestra la zona de estudio.

En el marco del proyecto 'Iniciativa Río Negro', el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de Facultad de Ingeniería (Fing) de la Universidad de la República (UdelaR), se encuentra desarrollando un modelo hidrodinámico del embalse producido por la represa Rincón del Bonete con el fin de predecir y gestionar eventos de contaminación (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, 2019).

Durante el desarrollo del modelo se realizaron balances de masa a partir de caudales y cotas medidos in situ. Se estimó volumen y área del embalse a partir de la cota en la represa y batimetría de la zona; esto se hizo con el fin de estimar evaporación, infiltración y variación de volumen diario. Se encontró que los caudales diarios entrantes al embalse hallados mediante este método dan resultados negativos. Este caudal entrante se compone de una parte registrada, mientras que la parte restante es una variable desconocida. En este trabajo se



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

buscará dar explicación a la problemática mencionada, teniendo en cuenta distintas hipótesis, incertidumbre de mediciones y variables que podrían afectar parámetros en el embalse.

2. Objetivos

Dar explicación al porcentaje de resultados de caudales entrantes negativos obtenidos de los balances de masa, con el fin de hallar una forma de relacionar cota, volumen y área del embalse con el funcionamiento de la represa y la dirección y módulo del viento.

3. Materiales y métodos

En esta sección se presentan los datos con los que se cuenta para la elaboración del trabajo; al mismo tiempo se explican los métodos utilizados.

Se cuenta con datos de caudales diarios medidos en los puntos que se detallan a continuación:

- Represa
- Paso de las Piedras
- Laguna II

Los tres puntos mencionados se muestran en la Figura 2. Laguna II (LII) y Paso de las Piedras (PP) se encuentran aguas arriba del embalse y el punto Represa es donde se miden los valores de caudales erogados por la misma. El punto PP es una estación ubicada en cauce del Río Negro, mientras que LII se ubica en el Río Tacuarembó.



Figura 2. Representación de puntos de medición.

Por otro lado, se cuenta con valores de cota de agua diarios en los puntos Represa y San Gregorio. Este último es de vital importancia ya que es en este punto en donde se imponen las condiciones de borde desde aguas arriba en el modelo hidrodinámico. Este punto se muestra también en la Figura 2.

Cabe destacar que las series de datos de niveles y caudales de los puntos San



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Gregorio y Paso las de las Piedras tienen intervalos de tiempo en los que no se realizaron mediciones. En la Figura 3 se observa que, durante cerca de dos años no se registraron caudales en Paso de las Piedras. Esto es un condicionante a la hora de realizar balances de masa a lo largo del tiempo. Es por esto que se decide no considerar este período en los balances. En la Figura 4 se muestran las mediciones de cota en San Gregorio en función del tiempo. Allí también se observan faltantes de datos; en este caso se decide utilizar todos los datos disponibles para realizar el balance de masa.

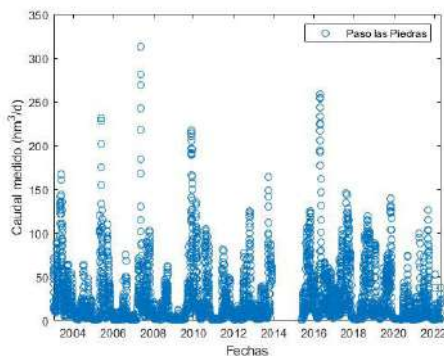


Figura 3. Caudales medidos en Paso las Piedras.

Adicionalmente se cuenta con datos horarios de viento de ERA5 (<https://www.ecmwf.int/>), con máximos y mínimos corregidos con mediciones

locales de la administración Nacional de Usinas y Transmisiones eléctricas (UTE). En estas series de datos no se hallan faltantes significativos.

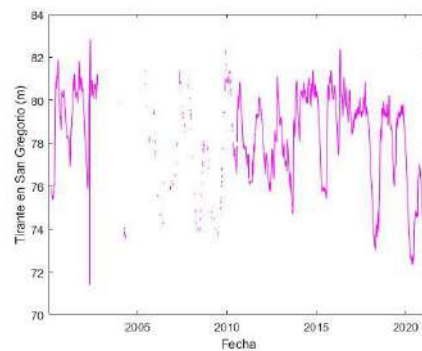


Figura 4. Cota medida en San Gregorio.

También se cuenta con curvas que relacionan área de espejo de agua y volumen almacenado en función de cota. Las mismas se calculan a partir de la malla del modelo desarrollado, la cual es una estimación de la batimetría real de la zona. Las curvas se presentan en la Figura 5 y Figura 6. El eje x se representa la cota promedio en el embalse, el eje y la diferencia de cotas entre aguas arriba (AA) y aguas abajo (aa). En color se muestra el volumen embalsado y área de espejo de agua respectivamente.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



AÑOS

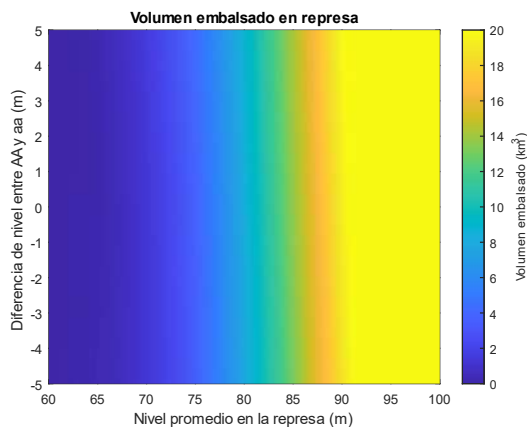


Figura 5. Volumen en función de cotas en San Gregorio y Represa.

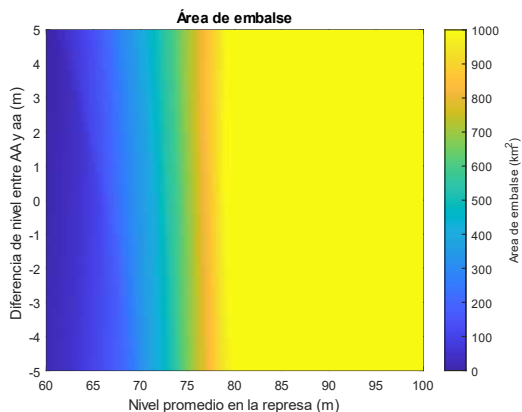


Figura 6. Área en función de cotas en San Gregorio y Represa.

El área y volumen son valores de interés ya que a partir de ellos se estima la evaporación e infiltración diaria, además de la diferencia diaria de volumen almacenado. Para las estimaciones de evaporación e infiltración se utilizaron fórmulas proporcionadas por UTE. En

ellas, la infiltración depende de la cota del embalse, mientras que la evaporación depende proporcionalmente del área del espejo de agua y de un coeficiente mensual, al cual se lo llama C_{evap} . El mismo toma los valores mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de evaporación mensuales en $hm/día$.

Mes	C	Mes	C	Mes	C
Ene	230	Feb	170	Mar	145
Abr	90	May	65	Jun	40
Jul	45	Ago	65	Sept	80
Oct	120	Nov	160	Dic	230

Con los datos mencionados se realizan dos tipos de balance de masa. El primero consiste en considerar la hipótesis de piscina nivelada, la cual impone que el nivel del embalse es constante, y en este caso, se considera ese valor como el medido en Represa. La segunda hipótesis considera que el espejo de agua tiene cierta inclinación, la cual se determina mediante la diferencia de cotas entre Bonete y San Gregorio. En ambos casos se considera la ecuación de balance de masa que se muestra a continuación:

$$\frac{dVol}{dt} = Q_{entrada} - Q_{salida} \quad (1)$$



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

En el balance de la ecuación (1), los valores de caudales entrantes y salientes deben ser mayores o iguales a cero.

En la Figura 7 se presenta una ilustración del balance considerado. El caudal erogado se compone por el usinado y el vertido. El caudal de entrada se compone por tres variables. Dos de ellas son los caudales de PP y LII; el tercer término es el caudal entrante al embalse no registrado (Entrante – PP – LII).

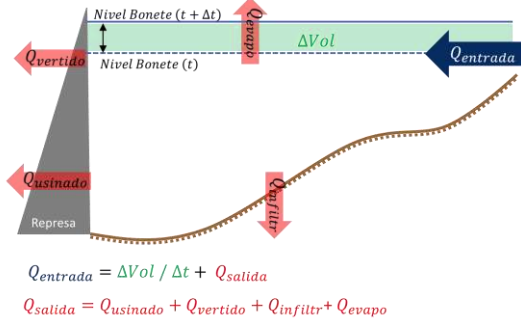


Figura 7. Representación gráfica del balance de masa.

Con los datos mencionados anteriormente se calcula la serie de caudal entrante a la represa. De esta forma se halla que un porcentaje significativo de estos datos es menor a cero, incumpliendo así lo propuesto anteriormente.

Se realiza un análisis con transformadas de Fourier para las series de nivel en San Gregorio y Represa, con el fin de eliminar la incertidumbre de las mediciones. Se construyen espectros de amplitud de las señales y se elimina lo que se considera ruido, esto se traduce a eliminar las amplitudes de frecuencias altas. Se tomó el criterio de que el ruido de la señal son los datos correspondientes a las frecuencias a partir de las cuales el espectro tiene una amplitud constante (Guaraglia, Lorenzo Pousa, 2014). Los datos eliminados representarían el ruido en la señal de niveles; este puede ser provocado por incertidumbre del instrumento. Posteriormente se invierte la transformada sin ruido y se obtiene una señal 'alisada'. El procedimiento realizado es equivalente a aplicar un filtro pasa bajos. Cabe destacar que para poder realizar un análisis de Fourier se deben tener datos diarios sin faltantes, por lo que fue necesario resolver los intervalos sin datos en San Gregorio (Figura 4). Para esto se sistematizó la división de la serie en subseries más pequeñas que no tuvieran días sin medición; en los casos en los que hubiera



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



AÑOS

faltante de un día entre dos días medidos, se interpoló el valor de cota; de esta forma se obtienen intervalos de tiempo en los cuales se puede realizar el análisis espectral.

4. Resultados y discusiones

4.1 Balance de masa con hipótesis de piscina nivelada

Para este modelo se considera que el nivel en todo el embalse está fijado por un plano horizontal que pasa por la cota medida en Represa. Utilizando la malla creada para la implementación del modelo hidrodinámico, se calculan el área de espejo de agua y volumen para la serie de cotas diarias en Represa. Con estos valores hallados, se procede a calcular el caudal infiltrado y evaporado según las fórmulas mencionadas en Materiales y Métodos. Posteriormente, utilizando el tipo de balance presentado también en la sección anterior, se halla la serie de caudales entrantes.

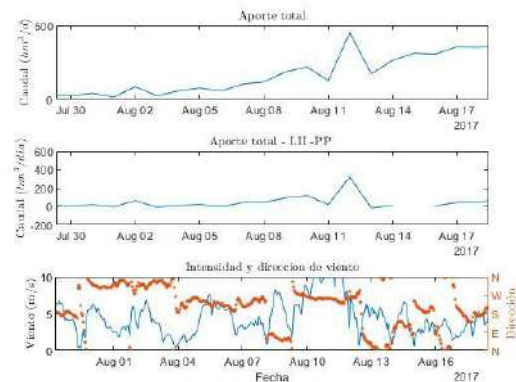


Figura 8. Serie de caudales entrantes hallados mediante método de piscina nivelada.

En la Figura 8 se muestra un intervalo de la serie obtenida. En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de datos negativos (con respecto al total de los datos) de caudal entrante, y caudal entrante no registrado. El pico de mayor módulo de negatividad asociado a los caudales entrantes $-672 \text{ hm}^3/\text{d}$, y el volumen medio diario asociado a los caudales entrantes negativos es $2.78 \text{ hm}^3/\text{d}$.

Tabla 2. Porcentaje de datos negativos de caudales entrantes calculados con niveles originales.

	Entrantes	Entrantes - PP-LII
% neg	15	28

Se comienza entonces a estudiar las variables que componen el balance de



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

masa para buscar las razones del problema de caudales entrantes negativos.

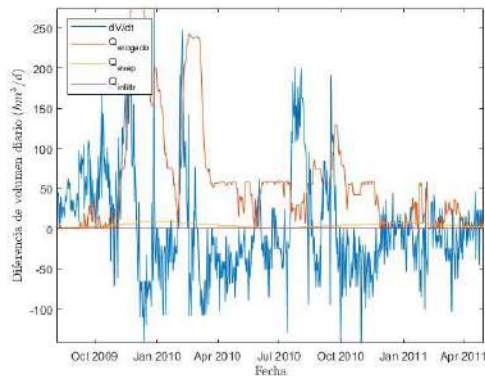


Figura 9. Componentes del balance de masa para hipótesis de piscina nivelada, calculadas con datos medidos.

En la Figura 9 se muestran las magnitudes de dichas componentes para esta hipótesis. Se halla que las variables de mayores módulos y variaciones diarias son el caudal erogado y la derivada del volumen almacenado. La primera es medida in situ; la segunda es estimada mediante la curva de nivel-volumen, creada a partir de la malla del modelo. Esto último genera que la incertidumbre de la diferencia del volumen sea mucho mayor que la del caudal erogado. Es claro entonces que para atacar el problema de balances negativos se debe corregir de alguna manera la incertidumbre de la señal del volumen. Es por esto que se decide

analizar la serie de datos de nivel para evaluar si se puede disminuirla.

Se procede entonces a eliminar el ruido en la señal de nivel en Represa, para así sustraer la incertidumbre de esta y disminuir las variaciones bruscas de volumen embalsado diario. En la Figura 10 se observa que el espectro estabiliza su amplitud en una frecuencia de valor $0.1 \frac{1}{\text{día}}$, por lo que es allí donde se realiza el 'corte'.

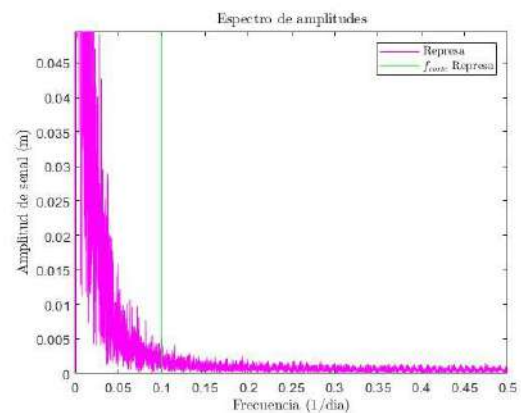


Figura 10. Espectro de amplitudes en Represa.

Posteriormente se realiza el procedimiento de balance de masa, pero en este caso se utilizan los valores de cota sin ruido. De esta forma se obtiene una serie de datos de caudal entrante; en la Figura 11 se muestra una parte de ella. Allí puede verse como al disminuir el ruido en la señal de



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

cotas, los picos de caudales negativos son más pequeños e incluso en algunos casos inexistentes. Esto se ve reflejado en los porcentajes de datos negativos mostrados en la Tabla 3. El pico de mayor módulo de negatividad es $-116 \text{ hm}^3/\text{d}$, y el volumen medio diario asociado a caudales entrantes negativos es $0.7 \text{ hm}^3/\text{d}$.

Tabla 3. Porcentaje de datos negativos de caudales entrantes calculados con niveles corregidos.

	Entrantes	Entrantes -PP-LII
% neg_corr	8	21

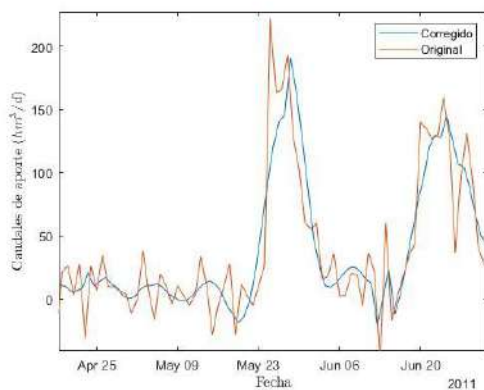


Figura 11. Comparación de caudales entrantes con datos medidos y corregidos.

4.2 Balance de masa con hipótesis de plano inclinado

En esta sección se considera que la cota a lo largo del embalse varía en el espacio, de forma que la altura coincide con el plano de

vectores directores de diferencia entre la cota en Represa y San Gregorio y uno perpendicular al anterior y horizontal. Para calcular la infiltración se considera que el embalse tiene en promedio una elevación igual al promedio entre las cotas de Represa y San Gregorio. Se calculan nuevamente el área y volumen del embalse para las series de datos de niveles alisados. Esta elección de datos se hace debido a la notoria mejoría de porcentajes de datos negativos en el punto 4.1 al usar la serie alisada. Para hallar la serie alisada, fue necesario eliminar el ruido en la señal de cota en San Gregorio; se debió utilizar un intervalo de tiempo en el que no hubiera faltantes de datos. Para esto se aplica la sistematización mencionada en materiales y métodos.

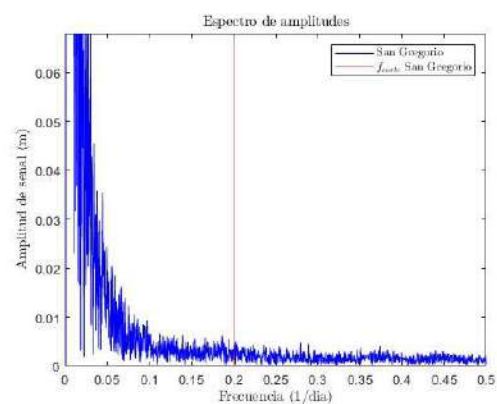


Figura 12. Espectro de amplitudes en San Gregorio.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30 AÑOS

En la Figura 12 se muestra el espectro de amplitudes de cota en San Gregorio; por otro lado, en la Figura 13 se presenta el resultado de la serie de niveles sin ruido. Para este caso se considera que el ruido de la señal es el que corresponde a las amplitudes de mayor frecuencia que $0.2 \frac{1}{\text{día}}$.

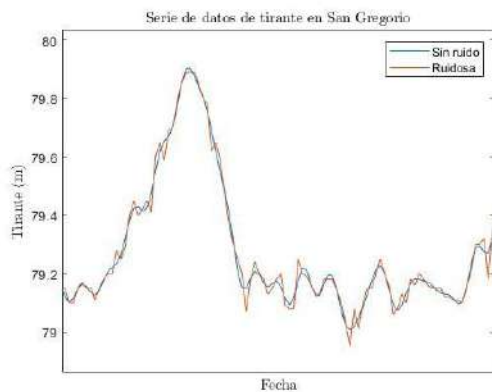


Figura 13. Serie de cotas en San Gregorio, con y sin ruido.

Al comparar los espectros de San Gregorio y Represa se puede observar que las amplitudes se vuelven constantes a frecuencias distintas. En el caso de Represa se eliminan amplitudes de frecuencias más pequeñas, lo que lleva a cuestionar si la incertidumbre eliminada es completamente producida por el instrumento de medición, o si interviene alguna otra variable.

De esta forma se obtiene la serie de datos con los porcentajes de datos negativos mostrados en la Tabla 4. Parte de la serie hallada se muestra en la Figura 14, junto con la obtenida mediante las series ruidosas. El pico de mayor módulo de negatividad toma el valor de $-104 \text{ hm}^3/\text{d}$; el volumen medio diario asociado a los caudales entrantes negativos es $1.03 \text{ hm}^3/\text{d}$.

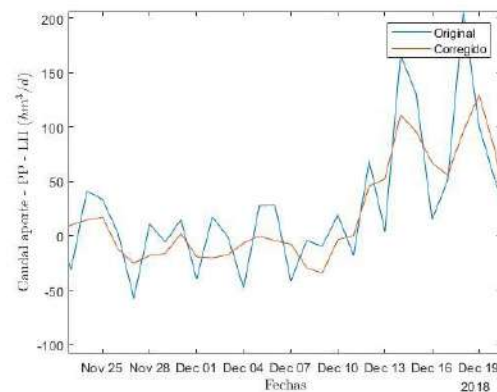


Figura 14. Parte de serie de caudales entrantes hallados con hipótesis de plano inclinado y serie alisada.

Tabla 4. Porcentajes de datos negativos calculados con niveles corregidos.

	Entrantes	Entrantes - PP-LII
% neg_corr	3	9

Los datos mostrados en esta sección demuestran que la aproximación del volumen del embalse mediante la hipótesis



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

de plano inclinado presenta mejoras con respecto a la hipótesis de plano horizontal. Los picos negativos y los porcentajes de datos negativos disminuyen significativamente. Los volúmenes diarios asociados a los caudales negativos se mantienen en el mismo orden. Esto es razonable, ya que la hipótesis de plano horizontal con cota igual a la medida en la represa es muy fuerte y puede no ser realmente representativa para estimar el volumen embalsado.

4.3 Comparación entre balances y comentarios generales

Se tiene que el procedimiento de eliminación de ruido reduce significativamente los porcentajes de negatividad, los picos mínimos y los volúmenes medios asociados a los caudales negativos.

En la Figura 15 y Figura 16 se presentan las comparaciones de diferencias de volumen para las series de niveles ruidosas y sin ruido. En ambas se observa una clara suavización de la señal, con menores variaciones de altas frecuencias.

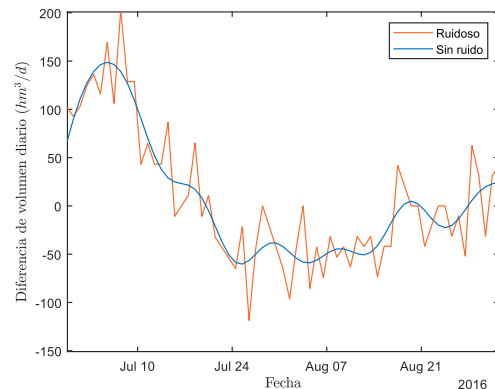


Figura 15. Variación de diferencia de volumen almacenado diario para piscina nivelada.

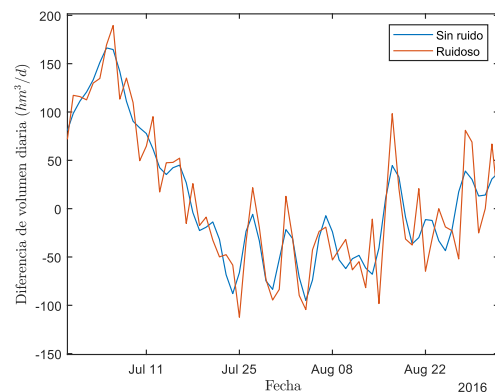


Figura 16. Variación de diferencia de volumen almacenado diario para plano inclinado.

Por otro lado, se obtuvo que, mediante el método de plano inclinado y datos alisados resultaron menores porcentajes de negatividad y picos negativos de menor módulo en comparación a los obtenidos para piscina nivelada y datos alisados. Esto evidencia que la aproximación del volumen



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

considerando como única variable la cota de Represa es mala, debiéndose ajustar de alguna manera. La hipótesis de plano inclinado muestra que considerar la cota en San Gregorio además de la de Represa mejora significativamente los resultados, a excepción de volumen medio diario asociado a caudales negativos, cuyo valor aumenta para plano inclinado y serie alisada en comparación con piscina nivelada y serie alisada.

Otra variable que se consideró que podría llegar a ser modificable es la evaporación diaria. Este valor estaba siendo estimado a partir de la fórmula proporcionada por UTE, en la cual solo interviene el área de espejo de agua y un coeficiente mensual, cuando en la realidad la función de evaporación depende no solo de estos parámetros, sino también de la radiación solar y el módulo de viento, entre otras. En la Figura 17 se comparan los datos de evaporación extraídos del modelo (los cuales consideran radiación, viento, etc.) y los estimados previamente. En ella se observa que los ciclos anuales se mantienen, pero

se hallan diferencias significativas en los módulos.

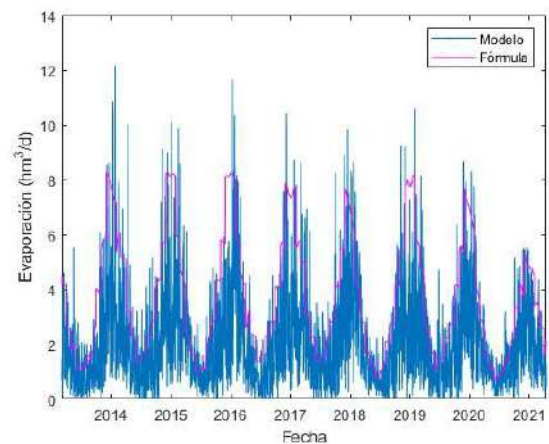


Figura 17. Estimación de caudal de evaporación mediante modelo hidrodinámico y fórmula.

Estas diferencias de módulo son de vital importancia, ya que muestran que la fórmula utilizada sobreestima (en promedio) la evaporación generada en el modelo. Al incluir esta variable en la ecuación de balance ($Q_{evap-modelo} < Q_{evap}$) se obtiene un porcentaje de negatividad mayor.

5. Conclusiones

Se halló que la variación de volumen debida a la cota es la causante de los grandes picos negativos y del ruido en la señal de caudales de entrada. Por lo anterior se deduce que el volumen



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

almacenado es un parámetro que induce mucho error en las estimaciones de caudal entrante, por lo que la forma en la que se lo calcula es muy relevante. Se considera que haber realizado la corrección de las series de datos de nivel mediante espectros de amplitud es correcto, ya que reduce incertidumbres de medición y permite estimar mejor la variación de volumen.

Se observa una posible relación entre módulo y dirección de viento y variaciones de cota en ambos puntos. Se continuará investigando sobre este tema con el fin de hallar una forma de relacionar cota real en función de cota medida y condiciones atmosféricas y de manejo de la represa. Como continuación de este trabajo se buscarán posibles correlaciones entre variaciones de datos de viento y anomalías en las cotas medidas.

Por otro lado, se debe implementar la estimación de evaporación mediante el modelo, ya que ésta representa mejor la realidad. Los módulos de caudales diarios referidos a esta variable son varios órdenes más pequeños que los inducidos por la variación de volumen y el caudal erogado. De ser modificada esta variable, no

cambiarían significativamente los picos negativos ni los promedios de caudal entrante.

Se continuará trabajando en el desarrollo e implementación de un modelo hidrodinámico del embalse. Este modelo permitirá relacionar el funcionamiento de la represa y el módulo y dirección de viento con las cotas en Represa y San Gregorio. Se pretende que este modelo permita visualizar las curvas de variación de nivel en el embalse y en la represa, junto a los cambios de cota relacionados a las ondas de apertura y cierre de la represa.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

6. Referencias

Santoro, P, et al. (2022).

Modelación hidro-sedimentológica y de calidad de agua del embalse de Rincón del Bonete. Informe de Avance.

Claude E. Boyd. (2014).

Water quality. An introduction.
Springer.

Chorus, Bartram. (1999).

Toxic Cyanobacteria in Water - A guide to their public health consequences, monitoring and management. E & F Spon.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y

Pesca, et al. (2019). *Iniciativa para el Río Negro. Para la mejora de la calidad del agua en la cuenca del Río Negro.* Ministerio de Ambiente.

Guaraglia, Lorenzo Pousa. (2014).

Introduction to Modern Instrumentation, for hydraulics and environmental sciences. De Gruyter Open Ltd.

Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de consumo del
Barrio Chaipé de Encarnación en los años 2020 - 2021



D.31. Agua

Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de consumo del Barrio Chaipé de Encarnación en los años 2020 - 2021

Autora: González Barrientos, Mahia Abril; magonzalez@medicina.uni.edu.py

Co-autor(es): Benitez Reinhardt, Rosely Analicia; rabenitez@medicina.uni.edu.py; Derene Morel, Merly Fernanda; mfderene@medicina.uni.edu.py; Irala Barán, María Estefanía; meirala@medicina.uni.edu.py

Profesores guía: Casco, Mabel; mabecasco91@gmail.com; Lezcano, Teresa; terelezmaciél@gmail.com

Universidad Nacional de Itapúa

Resumen

El agua destinada al consumo humano no debe contener ningún agente patógeno, por ello se realizan procedimientos para el monitoreo de la calidad del agua, cuyo propósito es la evaluación microbiológica mediante el uso de organismos indicadores de contaminación, además del cloro libre residual. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua de consumo del Barrio Chaipé de Encarnación en los años 2020-2021. Se recolectó una muestra de agua de dicho barrio, indagando sobre la presencia de las bacterias coliformes totales y fecales así también del cloro libre residual. El análisis bacteriológico del agua se llevó a cabo en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Itapúa. Previo al proceso de toma de muestra, se realizó la determinación del cloro libre residual, empleando un equipo de medición in-situ, Fotómetro Medidor de cloro libre HANNA, utilizando el reactivo para esa determinación. Se encontró que tanto los coliformes totales como fecales, estaban en un margen normal, <2 NMP/100ml y 0 NMP/100 ml respectivamente, en cambio el cloro libre residual se encontró fuera de rango con un valor de 0,14 mg/L, con la sugerencia de ajuste a un rango de 0,2-2,0 mg/L para preservar la calidad del agua suministrada por el prestador. De acuerdo a los parámetros analizados en el año 2021, la muestra de agua cumplió con los requisitos microbiológicos establecidos por el ERSSAN, no siendo así en años anteriores.

Palabras clave: Calidad bacteriológica del agua, Cloro libre residual, Coliformes.



Introducción

El agua potable es un componente vital para la salud y su acceso es un derecho humano fundamental. A nivel mundial, se trabaja, constantemente, para mejorar su disponibilidad, su distribución y especialmente, su calidad. El agua subterránea constituye la mayor reserva de agua dulce en el mundo, por ello, es preocupación mundial conservarla y evitar su deterioro (Cossio, 2019)

El agua destinada al consumo humano no debe contener ningún agente patógeno, siendo necesario realizar estudios para determinar la existencia de microorganismos indicadores de contaminación, los procedimientos para el monitoreo de la calidad del agua requieren una evaluación microbiológica mediante el uso de organismos indicadores. Para su estudio, se dividen en dos grupos. El grupo de bacterias coliformes totales el cual comprende a todos los bacilos Gram-negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (Unam.mx, 2016).

El grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gram-negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h de incubación a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. Este grupo no incluye una

especie determinada; sin embargo, la más prominente es *Escherichia coli* (Unam.mx, 2016)

La identificación de Coliformes totales es más difícil ya que estos pueden provenir del suelo, y de superficies de agua dulce por lo que no siempre son intestinales. La presencia de Coliformes sugiere fallas en la eficacia del tratamiento y la integridad del sistema de distribución. La identificación de las cepas aisladas puede a veces dar una indicación sobre el origen (Navarro Roa, s.f.).

Además de los aspectos microbiológicos, un parámetro importante de conocer es el cloro libre residual, cuya finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas, por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables, es posible que oxide especies disueltas, como el manganeso, y formar productos insolubles que pueden eliminarse mediante una filtración posterior; también es capaz de oxidar especies disueltas a formas más fáciles de eliminar (por ejemplo, el arsenito a arseniato) (Carrasco, Renato, & Morales, 2019).

Según estudios, es en los pozos donde se registraron los valores más altos de



contaminación por coliformes fecales, siendo la perforación, la fuente de agua de menor riesgo de polución (Rodríguez, Asmundis, Arzú, & Ayala, 2018).

Una investigación de la Universidad del Este hecho en Minga Guazú, demostró que el 100% de las aguas estudiadas presentaron valores de coliformes totales y el 93% para coliformes fecales fuera de la norma. La presencia de coliformes en las muestras provenientes del pozo se debe, posiblemente, a que este se encuentra próximo a una gran cantidad de bóvedas en las que se albergan cuerpos que producen sustancias en los primeros años de descomposición, lo que ayuda a la migración de los microorganismos y su filtración a través de los espacios presentes en estas estructuras y permite su paso al agua del pozo. (Amarilla Espínola, Manera Vuyk, Meza Arce, Portillo Orué, & Quiñonez Bernal, 2018)

Un estudio que tuvo como objetivo determinar el grado de contaminación expresado en la concentración de coliformes fecales, y totales en muestras de agua de pozo del departamento Central, Cordillera y municipio Capital, dentro del límite de afloramiento del acuífero Patiño, donde se evaluaron 57 muestras de agua de pozo artesiano de 20 a 130 m de profundidad, tratadas y no tratadas. En las aguas tratadas el 12,5% y 31,2% tenían

valores fuera de lo permitido para coliformes fecales y coliformes totales respectivamente. En aguas no tratadas el 19,5% y 48,8% tenían coliformes fecales, y coliformes totales, respectivamente, en niveles fuera de lo permitido de acuerdo a lo establecido en la Norma Paraguaya NP 24 001 80 (5ª edición) (Sotomayor, Villagra, Cristaldo, Silva, & Ibáñez, 2013).

En Paraguay, un estudio hecho en una escuela pública de Minga Guazú demostró que, en las aguas tratadas, el 60% (2/3) tenían valores fuera de lo permitido para coliformes fecales, y coliformes totales. En aguas no tratadas (9/12) tenían coliformes fecales y coliformes totales, en niveles superiores a valores límites establecidos. Todas las fuentes de agua no provenientes de la red de distribución presentaron crecimiento de coliformes. Las fuentes de agua tratadas de la red de abastecimiento público presentaron crecimiento en niveles menores, lo cual podría indicar que un tratamiento simplificado y de medidas básicas de desinfección podrían mejorar notablemente la situación (edu.py:7004, s.f.)

El criterio principal para que el agua se considere apta para el consumo humano es que esté limpia, sea salubre y no contenga microorganismos o parásitos que supongan un riesgo para la salud humana (Alcora, 2016).



En Itapúa, la cobertura de agua potable, de acuerdo a datos del Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN), es otorgada principalmente por las Juntas de Saneamiento (23,8 %), Comisiones Vecinales (6 %) y Aguateras Privadas (2,2 %), contabilizando un 30,9 % de la población itapuense servida por aguas subterráneas. Un 10,4 % del abastecimiento restante proviene de Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP) (Servín , 2019).

Un análisis de muestra de agua realizado en el Barrio Chaipé en el año 2019 concluyó que la muestra no cumplía con los valores establecidos por el Reglamento de Calidad de Servicios para Permisarios del ERSSAN, esto fue en cuanto al parámetro del Cloro Libre residual cuyo resultado fue de 0,0 mg/L teniendo en cuenta que el límite admisible es de 0,2-2,0 mg/L, en cuanto al análisis microbiológico, el informe afirmó que no se encontraron coliformes en la muestra de agua (ERSSAN, 2020).

En el 2017, en el mismo barrio, los resultados del análisis concluyeron que la muestra de agua tampoco cumplía con los valores establecidos, el valor del cloro se encontraba en 0,0 mg/L y además se hallaron coliformes totales en la muestra con un valor de 2 NMP/100ml (ERSSAN, 2020).

Objetivo General

Evaluar la calidad del agua de consumo del Barrio Chaipé de Encarnación en los años 2020-2021.

Objetivos Específicos

Describir las características operativas de las juntas proveedoras del servicio de agua potable del Barrio Chaipé de Encarnación.

Interpretar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que afectan a la aceptabilidad del agua por parte del consumidor.

Determinar la presencia del cloro libre residual, coliformes totales y fecales, en aguas de consumo de las juntas proveedoras del servicio, vulnerables del Barrio Chaipé de Encarnación.

Materiales y métodos

El estudio es de tipo observacional, descriptivo de corte transversal, prospectivo.

Se realizó en el Barrio Chaipé, distrito de Encarnación, Departamento de Itapúa, República del Paraguay.

La población enfocada estuvo conformada por las Juntas proveedoras del servicio de agua de consumo de la ciudad de Encarnación.



La población accesible estuvo conformada por Juntas Proveedoras del servicio de aguas de consumo del barrio Chaipé.

La muestra estuvo dada por aguas del sistema de distribución de juntas de saneamiento utilizadas para consumo de los habitantes del Barrio Chaipé.

La identificación de las Juntas se efectuó a partir de la base de datos disponible, en el marco del Programa Agua Saludable implementado por la Gobernación del departamento de Itapúa.

En cuanto a las características operativas, se consideró el porcentaje de usuarios abastecidos por juntas y si las mismas cuentan con sistemas de desinfección.

La interpretación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se desarrolló a partir de los informes de calidad de agua de las juntas proveedoras del servicio de agua potable del Barrio Chaipé, provistas por el ERSSAN en el marco de la Ley N° 5282/14 que establece el Libre Acceso Ciudadano a la Información Pública y Transparencia Gubernamental.

La toma de muestra de agua se realizó en la junta proveedora de servicio del Barrio Chaipé, que por las características operativas se consideró vulnerable.

Previo al proceso de toma de muestra para el análisis bacteriológico, se realizó la

determinación de cloro residual libre, empleando un equipo de medición in-situ, el Fotómetro Medidor de cloro libre HANNA, utilizando el reactivo para esa determinación.

Los implementos utilizados fueron frascos de 250 ml para muestras destinadas a exámenes bacteriológicos, etiquetas y rótulos, guantes estériles, conservadora con hielo, algodones empapados con alcohol.

El análisis bacteriológico del agua se llevó a cabo en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Itapúa (FaCyT-UNI).

Todas las operaciones se efectuaron en absolutas condiciones de asepsia.

Para la determinación de Coliformes totales se agitó vigorosamente la muestra para lograr una distribución uniforme de los microorganismos.

Se preparó las diluciones, con una pipeta estéril tomando una alícuota de 1 ml de la muestra original y se llevó a uno de los tubos conteniendo 9 ml de agua de dilución estéril, se obtuvo de esa manera una dilución de 10^{-1} .

Se agitó el tubo de la dilución 10^{-1} y con otra pipeta estéril se tomó una alícuota de 1 ml y se llevó a otro tubo con 9 ml de agua de dilución estéril para obtener una dilución



de 10^{-2} , se procedió de la misma manera hasta obtener una dilución de 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} o hasta donde sea necesario.

Se inoculó asépticamente con 1 ml de muestra por triplicado, en cada tubo de diluciones que contengan caldo MacConkey.

Se incubaron todos los tubos en incubadora a una temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 -48 horas.

Después de 24 horas de incubación se efectuó una primera lectura para observar si hubo tubos positivos, es decir, con producción de gas en el interior de la campana Durham y turbidez en el medio de cultivo.

Se efectuó la lectura final después de 48 horas ($\pm 2\text{h}$) a partir de la inoculación.

La determinación de los coliformes fecales se realizó a partir de cada uno de los tubos que han resultado positivos en la prueba coliformes totales, se transfirió inóculos mediante ansa en tubos conteniendo 10 ml de caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (BLGB) con campanitas de Durham invertidas.

Se incubó en un baño de agua termostático a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 24-48 horas.

Después de la incubación se observó la presencia de turbidez y de gas.

Para los cálculos e interpretaciones de los coliformes totales se examinaron los tubos para verificar la formación de gas, que se evidencia por la aparición de gas en las campanitas de Durham y acidez si se emplea el caldo de MacConkey, por viraje del color del medio.

Se anotó el número de tubos positivos para cada dilución y se obtuvo el NMP desde la tabla

En cuanto a los coliformes fecales se examinaron los tubos para verificar la formación de gas, que se evidencia por la formación de gas en la campanita de Durham, a las 24 y 48 horas.

Se anotó el número de tubos positivos para cada dilución.

El análisis de cloro libre residual se realizó por el método analítico Clorimétrico SM 4500-Cl G. El límite admisible es 0,2-2,0 mg/L.

El análisis de los datos recogidos, se asentaron en tablas, utilizando los programas Microsoft Word y Excel.

Resultados y discusión

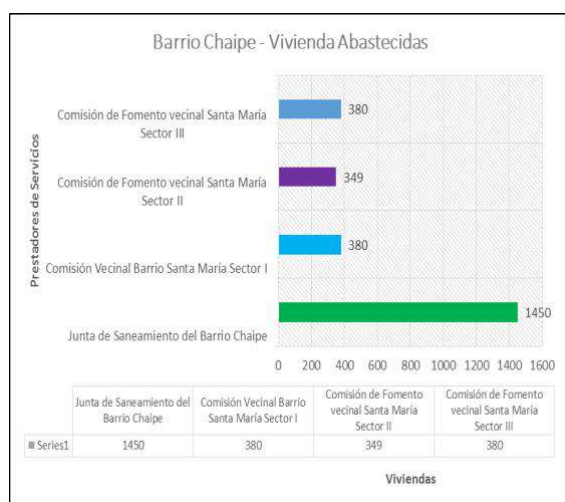
En cuanto a las características operativas de las juntas proveedoras del servicio de agua potable:

El Barrio Chaipé cuenta con un total de cuatro Juntas Proveedoras de Servicio de Agua Potable, correspondientes de las Subdivisiones de la Junta de Saneamiento

del Barrio Chaípe, Comisión Vecinal Barrio Santa María Sector I, Comisión de Fomento vecinal Santa María Sector II y Comisión de Fomento vecinal Santa María Sector III (ERSSAN, 2020)

Según los informes remitidos por el ERSSAN correspondientes al año 2020, en el barrio se contó con un total de 2559 conexiones.

Gráfico 1. Cantidad de conexiones



El informe presentado indicó que la Comisión Vecinal Barrio Santa María Sector I no contaba con sistema de desinfección, esto en parte perjudica la calidad del agua, ya que sin un sistema de desinfección, el agua es susceptible a caer en mal estado.

	Junta de Saneamiento del Barrio Chaípe	Comisión Vecinal Barrio Santa María Sector I	Comisión de Fomento vecinal Santa María Sector II	Comisión de Fomento vecinal Santa María Sector III
Cantidad de conexiones	1450	380	349	380
Sistemas de Desinfección	Si	No	Si	Si

Tabla 1. Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que afectan a la aceptabilidad del agua por parte del consumidor (ERSSAN, 2020)

Juntas proveedoras de servicio	Junta de Saneamiento del Barrio Chaípe	Comisión Vecinal Barrio Santa María Sector I	Comisión de Fomento Vecinal Santa María Sector II	Comisión de Fomento Vecinal Santa María Sector III
Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos				
Características Físicas				
Color	<5	<5	<5	<5
Sabor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Turbiedad	0,24	0,29	0,22	0,24
pH	8,09	8,12	9,65	7,64
Conductividad	226	362	241	186,7
Componentes inorgánicos				
Cloro libre Residual	0,0	0	0	0
Nitrógeno amoniacal	0,05	0,01	0	0
Aluminio				
Cloruro	8	9	4	8
Dureza total	70	229	103	34
Calcio	24	86,4	38	11,6
Hierro	0,09	0,07	0,09	0,01
Magnesio	2,8	3,68	2,26	1,42
Alcalinidad	152	212	62	93
Sólidos totales	160	256	171	133
Componentes que afectan la salud				
Nitrato	12,5	3,3	2,8	3,1
Arsénico	-	-	-	-
Componentes bacteriológicos Básicos				
Bacterias coliformes totales	0	0	0	0
Bacterias coliformes fecales	24	0	1	0



Tabla 2. Los límites admisibles para los parámetros fisicoquímicos son los siguientes (ERSSAN, 2020)

Características físicas	
- Color	<5 UCV
- Sabor	Aceptable
- Olor	Aceptable
- Turbiedad	≤1 UNT
- pH	6.5 a 8.5
- Conductividad	>400 μS/cm
Componentes inorgánicos	
- Cloro libre residual	0,2-2.0 mg/l
- Nitrógeno amoniacal	≤0,05 mg/l
- Aluminio	≤0,02 mg/l
- Cloruro	≤250 mg/l
- Dureza Total	≤250 mg/l
- Calcio	≤100 mg/l
- Hierro	≤0,30 mg/l
- Magnesio	≤30 mg/l
- Alcalinidad	≤120 mg/l
- Sólidos Totales disueltos	≤1000 mg/l
Componentes que afectan la salud	
- Nitrato	0 mg/l
- Arsénico	—
Componentes bacteriológicos básicos	
- Bacterias coliformes fecales	0 UFC/100ml
- Bacterias coliformes totales	0 UFC/100ml

UCV: Unidades de color verdadero

UNT: Unidad nefelométrica de turbiedad

UFC: Unidad formadora de colonias

Los informes señalaron que las muestras de aguas analizadas en el año 2020, no cumplieron con los valores establecidos por el Reglamento de Calidad de Servicio para Permissionarios del ERSSAN, ya que el parámetro de cloro libre residual debe ajustarse al rango de 0,2-2.0 mg/l. Además en la Junta de Saneamiento del Barrio Chaipé se encontró con una cantidad razonable de coliformes totales (24 UFC/100ml), así también el nitrógeno libre amoniacal justo en el límite admisible.

Los resultados de la presencia del cloro libre residual, coliformes totales y fecales, en aguas de consumo de las juntas proveedoras del servicio, vulnerables del Barrio Chaipé de Encarnación fueron los siguientes:

Tabla 3. Análisis fisicoquímico:

Parámetro	Unidad	Método analítico	Límite admisible	Límite recomendado	Resultado
Cloro libre Residual	mg/L	Clorimétrico SM 4500-Cl G.	0,2-2,0	0,2-0,5	0,14

Tabla 4. Análisis microbiológico

Parámetro	Unidad	Método Analítico	Límite Admisible	Límite Recomendado	Resultado
Coliformes Totales	NMP/10 0ml	Tubos múltiples/ SM 9221 B	<2,2	0	<2
Coliformes Fecales	NMP/10 0ml	Tubos múltiples/ SM 9221 E	0	0	0

De acuerdo a los parámetros analizados, la muestra de agua cumplió con los requisitos



microbiológicos establecidos en el Reglamento de Calidad Permisionario del ERSSAN.

El parámetro fuera de rango fue el del cloro libre residual, que se deberá ajustar a un rango de 0,2-2,0 mg/L.

Los parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos tomados en el año 2021, cuyos resultados fueron obtenidos tras una toma de muestra realizada en colaboración con representantes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UNI, éste presentó una diferencia en cuanto a los resultados obtenidos en años anteriores, ya que en el año 2017, el análisis realizado afirmó que el agua de la Junta no cumplía con los valores establecidos, especialmente el parámetro de cloro libre residual que se encontraba con un valor de 0,0 mg/L en ese año. En el año 2021 el resultado varió con un valor de 0,14 mg/L. Con respecto al año 2020 cuya información se obtuvo de una fuente bibliográfica provista por el ERSSAN, la diferencia con el año 2021 fue que en este último, las bacterias coliformes totales ya se encontraron en el límite admisible.

Conclusiones

En cuanto a los coliformes totales y fecales, ambos se encontraron en un margen normal, <2 NMP/100ml y 0 NMP/100 ml respectivamente; sin embargo en el año

2020 si se observó la presencia de las bacterias coliformes totales fuera del límite admisible. Esto refleja una mejoría en los resultados de la Junta de Saneamiento del Barrio Chaipé y demuestra que existe un esfuerzo constante por mantener en buenas condiciones el agua de consumo de dicho barrio.

El cloro libre residual en el año 2021 tuvo un valor de 0,14 mg/L, con la sugerencia de ajuste a un rango de 0,2-2,0 mg/L para preservar la calidad del agua suministrada por el prestador.

Al analizar los resultados mencionados y la repercusión que tiene un trabajo de ésta índole, concluimos que la investigación no solo aporta para el desarrollo de la ciencia al generar conocimientos sobre la calidad del agua, sino que también con los resultados obtenidos, los entes encargados pueden tomar las medidas necesarias, contribuyendo de ésta manera al bienestar de los pobladores.

Ya que una de las fuentes principales de transmisión de enfermedades es justamente el agua y de ahí su importancia de mantenerla en condiciones óptimas.

Bibliografía

Alcora, M. (1 de Junio de 2016). *alcora*.
Obtenido de alcora Web site:
<https://alcora.es/blog/agua-apta-consumo-humano/>



Amarilla Espínola, J. A., Manera Vuyk, A. A., Meza Arce, F., Portillo Orué, L. C., & Quiñonez Bernal, R. M. (octubre de 2018). *edu.ar*. Obtenido de *edu.ar* Web site:
https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/12867/24-aguas-amarilla-ariel-une.pdf

Carrasco, Z., Renato, I., & Morales, H. (Mayo de 2019). *medigraphic.com*. Obtenido de *medigraphic.com* Web site:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2019/ei193c.pdf>

Cossio, A. (2019). ESTUDIO PROSPECTIVO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA QUE CONSUME LA POBLACIÓN DE FORTALEZA - COCHABAMBA. *Ciencia e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana*. doi:<https://doi.org/10.23961/cimel.v24i1.1199>

edu.py:7004. (s.f.). Obtenido de *edu.py:7004* Web site:
<http://ns2.une.edu.py:7004/repositorio/handle/123456789/195>

ERSSAN, D. (2020). *google.com*. Obtenido de *google.com* Web site:
https://drive.google.com/drive/folders/1CepO_y3zXMI_n4czzqHM5b2eRqfJBrFy

Navarro Roa, M. O. (s.f.). *Gov.co*. Obtenido de *Gov.co* Web site:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>

Rodríguez, S. C., Asmundis, C. L., Arzú, O. R., & Ayala, M. T. (2018). Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme

(Corrientes, Argentina). *Revista Veterinaria*, 29(1), 1. doi:
<http://dx.doi.org/10.30972/vet.2912779>

Servín, M. R. (Marzo de 2019). *researchgate.net*. Obtenido de *researchgate.net* Web site:
https://www.researchgate.net/publication/342644454_Como_vivimos_en_Encarnacion_Perspectiva_Ciudadana

Sotomayor, F., Villagra, V., Cristaldo, G., Silva, L., & Ibáñez, L. (junio de 2013). *com.py*. Obtenido de *com.py* Web site:
<https://www.geologiadelparaguay.com.py/Calidad-de-Agua.pdf>

Unam.mx. (Agosto de 2016). Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Analisis_Agua_NMP_22309.pdf

Financiamiento

Autogestión por parte del grupo con un costo de 150.000 guaraníes para el análisis correspondiente del agua, realizado en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Itapúa.

Caracterización citogenética de *Oligosarcus jenynsii*
en la cuenca Salí-Dulce.



D.31. Aguas.

Caracterización citogenética de *Oligosarcus jenynsii* en la cuenca Salí-Dulce.

Autor: Saravia, Alejandro N.¹
ansaravia20@alumnos.csnat.unt.edu.ar

Tutores: Andrada, Aldo R.²,
arandrada@lillo.org.ar y Paez, Valeria²

¹Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. ²Fundación Miguel Lillo.

Resumen

El género *Oligosarcus* (Characidae-Characiformes) incluye peces de agua dulce, conocidos como dentudos. *Oligosarcus jenynsii* habita la cuenca del Salí-Dulce y es un importante controlador de micro y mesofauna en ríos, lagos y arroyos. Entre sus parámetros morfológicos podemos mencionar que alcanzan aproximados 30 cm de longitud y 300 gramos de peso, mientras que en lo referente a su distribución éste se extiende ampliamente dentro del cono sur. Debido a la amplia distribución del género y a las características de aislamiento endorreicas de la cuenca Salí-Dulce, se hipotetiza la posibilidad de que esta entidad, que tiene una distribución tan amplia, sea en realidad un complejo con

especies endémicas. Este trabajo tiene por objetivo confirmar que el taxón presente en la cuenca Salí-Dulce sea en efecto *O. jenynsii*. Para ello se realizaron recuentos cromosómicos y la elaboración de cariotipo mediante el uso de técnicas citogenéticas estándares. Los resultados ponen de manifiesto que los ejemplares de la población de la cuenca Salí-Dulce presentan $2n = 50 (48A + XY)$ al igual que datos previos para *O. jenynsii*, sin embargo la fórmula cariotípica obtenida varía a la de los antecedentes bibliográficos para la especie. Se discute la posibilidad de que el taxón analizado sea una entidad diferente pero afín a *O. jenynsii*.

Introducción

El género *Oligosarcus* (Characidae-Characiformes), es un género de peces de agua dulce, cuenta con 19 especies (Catalogue of Life 2013) que se encuentran tanto en cuerpos de agua loticos como lenticos. Se Distribuyen en Brasil en ríos y sistemas lagunar costeros, en Uruguay en cursos de vertiente atlántica y Argentina en la cuenca Salí-Dulce y del Plata. Son peces carnívoros, importantes como controladores de micro y mesofauna de ríos y lagunas por su actividad depredadora para con insectos,



crustáceos y peces de menor tamaño (Greenwod 1993). En la cuenca Sali dulce se registra a *Oligosarcus jenynsii*, donde los adultos miden entre 3,5 a 31 centímetros de longitud, y pesan de 0,3 a 330 gramos (Hermes Silva et al. 2008), y presenta características típicas asociadas a predación, como hocico largo y dientes agudos y numerosos (Mirande et al. 2011).

Los estudios citogenéticos en *Oligosarcus* citan como número cromosómico $2n = 50$ (Falcao, 1983, Hattori et al. 2007), excepto por algunos individuos de la especie *O. pintoi* mostraron un cromosoma supernumerario ($2n=51$). A pesar de la uniformidad en el número cromosómico se han registrado una gran variedad de fórmulas cariotípicas en el género (Mari-Ribeiro et al.; 2022) (Tabla 2). Las fórmulas cariotípicas registradas hasta el momento para *O. jenynsii* son: $6m+22sm+6st+16a$ y $m+24sm+10st+14a$. Este trabajo tiene como objetivo caracterizar citogenéticamente a la población de *O. jenynsii* de la cuenca Salí-Dulce a través de recuentos cromosómicos y el análisis cariotípico, a fin de realizar un estudio comparativo con los antecedentes citogenéticos de la especie.

Materiales y métodos

El material se recolectó en la cuenca Salí-Dulce en el Dpto. de Simoca (Tucumán, Argentina). El método empleado para la captura de los individuos fue pesca eléctrica, de arrastre y de pateo. Se recolectaron 7 individuos de la especie *Oligosarcus jenynsii*, 2 de los cuales eran machos y 5 eran hembras. Los individuos fueron fijados en alcohol etílico a una concentración del 70% luego de la extracción de tejido.

Para el análisis citogenético, se utilizó una combinación de las técnicas de “Drop-Air dry” y “Squash”. Para ello, se realizó la extracción de tejido in vivo de los individuos, luego de ser estos desmedulados. Los tejidos seleccionados fueron riñón cefálico, branquias e hígado. Luego de ser extraídos, los tejidos se sumergieron en colchicina (concentración de 1%) por un tiempo de 20 minutos a 35 °C. Seguidamente, el material se maceró y lavó dos veces en KCl 0,01M por 10 min. A continuación, se lavó nuevamente el material en solución de Farmer (alcohol-ácido acético, 3:1) durante 10 min, en dos ocasiones. Se realizó el goteo sobre portaobjetos y se dejó secar durante 30 min en estufa a 45 °C. La coloración y el montaje se realizaron con una gota hematoxilina propiónica al 2 %. Para los recuentos cromosómico se tomaron como mínimo 7 placas metafásicas con

cromosomas bien extendidos. Los parámetros morfométricos que se tomaron en cuenta fueron longitud cromosómica total (c), longitud de brazo largo (l), longitud de brazo corto (s) e índice centromérico (lc). Las mediciones se llevaron a cabo con el programa MicroMeasure 3.3 (Reeves, 2001). Los cromosomas se clasificaron según la metodología propuesta por Levan *et al.* (1964) y las asimetrías inter e intracromosómicas se calcularon según Romero Zarco (1986). Las observaciones y las microfotografías se tomaron con un microscopio de epifluorescencia (Olympus BX43) con una cámara Olympus Q color-5 (5 MP).

Resultados

Oligosarcus jenynsii presenta $2n = 50$ cromosomas (48A + XY) (Fig. 1), la fórmula cariotípica registrada fue de $6m + 20sm + 12st + 12a$. Los cromosomas varían en longitud de 6,87- 2,16 μm , el cariotipo es bimodal, con dos cromosomas metacéntricos de gran tamaño (6,87 y 4,79 μm) y el resto con longitudes varían gradualmente en tamaño (Fig. 2). Los cromosomas sexuales se encuentran entre los más pequeños (aproximadamente 3 μm). Los parámetros morfométricos se observan en la tabla 1

Figura 1. Placa metafásica de *Oligosarcus jenynsii* con $2n = 50$ cromosomas.



Figura 2. Cariograma de *Oligosarcus jenynsii*. m = metacéntrico, sm = submetacéntrico, st = subtelocéntrico, a = acrocéntrico.

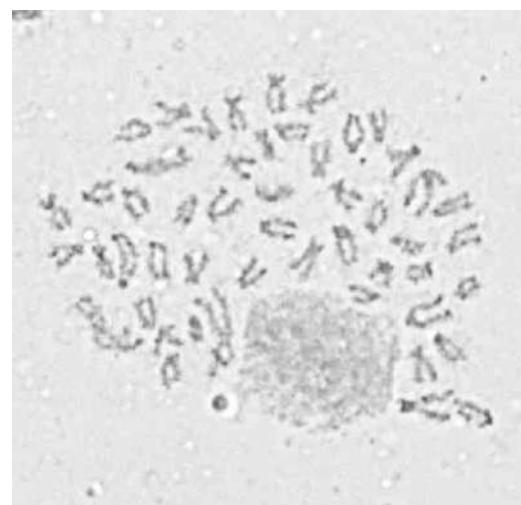


Tabla 1. *Oligosarcus jenynsii*. Número cromosómico y parámetros morfométricos de sus cromosomas. c = brazo corto, l = brazo largo, m = metacéntrico, sm = submetacéntrico, st = subtlocéntrico, t = telocéntrico, a = acrocéntrico, IC = índice centromérico. EE = error estándar.

Par cromosómico	c(μm)	l±(μm)	s±(μm)	IC %	Tipo cromosómico
	$\bar{x} \pm EE$	$\bar{x} \pm eE$	$\bar{x} \pm EE$		
1	6,87±0,002	4±0,12	2,87±0,12	41,78	m
2	4,78±0,32	2,92±0,24	1,86±0,08	38,91	m
3	3,24±0,32	1,93±0,22	1,31±0,09	40,34	m
4	3,94±0,87	2,63±0,55	1,31±0,31	33,31	sm
5	3,18±0,13	2,36±0,19	0,82±0,06	25,92	sm
6	3,11±0,20	2,28±0,12	0,83±0,08	26,73	sm
7	3,12±0,09	2,29±0,04	0,83±0,14	26,72	sm
8	2,84±0,08	2,06±0,10	0,78±0,02	27,56	sm
9	2,43±0,35	1,89±0,27	0,54±0,07	22,32	sm
10	2,48±0,17	1,6±0,12	0,88±0,05	35,68	sm
11	2,45±0,36	1,94±0,37	0,51±0,01	21,08	sm
12	2,42±0,12	2,01±0,12	0,41±0,004	17,12	sm
13	2,62±0,46	2,09±0,33	0,53±0,12	20,30	st
14	2,49±0,02	2,16±0,07	0,33±0,05	13,49	st
15	2,4±0,14	2,08±0,08	0,32±0,05	13,44	st
16	2,34±0,03	2,01±0,18	0,33±0,15	14,17	st
17	1,95±0,18	1,61±0,10	0,34±0,08	17,74	st
18	1,9±0,42	1,55±0,35	0,35±0,06	18,56	st
19	2,96±0,001	2,62±0,01	0,34±0,20	11,74	a
20	2,34±0,02	2,07±0,02	0,27±0,04	11,59	a
21	3,12±1,20	3,12±1,20	---	---	a
22	2,25±0,23	2,25±0,23	---	---	a
23	2,22±0,25	2,22±0,25	---	---	a
24	2,16±0,50	2,16±0,50	---	---	a
25	3,26±0,67	2,32±0,31	0,94±0,10	28,96	sm (XY)

Discusión y conclusiones

El género *Oligosarcus* se caracteriza por tener un número cromosómico constante

de $2n = 50$, salvo raras ocasiones donde se individuos con cromosomas supernumerarios ($2n = 50 + 1$). Sin embargo, a pesar de esa constancia en el número cromosómico, el género exhibe una gran variabilidad cariotípica entre sus taxones, incluso entre individuos de la misma especie que se especifican en la Tabla 2. Por ejemplo, en *O. argenteus* se presentan 3 fórmulas cariotípicas con cromosomas m con número constante (6) y el resto de los tipos cromosómicos varía en número de 2-4 cromosomas, *O. hepsetus* con 2 fórmulas y donde los cromosomas que se mantienen constantes son los a en número de 16, *O. longirostris* donde varía el número en todas las categorías cromosómicas, *O. pranensis* con 3 fórmulas con muy variable número entre los distintos tipos de cromosomas, *O. pintoii* con 4 fórmulas cariotípicas donde la mayoría de las veces tiene 4m y los cromosomas a varían entre 16 y 20, finalmente *O. solitarius* también mayormente con 4m y las categorías restantes muy variables. En el caso de *O. jenynsii* existen antecedentes de 2 fórmulas cariotípicas: $6m + 22sm + 6st + 16a$ y $2m + 24sm + 10st + 14a$. Nuestros resultados no son coincidentes en cuanto a las fórmulas cariotípicas reportadas hasta el momento para *O. jenynsii*, aunque es coincidente con la primera en

cuanto 6m y en que la mayoría de los cromosomas son sm (20 cromosomas). Algunos autores postulan que el amplio rango de variación en las fórmulas de los cariotipos se debe a re-arreglos no Robertsonianos tales como inversiones y traslocaciones (Kavalco et al., 2005; Rubert y Margarido, 2007; Shuheii et al., 2007). Análisis citogenéticos que incluyeron técnicas de bandeo cromosómico C y bandeos NOR revelaron que hay diferencias entre la distribución de la heterocromatina entre las diferentes especies, entre estas diferencias se encuentran regiones ricas en C-G que parece ser una característica común entre individuos de la familia Characidae (Kavalco et al., 2005; Rubert y Margarido, 2007; Shuheii et al., 2007). Estudios moleculares en *Oligosarcus* con el marcador molecular *COI* llevados a cabo por Mari-Ribeiro et al. (2022) pusieron de manifiesto que existen diferentes haplotipos para este fragmento, algunos de ellos compartidos por diferentes especies. Para *O. jenynsii* se observaron los números más altos, pudiendo distinguir 7 haplotipos. El análisis de las características genéticas de *O. jenynsii* con estas técnicas más avanzadas en la cuenca Salí-Dulce podrían ayudar a esclarecer las diferencias observadas en esta especie y otros taxones dentro del

género. No obstante, Mari-Ribeiro et al. (2022) mencionaron que muchas de estas variaciones se pueden deber a malas determinaciones de los ejemplares analizados.

Tabla 2: comparación de fórmulas cariotípicas de distintas especies de *Oligosarcus*. Se especifica la cuenca y el río donde fueron colectados los especímenes muestreados.

Especie	Lugar de recolección	Cuenca hidrográfica	2n	Fórmula cariotípica
<i>Oligosarcus argenteus</i>	Casca River-MG Coimbra-MG	Cuenca de Sao Francisco	50	6m+14sm +18 +12a 88
	Ponte Nova-MG			6m+12sm +20 +12a
	Vicosa-MG			6m+14sm +16 +14a
<i>Oligosarcus hepsetus</i>	Ipiranga River-SP	Cuenca de Paraná	50	2m+26sm +4s
	Jacui Stream-SP			6m+10sm +16 +18a
	Ribeirão Grande Stream-SP			6m+12sm +14 +18a
	Santo Antônio Stream-SP			4m+12sm +16 +18a
	Paraiíba do Sul River-SP			2m+16sm +16 +16a
<i>Oligosarcus jenynsii</i>	Doce River Valley-MG	Cuenca de Sao Francisco	50	6m+22sm +6s
	Ipiranga River-SP	Cuenca de Paraná		
	Uruguay River-SC	Cuenca de Uruguay	50	2m+24sm +10 +14a
	Arroyo Los Perez	Cuenca Salí-Dulce	50	6m+20sm+12s
<i>Oligosarcus longirostris</i>	Iguacú River-PR	Cuenca de Paraná	50	4m+10sm +16 +20a 2m+20sm +10 +18a



<i>Oligosarcus macrolepis</i>	Turvo River-MG	Cuenca de Sao Francisco	50	8m+20sm +6st +16a
<i>Oligosarcus paranensis</i>	Turvo River-MG	Cuenca de Paraná	50	4m+10sm +16st +20a
	Tre's Bocas Stream-PR			8m+18sm +10st +14a
	Quexada River-PR			6m+10sm +16st +18a
<i>Oligosarcus pintoii</i>	Mogi-Guacu River-SP	Cuenca de Paraná	50	4m+20sm +10st +16a
	Tunas River-PR			4m+10sm +16st +20a
	Mogi-Guacu River-SP			2m+20sm +12st +16a
	Keller River-P		50+1	4m+12sm +14st +20a+1
<i>Oligosarcus solitarius</i>	Aguape' Lake-MG	Cuenca de Sao Francisco	50	4m+14sm +16st +16a
	Almecega Lake-MG		50	4m+14sm +14st +18a
	Cure Lake-MG		50	4m+14sm +20st +12a
	Fortancia Lake-MG		50	4m+14sm +18st +14a

Referencias

Catalogue of life: annual checklist (2013).

Falcão J., y Bertollo L. (1985).

Chromosome characterization in Acestorhynchinae and Cynopotaminae (Pisces, Characidae). *Journal of Fish Biology* 34: 45-55.

Kavalco K. F., Pazza R., Bertollo L., y Moreira-Filho O. (2005). Molecular cytogenetics of *Oligosarcus hepsetus* (Teleostei, Characiformes) from two Brazilian locations. *Genetica* 124: 85-91.

Levan A., Fredga K., Y Sandberg A. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52:201220.

Mari-Ribeiro I., Scorsim B., de Oliveira A. V., y de Brito Portela-Castro A. L. (2022). Cytogenetic and molecular

characterization of *Oligosarcus pintoii* (Characidae): a new record of supernumerary chromosome in this species. *EvoFish* 19: 71-80.

Mirande J. M., Aguilera G., y Azpelicueta M. (2011). A threatened new species of *Oligosarcus* and its phylogenetic relationships, with comments on *Astyanacinus* (Teleostei: Characidae). *Zootaxa* 2994: 1-20.

Reeves, A. (2001). MicroMeasure: A new computer program for the collection and analysis of cytogenetic data. *Genome* 44: 439-443.

Romero Zarco C. (1986). A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon* 35: 526-530.

Rubert M., y Pavan Margarido V. (2007). Cytogenetic studies in three species of the genus *Oligosarcus*. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 127-135.

Shuhei Hattori R., Zambelli D., y Almeida-Toledo L. (2007). Karyotype characterization and gene mapping of 5S and 18S rDNA in three species of *Oligosarcus* (Teleostei: Characidae). *Caryologia* 60: 372-378.

Silva, S. H., Meurer, S., y Zaniboni Filho, E. (2008). Biología alimentar e reprodutiva do peixe-cachorro (*Oligosarcus Jenynsii* Günther, 1864) na região do alto rio Uruguai – Brasil. *Acta Scientiarum: Biological Sciences* 26: 175-179.

ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS COMO BIOINDICADORES DE
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DEL RESIDUO
AGRÍCOLA DE COSECHA (RAC) DE LA CAÑA DE AZÚCAR



32) Medio Ambiente y contaminación ambiental

ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS COMO BIOINDICADORES DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DEL RESIDUO AGRÍCOLA DE COSECHA (RAC) DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Autor: Ludueña, Lucrecia Carolina; lluduena@eeaoc.org.ar

Co-autor(es): Fernández de Ullivarri, Juan; jullivarri@eeaoc.org.ar ; Romero, Eduardo Raúl; erromero@eeaoc.org.ar; Digonzelli, Patricia Andrea; pdigonzelli@eeaoc.org.ar

Profesor/a guía: Tortora, Maria Laura; ltortora@eeaoc.org.ar

Universidad Nacional de Tucumán

Resumen

Actualmente, la industria azucarera mundial está reemplazando la quema del cañaveral previa a la cosecha, por el sistema de cosecha en verde. Esta práctica constituye una alternativa de producción sustentable, reconocida por sus múltiples beneficios. En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes sistemas de manejo de RAC: (a) RAC como cobertura (RC), b) RAC incorporado (RI) y c) RAC quemado pos-cosecha (RQ) sobre algunas actividades enzimáticas del suelo: actividad enzimática total (FDA), nitrato reductasa (NR) y fenoloxidasa (PO). La perturbación del sistema por la cosecha, quema o incorporación del residuo produjo modificaciones en las actividades enzimáticas FDA y NR del suelo. Si bien, éstos indicadores biológicos presentaron variaciones según la fecha de muestreo, para todos los tiempos evaluados se observó que la quema del residuo (RQ) disminuyó significativamente los valores de FDA y NR, en comparación con los sistemas

conservacionistas RC y RI. La quema del RAC luego de la cosecha afectó también la actividad fenoloxidasa (PO) en comparación con los tratamientos RC y RI. Este indicador biológico, a diferencia de las otras actividades enzimáticas estudiadas, no varió según la época del año en que se realizó el muestreo, por lo que podría ser un parámetro relevante al evaluar la transformación de los compuestos orgánicos que se liberan durante el proceso de descomposición del RAC. La conservación del RAC como cobertura o su incorporación favorecen la funcionalidad microbiológica del suelo mientras que la quema del residuo la afecta negativamente. Las actividades FDA, NR y PO serían bioindicadores sensibles que permiten evaluar, en forma temprana, modificaciones en la funcionalidad del suelo y la perturbación del sistema ocasionada por diferentes prácticas de manejo.

Palabras clave: sustentabilidad, bioindicador, sistemas conservacionistas.

Introducción

La producción de caña de azúcar principalmente para la elaboración de azúcar y obtención de energía es la actividad agroindustrial de mayor importancia económica y social del Noroeste Argentino, y se concentra en tres provincias de esta región: Tucumán, Salta y Jujuy. La provincia de Tucumán es la principal productora de caña de azúcar y de azúcar de Argentina, con una superficie cosechable de 269.400 ha (Fandos *et al.*, 2022) (Figura 1).

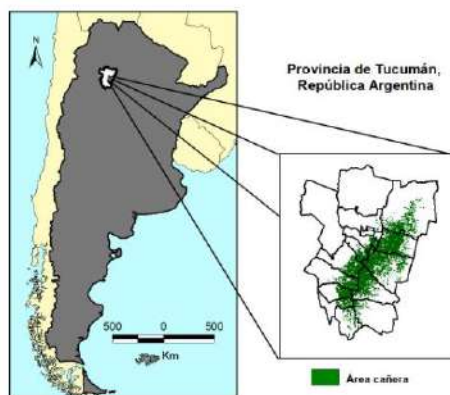


Figura 1. Área cultivada con caña de azúcar en la provincia de Tucumán, Argentina, 2022.

Durante los últimos años, la creciente necesidad de implementar sistemas agrícolas sustentables y amigables

con el medio ambiente en el manejo de los campos de caña de azúcar ha llevado a la eliminación de la quema de los cañaverales como práctica asociada a la cosecha. La cosecha sin quema se conoce como cosecha de caña verde. Durante esta práctica se depositan sobre la superficie del suelo grandes cantidades de residuo agrícola de cosecha (RAC), constituido por restos de hojas y despuntes. Para las condiciones de Tucumán, la cantidad de RAC que se genera ha sido estimada entre 7 y 18 t de materia seca/ha (Romero *et al.*, 2009; Digonzelli *et al.*, 2016). La quema, tanto del cañaveral en pie como del RAC luego de la cosecha, es una práctica que se encuentra prohibida por leyes nacionales y provinciales ya que ocasiona numerosos problemas. Entre ellos, deteriora el medio ambiente, impide el retorno de materia orgánica al suelo, produce pérdidas significativas de azúcar y afecta la salud de las personas que viven cerca de los cañaverales. Existen alternativas para manejar el RAC que se genera luego de la cosecha en verde del cañaveral y comprenden a) la conservación sobre el suelo como cobertura (“mulching”), b) la incorporación del residuo agrícola en los primeros centímetros del perfil de suelo y c)

su enfardado y retiro parcial o total del campo (Figura 2). Eliminar el RAC del suelo después de la cosecha puede ser recomendable en zonas con altas precipitaciones o donde existe la influencia de una capa freática cercana a la superficie del suelo.



Figura 2. Alternativas para el manejo del RAC: a) conservación sobre la superficie del suelo, b) enfardado en el campo y c) incorporación en el suelo.

En Tucumán, el 90% de la caña de azúcar se cultiva en secano y, en general, durante la brotación y el macollaje la disponibilidad hídrica es insuficiente para satisfacer los requerimientos del cañaveral. Por este motivo, en una gran parte del área cañera tucumana la conservación del RAC es una práctica que favorece a la productividad (Digonzelli *et al.*, 2011b; Fernández de Ullivarri *et al.*, 2017). En este sentido, nuestro grupo de trabajo ha realizado numerosos estudios que

demuestran que la conservación del RAC sobre la superficie del suelo aporta materia orgánica y mejora su estabilidad estructural, favorece la conservación de la humedad, disminuye la evaporación y mejora la infiltración del agua, reduce la erosión y la temperatura del suelo en los primeros centímetros del perfil, permite el reciclado de nutrientes y favorece la actividad y el desarrollo de la microflora benéfica (Digonzelli *et al.*, 2011a; Tortora *et al.*, 2013, Digonzelli *et al.*, 2016). La evolución de la flora microbiana constituye uno de los parámetros críticos a tener en cuenta al evaluar la calidad del suelo, debido a que la actividad biológica contribuye al mantenimiento de su fertilidad y funcionalidad. Actualmente existen investigaciones destinadas a caracterizar las poblaciones microbianas de los suelos agrícolas y, en particular, a estudiar el efecto que las distintas prácticas agrícolas ejercen sobre su estructura y funcionalidad (Ding *et al.*, 2013). A pesar de la importancia que tienen los parámetros biológicos como indicadores tempranos de la calidad y salud del suelo, hasta el momento existen muy pocas investigaciones locales que demuestren cual es el efecto de las diferentes prácticas de manejo de RAC

sobre la funcionalidad de la microflora del suelo. Teniendo en cuenta estas consideraciones, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de manejo del RAC sobre algunas actividades enzimáticas del suelo a diferentes tiempos luego de cosecha en verde del cañaveral.

Materiales y Métodos

Descripción del ensayo

Las evaluaciones se realizaron en un ensayo implantado en agosto del 2011 en la finca El Potrero, perteneciente a la empresa Bulacio Argenti SA, ubicada en el departamento Simoca, en la región de la Llanura Deprimida Salina de la Provincia de Tucumán (Figura 3).

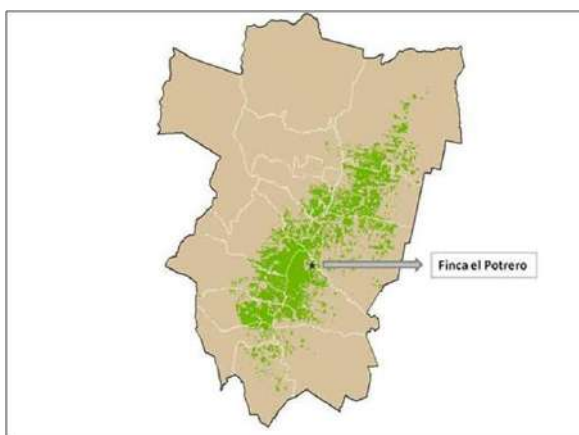


Figura 3. Ubicación de la finca El Potrero en el mapa de la Provincia de Tucumán, donde se colorea en verde el área de producción

de caña de azúcar.

El área se caracteriza por la presencia de una capa freática de tenor salino que fluctúa durante el año. Posee un mesoclima seco sub-húmedo cálido con una temperatura media anual de 19,5°C. La precipitación media anual disminuye desde 900 mm al suroeste hasta 650 mm en el este y el número de meses con deficiencia hídrica crece en el mismo sentido de 5 a 9, lo cual constituye una limitación climática para la caña de azúcar. Los suelos son de origen aluvial y heterogéneos en sus características texturales (Sanzano y Fadda, 2009). La finca El Potrero cuenta con un sistema de drenajes que controlan el nivel de la capa freática. Se trabajó con la variedad LCP 85-384, por ser actualmente la más cultivada en Tucumán (Aybar Guchea *et al.*, 2020). El lote se cosechó sin quemar con una máquina integral con despuntador múltiple y los tratamientos evaluados fueron los siguientes: a) mantenimiento del RAC como cobertura sobre el suelo (RC), b) eliminación del RAC mediante quema poscosecha (RQ), y c) incorporación del RAC en los primeros centímetros del perfil (RI) mediante un equipo de cuatro paquetes de discos. (Figura 4).



Figura 4. Aspecto de las parcelas correspondientes a los diferentes tratamientos del ensayo.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con tres repeticiones por cada tratamiento. Cada parcela experimental estuvo conformada por cinco surcos de 10 m de longitud y las evaluaciones del presente trabajo se realizaron a partir de la edad de soca 7, es decir, que las parcelas se mantuvieron 6 años bajo los diferentes tratamientos antes del muestreo. La cosecha del cañaveral se realizó el 07 de agosto de 2018 y la quema del RAC de las parcelas RQ se realizó el 13 de agosto de 2018. A diferentes tiempos se tomaron muestras de la porción de suelo próxima a las raíces (0-10 cm) ubicadas en diferentes lugares de cada parcela (dos muestras/parcela). Las muestras obtenidas se conservaron a 4°C hasta su

procesamiento en el laboratorio.

1. Determinación de la actividad enzimática total

Se utilizó la técnica del diacetato de fluoresceína (FDA). Esta se basa en la hidrólisis del FDA por diferentes enzimas microbianas tales como proteasas, lipasas y esterasas extracelulares o unidas a membrana. El producto de la reacción enzimática es la fluoresceína, cuya cantidad puede determinarse por medición de la absorbancia a 490 nm (A_{490}) utilizando un espectrofotómetro (Green *et al.*, 2006). Para las muestras de suelo, la reacción de hidrólisis de FDA se determinó por duplicado según el método de Adam y Duncan (2000). Para ello, se pesaron 2 g de suelo en un tubo de centrifuga de 50 ml. Luego, se agregaron 15 ml de buffer fosfato de potasio 60 mM, pH 7,6 y 0,2 ml del reactivo FDA 1000 $\mu\text{g/ml}$ (Sigma Aldrich, USA). La mezcla se incubó a 30°C durante 20 min, luego se detuvo la reacción con una mezcla de cloroformo: metanol (2:1 v/v) y se procedió a centrifugar las muestras a 4000 rpm durante 5 min. Como control se utilizó la mezcla de reacción sin suelo. La fluoresceína liberada por acción enzimática, se cuantificó en el sobrenadante por

medición de la A_{490} utilizando un espectrofotómetro (Figura 5).

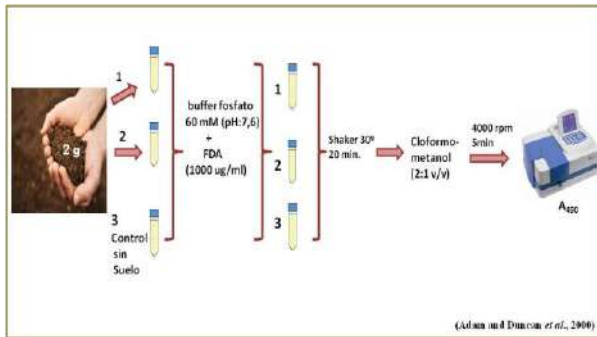


Figura 5. Esquema del procedimiento utilizado para cuantificar la actividad enzimática total por hidrólisis del diacetato de fluoresceína (FDA).

Para obtener la concentración de la fluoresceína liberada en cada muestra de suelo se realizó una curva de calibración utilizando una solución concentrada de fluoresceína sódica (Sigma Aldrich, USA). Para ello, se prepararon soluciones de concentración conocida; 0,3; 0,65; 1,25; 2,5 y 5 µg/ml de fluoresceína sódica a partir de una solución stock de 20 µg/ml. Los datos obtenidos se graficaron como absorbancia en función de la concentración (Tabla 1).

Tabla 1. Cuantificación de la fluoresceína. Preparación de las soluciones de trabajo para la obtención de la curva de calibración.

Concentración (µg/ml)	H ₂ O destilada (ml)	Sol. stock fluoresceína 20 µg/ml (ml)	Vol. final (ml)
0,3	3,94	0,06	4
0,65	3,87	0,13	4
1,25	3,75	0,25	4
2,5	3,5	0,5	4
5	3	1	4
Blanco	4	0	4

2. Actividad nitrato reductasa (NR)

Para la cuantificación de la actividad NR en las muestras de suelo de los diferentes tratamientos, se utilizó la técnica descrita por Kandeler (1996). Brevemente, la técnica consiste en la utilización de KNO_3 como sustrato de la enzima, el cual es convertido en nitrito (NO_2^-) por acción de las NR, luego de la incubación de las muestras. Los nitritos liberados se extraen con una solución de KCl 4 M y se cuantifican por espectrofotometría a 520 nm (A_{520}). Para la cuantificación de la actividad de la enzima NR en las muestras, se pesaron 5 g de suelo y se depositaron en un tubo centrifuga tipo falcón de 50 ml. A cada tubo se le agregó una mezcla de 4 ml de 2,4 dinitrofenol 0,9 mM, 1 ml de solución KNO_3 25 mM y 5 ml de agua destilada. Dos de los tubos se incubaron a 25°C y uno a -20°C (control) durante 24 h. Después de la incubación, se descongeló el tubo control a temperatura ambiente. A cada tubo se le

agregó 10 ml de una solución de KCl 4 M, se mezcló manualmente y se centrifugaron las muestras a 4000 rpm, durante 5 min a temperatura ambiente. Luego, se tomaron 5 ml del filtrado que se mezclaron con 3 ml de buffer NH₄Cl 0,19 M, (pH 8,5) y 2 ml de reactivo de color (2 g de sulfanilamida, 0,1 N-(1 naftil) etilendiamina HCl (98 % v/v) en 150 ml de agua destilada y 20 ml H₃PO₄ (85 % (v/v)). La mezcla se incubó durante 15 min a temperatura ambiente y se midió absorbancia a A₅₄₀ (figura 6).

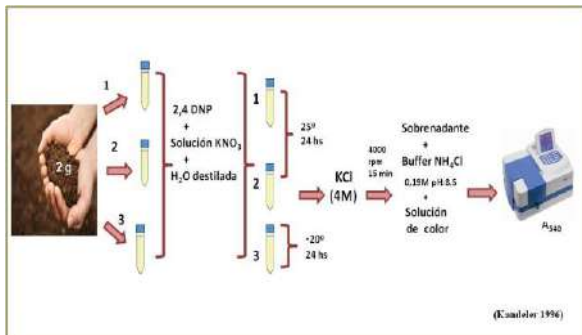


Figura 6. Esquema del procedimiento para la determinación de la actividad de la enzima NR.

Para la cuantificación de los nitritos liberados en cada muestra, se realizó una curva de calibración utilizando nitrito de sodio (NaNO₂) puro como estándar (Biopack). Para ello, se prepararon soluciones de concentración conocida; 0; 0,2; 0,4; 0,8 y 1 µg/ml, a partir de una

solución de trabajo de 10 µg/ml. Los datos obtenidos fueron graficados como absorbancia en función de la concentración (tabla 2).

Tabla 2. Preparación de las soluciones de trabajo para la obtención de la curva de calibración para realizar la cuantificación de NaNO₂.

Concentración (µg/ml)	H ₂ O destilada (ml)	Sol. NaNO ₂ 10 µg/ml (ml)	Sol. KCl 4M (ml)	Vol. final (ml)
0,2	48	2	50	100
0,4	46	4	50	100
0,8	42	8	50	100
1	40	10	50	100
Blanco	50	0	50	100

La cantidad de NO₂⁻ liberado para cada muestra (µg) se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\mu\text{g} = \frac{(S-C) \times 20 \times 100}{5 \times 5 \times \% \text{ dm}}$$

S: µg NO₂⁻ liberado promedio de las muestras

C: µg NO₂⁻ liberado promedio del control

20: volumen del extracto (ml)

5: volumen del filtrado

5: peso inicial del suelo (g)

100/%dm: factor de materia seca del suelo.

3. Actividad de las fenol oxidasas (PO)

Los compuestos fenólicos son productos intermediarios en las vías de transformación de diferentes residuos de cultivos agrícolas. Estos compuestos constituyen sustratos adecuados para las fenolasas y peroxidasas producidas por la microflora del suelo. La cuantificación de la actividad de las fenol oxidasas (PO) se basa en la determinación espectrofotométrica de un compuesto de color rojo (4- (N-prolina) -o-benzoquinona) producido a partir de la oxidación enzimática de catecol en presencia de prolina, según la técnica descrita por Perucci (2000). Para la cuantificación de las fenol oxidasas de las muestras, se preparó una solución reactivo compuesta por buffer fosfato de potasio 0,1 M (pH 6,5), catecol 0,2 M y prolina 0,2 M, esta mezcla se oxigenó durante 3 min agitando manualmente y se incubó durante 10 min a 30°C. Una vez preparada la solución, se pesó 1 g de suelo fresco correspondiente a cada tratamiento y se le adicionó 3 ml de la solución reactivo la cual se obtuvo mezclando 1,5 ml de solución de catecol con 1,5 ml de solución de prolina y 2 ml de buffer fosfato de potasio 0,1 M, pH 6,5. La mezcla se incubó durante 10 min a 30°C y la reacción se detuvo enfriando en

un baño de hielo y agregando 5 ml de EtOH absoluto. La mezcla se centrifugó a 5000 rpm a 4°C, durante 5 min. La absorbancia del sobrenadante se midió a 525 nm (A_{525}). Como controles se utilizaron mezclas de reacción sin suelo y sin catecol (figura 7).

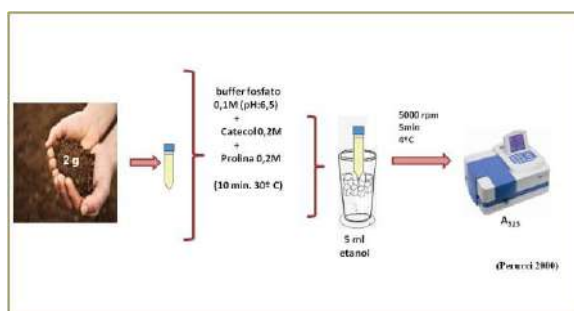


Figura 7. Esquema del procedimiento utilizado para evaluar la actividad de las enzimas fenol oxidasas (PO) de las muestras de suelo, a partir de la oxidación enzimática de catecol en presencia de prolina.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente mediante el análisis de la varianza (ANOVA) y la Prueba de las Mínimas Diferencias Significativas (LSD) con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2014) para Windows.

Resultados y Discusión

Actividad enzimática total (FDA)

La actividad FDA es uno de los indicadores biológicos más usados para evaluar la calidad y la salud de los suelos (Doran *et al.*, 1994). Esto se debe a que refleja el estado en el que se encuentran las poblaciones microbianas y su relación con la biología del suelo, la producción de biomasa, la degradación de contaminantes y la conservación del ecosistema (Doran, 2002; Gianfreda and Ruggiero, 2006). Los resultados mostraron que, en todos los casos, la actividad FDA aumentó en los meses de temperaturas más cálidas (noviembre a marzo), y disminuyó en los meses de temperaturas más bajas (junio a octubre) aunque las diferencias fueron significativas sólo para el tratamiento RC (datos no mostrados). Esta variación estacional de la actividad FDA para las tres condiciones de manejo del residuo analizadas, coincide con varios trabajos que afirman que los cambios estacionales en la humedad, temperatura y pH impactan tanto sobre la biomasa microbiana como sobre la actividad enzimática edáfica (Ouro *et al.*, 2001; Mendham *et al.*, 2002; Boerner *et al.*, 2005; Smithwick *et al.*, 2005). Entre los

microorganismos responsables de la actividad FDA del suelo están los aerobios mesófilos totales, hongos, levaduras y bacterias del género *Pseudomonas* (Alkorta *et al.*, 2003). En trabajos previos se demostró que las bajas temperaturas disminuyen la viabilidad de estos grupos de microorganismos, principalmente cuando el RAC se deja como cobertura (Tortora *et al.*, 2013). Por otro lado, al analizar el efecto de los diferentes sistemas de manejo de RAC sobre la actividad FDA (figura 8), se observó que después de la cosecha (flecha azul, figura 8) y quema (flecha roja, figura 8) del cañaveral, las parcelas RC y RI presentaron valores significativamente mayores a los observados en las parcelas RQ. En este caso la quema del RAC en las parcelas RQ, afectó negativamente la actividad FDA para todos los tiempos evaluados.

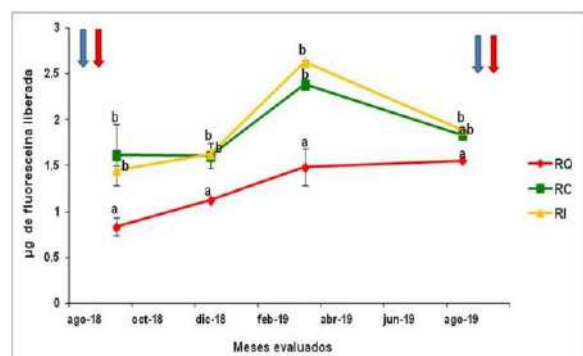


Figura 8. Cuantificación de la actividad enzimática total (FDA) en muestras de suelo



bajo diferentes sistemas de manejo de RAC. La flecha azul indica el momento de la cosecha y la flecha roja indica el momento de la quema para las parcelas RQ. Valores de FDA con diferentes letras son estadísticamente diferentes (prueba de LSD $p \leq 0,10$). Tucumán, 2018-2019.

La mayor actividad enzimática total por hidrólisis de FDA que se observó en los tratamientos RC y RI podría explicarse, al considerar que existe una mayor disponibilidad de nutrientes para los microorganismos del suelo. De acuerdo a esto, en diferentes trabajos se ha descrito que la actividad agrícola conservacionista, con prácticas de labranza mínima y siembra directa, favorece la colonización y desarrollo de diferentes comunidades microbianas (Bending, 2002; Acosta-Martínez *et al.*, 2003).

Actividad nitrato reductasa (NR)

La NR cataliza la reducción de nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) y es la primera enzima involucrada en el proceso de desnitrificación del suelo. Su actividad es muy sensible a las prácticas agrícolas, al pH del suelo y a las condiciones climáticas, por lo que este parámetro se utiliza como bioindicador de la calidad y salud de los

suelos agrícolas (Singh and Kumar, 2008). Los resultados obtenidos al analizar la actividad NR, fueron similares a los descritos anteriormente. Inmediatamente después de la cosecha (flecha azul, figura 9) y quema (flecha roja, figura 9) del cañaveral, la actividad NR en las parcelas RC y RI presentó valores significativamente más altos que los observados en RQ (figura 9). A medida que transcurre el tiempo hacia los meses de temperaturas más cálidas (diciembre 2018), los tratamientos presentaron un aumento en la actividad NR, con diferencias significativas solo entre RI y RQ. La actividad NR del suelo correspondiente a los tratamientos RQ permaneció, en general, con valores menores en comparación con las parcelas RC y RI, siendo estas diferencias estadísticamente significativas entre RI y RQ, prácticamente en todas las fechas de evaluación.

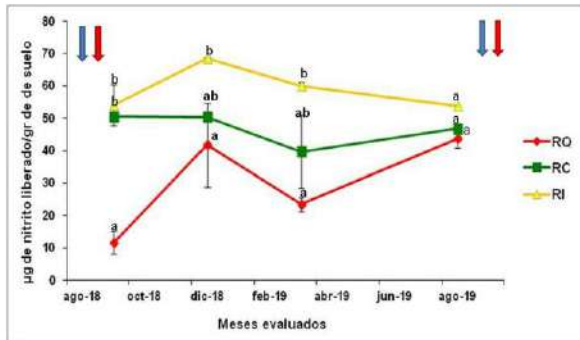


Figura 9. Cuantificación de la actividad NR en muestras de suelo bajo diferentes sistemas de manejo de RAC. La flecha azul indica el momento de la cosecha y la flecha roja indica el momento de la quema para las parcelas RQ. Valores de NR con diferentes letras son estadísticamente diferentes (prueba de LSD fisher $p \leq 0,10$). Tucumán, 2018-2019.

Nuestros resultados coinciden con los reportados por Rachid *et al.*, (2012), quienes demostraron que la quema del RAC afecta significativamente a la estructura de las poblaciones microbianas que participan en el ciclo del nitrógeno (N), como las bacterias oxidantes de amoníaco y las denitrificantes. En este caso, al haber mayor actividad NR en los suelos para los tratamientos RC y RI, se estaría liberando más N a la atmósfera, lo cual podría estar asociado a la mayor cantidad de nitratos disponibles provenientes del RAC. A su vez,

esta mayor cantidad de nitratos presentes, provenientes del residuo en descomposición podría compensar las pérdidas de N debidas a la denitrificación. Según lo reportado por Basanta *et al.*, (2003), Thorburn *et al.*, (2004) y Digonzelli *et al.*, (2011a), la relación C/N del RAC de la caña de azúcar es alta, pero decrece significativamente hacia el final del ciclo agrícola evidenciando el proceso de descomposición del residuo. Después de la cosecha en verde hasta finalizar el ciclo del cultivo, retornan con el RAC cantidades variables de N al agroecosistema que, en el mediano plazo, podrían tener implicancias en la nutrición del cultivo y en la modificación de las dosis de fertilizantes que deben ser aportadas al sistema productivo.

Actividad fenol oxidasas (PO)

Durante el proceso de descomposición del RAC, se liberan compuestos fenólicos como el ácido benzoico y sus derivados (Núñez *et al.*, 2015). Estos compuestos son oxidados y polimerizados por los microorganismos presentes en los suelos mediante un sistema enzimático en el que participan las fenoloxidasas (PO) (Huang *et al.*, 1999). En el presente estudio, se analizó la actividad

de las enzimas PO en muestras de suelo que se encontraban bajo los tres sistemas de manejo del residuo (RC, RI y RQ). Tanto para el primer muestreo realizado después de la cosecha (flecha azul, figura 10) y quema del cañaveral (flecha roja, figura 10) como para todos los muestreos posteriores, se observó que los valores de PO en RQ fueron significativamente menores respecto a RC y RI, y a diferencia de las otras actividades enzimáticas evaluadas, esta actividad no varió según la época del año en que se realizó el muestreo.

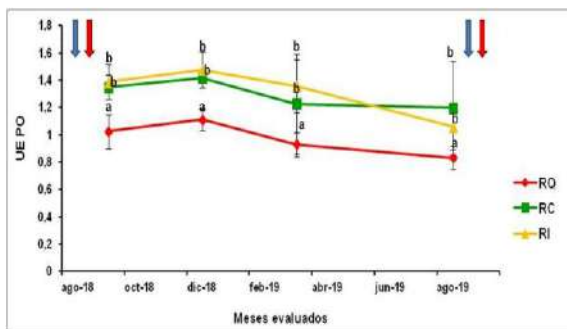


Figura 10. Cuantificación de la actividad PO en muestras de suelo bajo diferentes sistemas de manejo de RAC. La flecha azul indica el momento de la cosecha y la flecha roja indica el momento de la quema para las parcelas RQ. Valores de PO con diferentes letras son estadísticamente diferentes (prueba de LSD fisher $p \leq 0,10$). Tucumán, 2018-2019.

Nuestros resultados coinciden con los

reportados por Sinsabaugh *et al.*, (1992, 1993) y Floch *et al.*, (2007) quienes demostraron que uno de los efectos más evidentes después de la quema, es la desaparición de la cubierta vegetal del suelo que, a menudo, modifica la materia orgánica (MO) y las estructuras de las diferentes comunidades microbianas. Estas modificaciones, pueden ser detectadas por la cuantificación de algunas actividades enzimáticas como la PO, considerada como un indicador de la calidad del suelo (Sinsabaugh, 2010) debido a su dependencia directa con la dinámica de la microbiota y su sensibilidad al manejo agronómico aplicado al suelo.

Conclusiones

Según los resultados obtenidos, podemos concluir que las actividades enzimáticas del suelo que se evaluaron en este trabajo responden rápidamente a cambios introducidos en el sistema debido a diferentes prácticas de manejo del RAC constituyendo, por lo tanto, adecuados indicadores biológicos. Los sistemas de manejo conservacionistas como RC y RI, favorecen la sustentabilidad de los agroecosistemas, mediante la mejora de la calidad del suelo, favoreciendo su



funcionalidad e incrementando las actividades de las poblaciones microbianas, mientras que la quema del residuo (RQ) las afecta negativamente y de manera irreversible.

Bibliografía

Acosta-Martínez V., Zobeck T.M., Gill T.E., Kennedy A.C. (2003). Enzyme activities and microbial community structure in semiarid agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils* 38: 216-227.

Adam G., Duncan H. (2000). Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 943-951.

Alkorta I., Aizpurua A., Riga P., Albizu I., Amézaga I., Garbisu C. (2003). Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Environmental Health* 18 (1): 65-73.

Aybar Guchea M., Ostengo S., Espinosa M.A., Díaz J., Chavanne E., Costilla D., Cuenya M.I. (2020). Relevamiento de la distribución de variedades y de otras tecnologías aplicadas en el cultivo de la caña de azúcar en la provincia de Tucumán.

Campaña 2019/2020. Reporte agroindustrial 196: 3-11.

Basanta M.V., Dourado Neto D., Reichardt K., Bacchi O.O.S., Oliveira J.C.M., Trivelin P.C.O., Timm L.C., Tominaga T.T., Correchel T., Cássaro F.A.M., Pires L.F., Macedo J.R. (2003). Management effects on nitrogen recovery in a sugarcane crop grown in Brazil. *Geoderma* 116: 235-248.

Bending G.D., Turner M.K., Jones J.E. (2002). Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1073-1082.

Boerner R.E.J., Brinkman J.A., Smith A. (2005). Seasonal variations in enzyme activity and organic carbon in soil of a burned and unburned hardwood forest. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1419-1426.

Digonzelli P.A., Romero E.R., Alonso L.G.P., Fernández de Ullivarri J., Rojas Quinteros H., Scandaliaris J., Fajre S. (2011a). Assessing a sustainable sugar cane production system in Tucumán, Argentina. Part one: Sugar cane harvest residue (trash) decomposition dynamics. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán*. 88(1): 1-12.



Digonzelli P.A., Tonatto M.J., Romero E.R., Sanzano G.A., Fernández de Ullivarri J., Giardina J.A., Scandaliaris J. (2011b). Assessing a sustainable sugar cane production system in Tucumán, Argentina. Part II: soil water and thermal regime, stalks population dynamics and sugarcane production. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán*. 88 (2):1-10

Digonzelli, P. A.; Fernández de Ullivarri, J.; Medina, M.; Pérez Taboada, S., Rojas

Quinteros, H. y Leggio, M.F. (2016). Análisis de la descomposición del residuo de la cosecha en verde del cañaveral (RAC) en tres ensayos diferentes. XX Reunión Técnica Nacional de la Caña de Azúcar. Trabajo completo en CD: 5 pp. Tucumán, Argentina.

Digonzelli P.A., Fernández de Ullivarri J., Tortora M.L., Medina M., Leggio Neme M.F. (2016). Evaluación de la descomposición del residuo de la cosecha en verde de la caña de azúcar (RAC) en Tucumán, Argentina. En: 10° Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe ATALAC 2016, Veracruz, México.

Ding G., Piceno Y. M., Heuer H., Weinert N., Dohrmann A. B., Carrillo A., Andersen

G. L., Castellanos T., Tebbe C. C., Smalla K. (2013). Changes of soil bacterial diversity as a consequence of agricultural land use in a semiarid ecosystem. *PLOS*. 8:(3) 59497.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2014). InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: <http://www.infostat.com.ar>

Doran J.W. and Parkin T.B. (1994). Defining and Assessing Soil Quality. In: Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F, Stewart B.A. (Eds.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Soil Science Society of America Journal, Madison, pp. 3-21.

Doran J.W., Zeiss M.R. (2002). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3-11.

Fandos C., Scandaliaris P., Carreras Baldrés J. I., Soria F. J., Giardina J., Fernández de Ullivarri J., Romero E.R. (2022). Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2022 en Tucumán. *Rep. Agroind.* 217:6-13.

Fernández de Ullivarri, J.; M. F. Leggio



- Neme; M. L. Tortora; E. R. Romero y P. A. Digonzelli (2017).** Dinámica de la población de tallos, componentes del rendimiento cultural y producción de caña en diferentes sistemas de manejo del cañaveral en Tucumán, Argentina. *Rev. Agron. Noroeste Argent.* 37(1):9-17.
- Gianfreda L. and Ruggiero P. (2006).** Enzyme activities in soil. In: Nannipieri P., Smalla K. (Eds.). *Nucleic acids and proteins in soil. Series Soil Biology.* Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 257-311.
- Huang X. M., Huang H. B., Wang H.C. (2005).** Cell walls of loosening skin in post-veraison grape berries lose structural polysaccharides and calcium while accumulate structural proteins. *Scientia Horticulturae* 104: 249-263.
- Jain R.K., Kapur M., Labana S., Lal B., Sarma P.M., Bhattacharya D., Thakur I.S. (2005).** Microbial diversity: application of microorganisms for the biodegradation of xenobiotics. *Current Science* 89 (1): 10.
- Green V.S., Stott D.E., Diack M. (2006).** Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 693-701.
- Kandeler E. (1996).** Nitrification and Denitrification. In: Schinner F., Öhlinger R., Kandeler E., Margesin R. (Eds.). *Methods in Soil Biology.* Verlag Berlin Heidelberg, pp. 146-149.
- Mendham D.S., Sankaran K.V., O'Connell A.M., Grove T.S. (2002).** Eucalyptus globulus harvest residue management effects on soil carbon and microbial biomass at 1 and 5 years after plantation establishment. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1903-1912.
- Núñez M.A., Tortora M.L., Leggio Nemme M.F., Romero E.R., Digonzelli P. (2015).** Evaluación del efecto de extractos acuosos del residuo de cosecha de la caña de azúcar sobre el crecimiento del cultivo y el desarrollo de microorganismos benéficos, III Congreso Argentino de Microbiología Agrícola y Ambiental, Buenos Aires, Argentina. Poster B-20.
- Ouro G., Pérez-Batallón P., Merino A. (2001).** Effects of silvicultural practices on nutrients status in a *Pinus radiata* plantation: Nutrient export by tree removal and nutrients dynamics in decomposing logging residues. *Annual Forest of Science* 58: 411-422
- Perucci P., Casucci C., Dumontet S. (2000).** An improved method to evaluate the o-diphenol oxidase activity of soil. *Soil*



Biology and Biochemistry 32: 1927-1933.

Rachid C.A., Piresbc D.C.A., Leite H.L.C., Coutinhob R.S., Peixotoa A.S., Rosadoa J., Saltond J.A., Zanattae F.M., Mercantee G.A.R. (2016). Sugarcane trash levels in soil affects the fungi but not bacteria in a short-term field experiment. *Brazilian Journal of Microbiology* 47: 322-326.

Romero E.R., Scandaliaris P., Digonzelli P., Alonso L.G.P., Leggio Neme M.F., Giardina J.A., Casen S.D., Tonatto M.J., Fernández de Ullivarri J., Casen S.D., Alonso L.G.P. (2009). Effect of variety and cane yield on sugarcane potencial trash. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán*. 86(1): 9-13.

Sanzano G.A. y Fadda G.S. (2009). Características de los suelos para caña de azúcar: recomendaciones de manejo. En: Romero E. R.; P. A. Digonzelli and J. Scandaliaris (eds.), *Manual del Cañero*, EEAOC, Argentina, pp. 23-34.

Sinsabaugh, R.L., Antibus, R.K., Linkins, A.E., Rayburn, L., Repert, D., Weiland, T. (1992). Wood decomposition in a first order watershed: mass loss as a function of exoenzyme activity. *Soil Biology & Biochemistry* 24, 743–749.

Sinsabaugh, R.L., Antibus, R.K., Linkins,

A.E., McClaugherty, C.A., Rayburn, L., Weiland, T. (1993). Wood decomposition: nitrogen and phosphorus dynamics in relation to extracellular enzyme activity. *Ecology* 74, 1586–1593.

Sinsabaugh, R.L (2010). Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil. *Soil Biology & Biochemistry* 42 (2010) 391-404.

Singh D.K. and Kumar S. (2008). Nitrate reductase, arginine deaminase, urease and dehydrogenase activities in natural soil (ridges with forest) and in cotton soil after acetamiprid treatments. *Chemosphere* 71 (3): 412-418.

Smithwick E.H.A., Turner M.G., Metzger K., Balser T.C. (2005). Variation in NH_4^+ mineralization and microbial communities with stand age in lodgepole pine (*Pinus contorta*) forests, Yellowstone National Park (USA). *Soil Biology and Biochemistry* 37: 1546-1559.

Tortora M.L., Grellet Naval N., Vera L., Fernández de Ullivarri J., Digonzelli P.A., Romero E.R. (2013). Efecto del residuo agrícola de la cosecha en verde de la caña de azúcar en el desarrollo de microorganismos de importancia agrícola y



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

ambiental. Rev. Ind. Agric. de Tucumán.
90(1):61-68.

Thorburn P.J., Horan H.L. Biggs J.S. (2004). Nitrogen management following crop residue retention in sugarcane production. SuperSoil (2004): 3rd. www.regional.org.au/au/asssi/supersoil2004/s9/oral/index.htm.

Adsorventes naturais como aliados na remediação
de compartimentos ambientais

D.32. Meio ambiente e poluição ambiental

Adsorventes naturais como aliados na remediação de compartimentos ambientais

Autora: Rosa, Luana Maria Tavares; luanamtr@estudante.ufscar.br.

Co-autor(es): Belini, Gabriela Bertoni; gabibelini@hotmail.com; Yamaji, Fabio Minoru; fmyamaji@ufscar.br; Botero, Wander Gustavo; wanderbotero@gmail.com; Oliveira, Luciana Camargo; lcamargo@ufscar.br.

Orientadora: Oliveira, Luciana Camargo; lcamargo@ufscar.br.

Universidade Federal de São Carlos

Resumo

Ao longo dos anos, os danos ocasionados nos diferentes compartimentos ambientais têm se tornado cada vez mais evidentes, principalmente devido à presença de poluentes que não se degradam de forma química nem biológica. Por esta razão, a busca por resíduos que atuem como adsorventes naturais são de grande interesse, tendo em vista sua redução e reutilização, pois muitas vezes são descartados de forma inadequada e sem destinação específica. Assim, a valorização de resíduos, principalmente da área agroindustrial tem se tornado uma necessidade em um momento em que a sustentabilidade já está sendo uma obrigatoriedade para a manutenção das gerações presentes e futuras. Neste contexto, foi avaliada a utilização de diferentes resíduos naturais, como o resíduo da extração alcalina de matéria

orgânica natural, torta de filtro e serragem de eucalipto na adsorção de íons cádmio (Cd^{2+}) e chumbo (Pb^{2+}). Estes materiais foram inicialmente caracterizados quanto as concentrações prévias de metais totais, pH do ponto de carga zero, microscopia eletrônica de varredura com análise por espectroscopia de raios-X por dispersão em energia (EDS), análises espectroscópicas na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e análises termogravimétricas. Foi avaliada a capacidade adsortiva dos diferentes resíduos orgânicos naturais *in natura*, bem como a aplicação de biochars provenientes da pirólise destes resíduos, por íons Cd^{2+} e Pb^{2+} . Os diferentes resíduos analisados apresentaram características estruturais que proporcionaram uma elevada capacidade adsortiva, tornando-os uma alternativa promissora para a remoção de íons metálicos em ambientes impactados.

Palavras-chave: resíduos naturais, adsorção, metais potencialmente tóxicos.

Introdução

Na atualidade, um dos grandes desafios ambientais no cenário mundial está relacionado diretamente a mitigação de impactos nos diferentes compartimentos ambientais. Estes são ocasionados por uma série de fatores que estão muitas vezes atrelados ao contínuo avanço urbano-industrial (Fróna et al., 2019). Dentre estes fatores, a disposição inadequada de resíduos industriais, domésticos e agrícolas tem contribuído para a disponibilização de determinados contaminantes ao ambiente (Sadh et al., 2018).

Dentre os principais contaminantes encontrados no ambiente, os metais potencialmente tóxicos (MPT) se destacam, devido aos potenciais efeitos que sua mobilidade e disponibilidade podem ocasionar (Pratush et al., 2018). Quando disponíveis no ambiente em concentrações elevadas são capazes de desencadear uma série de alterações nas funções bioquímicas e fisiológicas tanto em plantas quanto em animais (Rahman & Singh, 2019).

Neste contexto, estudos de novos materiais e métodos que sejam capazes

de minimizar os impactos ambientais ocasionados pela presença e disposição inadequada de diferentes contaminantes no ambiente, são contínuos, para que a partir destes possam ocorrer avanços que possibilitem o desenvolvimento de alternativas cada vez mais eficientes.

Uma das alternativas promissoras em processos de remediação ambiental de áreas contaminadas por MPT, é a utilização de materiais adsorventes provenientes de resíduos orgânicos naturais como: palha de milho, casca de coco, casca de arroz, espiga de milho, serragem de madeira, semente de açaí, semente de jaca, palha de arroz, casca de amendoim, compostos de solos com elevado teor de matéria orgânica, dentre outros, que vêm ampliando os potenciais usos de diferentes resíduos naturais, proporcionando uma redução dos custos de obtenção e aplicação destes materiais (Amen et al., 2020; Jesus et al., 2011; Khadem et al., 2022; Semerjian, 2010; Shan et al., 2020; Shamsollahi & Partovinia, 2019; Tejada-Tovar et al., 2021).

De modo que, o desenvolvimento de pesquisas que visem aprofundar e valorizar a utilização de diferentes resíduos orgânicos naturais, os quais muitas vezes são dispostos inadequadamente no ambiente, são de

grande relevância, principalmente em um cenário cada vez mais impactado pelos contínuos avanços da contaminação ambiental (Awasthi et al., 2020; Czikkely et al., 2018; Yankovych et al., 2021).

Neste contexto, o presente estudo propõe caracterizar e investigar o potencial quelante de diferentes resíduos orgânicos naturais como aliados na remediação de diferentes compartimentos ambientais.

Objetivos

Relacionar a capacidade adsortiva de diferentes resíduos orgânicos naturais (resíduo da extração alcalina de matéria orgânica natural (MON), torta de filtro, serragem de eucalipto e seus respectivos biochars) por íons Cd^{2+} e Pb^{2+} , avaliando as diferenças estruturais presentes em cada material.

Materiais e métodos

Coleta e preparo das amostras

O resíduo da extração alcalina de matéria orgânica natural (MON) foi obtido a partir de amostras de solo com elevado teor de matéria orgânica (49,36%). As amostras de torta de filtro e serragem de eucalipto, foram obtidas em uma usina de cana-de-açúcar e uma serraria, respectivamente (Figura 1).

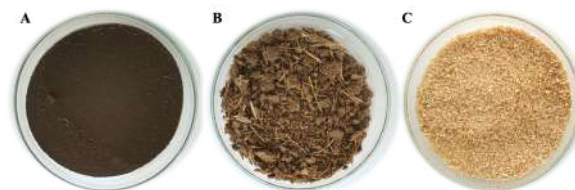


Figura 1. Amostras iniciais. (A) Solo; (B) Torta de filtro; (C) Serragem de eucalipto.

Para a obtenção do resíduo da extração alcalina de MON (RMON), foi realizada a extração das substâncias húmicas presentes em amostras de solo. A extração se baseia na utilização de uma solução extratora de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ em uma razão 1:10 solo/extrator sob atmosfera inerte de N_2 submetidos a agitação mecânica por 4 horas (Jesus et al., 2011; Swift, 1996). O resíduo obtido foi lavado abundantemente com água destilada para remoção da alcalinidade residual e submetido a secagem em estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ até atingir massa constante (Goveia et al., 2013; Wang & Xing, 2005). As amostras de torta de filtro (TF) foram secas ao ar e devidamente homogeneizadas. As amostras de serragem de eucalipto (SE) foram submetidas a secagem em estufa a $110 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 horas e peneiradas em malha de 2,0 mm (Boumanchar et al., 2017).

Obtenção do biochar

Após a coleta e homogeneização das amostras, parte das amostras de TF e SE



foram submetidas a um processo de pirólise. Os experimentos foram realizados em forno mufla (LF0612, Jung) com aquecimento a 450 °C a uma taxa de 5 °C min⁻¹ por um tempo de residência de 90 minutos (Jesus et al., 2019).

Caracterização das amostras

As amostras foram caracterizadas a partir da determinação prévia das concentrações de metais totais, pH do ponto de carga zero, microscopia eletrônica de varredura com análise por espectroscopia de raios-X por dispersão em energia (EDS), análises espectroscópicas na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e análises termogravimétricas (TG).

Determinação prévia das concentrações de metais totais

Amostras de RMON, TF e SE foram submetidas a digestão em forno de micro-ondas (Multiwave PRO, Anton Paar), a partir do método estabelecido EPA 3051A. Inicialmente as amostras previamente secas e homogeneizadas foram pesadas, aproximadamente 0,5 g, em triplicata, as quais foram adicionados 9 mL de HNO₃ 65% e 3 mL de HCl 37% e submetidas a aquecimento a 185 °C. Após a digestão, as amostras foram transferidas para balões volumétricos e avolumadas para

um volume final de 25 mL com água ultrapura (US EPA, 2019). A quantificação dos metais totais foi realizada por espectrometria de emissão atômica por plasma de micro-ondas (MP-AES 4200, Agilent Technologies).

pH do ponto de carga zero (pH_{pcz})

A determinação do pH_{pcz} teve por intuito avaliar a distribuição das cargas superficiais das amostras de RMON, TF e SE em função do pH. Uma massa de 150 mg de cada amostra foi inserida em 50 mL de solução de NaCl 0,1 mol L⁻¹, as quais tiveram seus valores de pH ajustados (2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 e 12,0) pela adição de HCl ou NaOH 0,1 mol L⁻¹, sendo realizada a medida final do pH após 24 horas (Vijayakumar et al., 2012).

Microscopia eletrônica de varredura com análise por espectroscopia de raios-X por dispersão em energia (EDS)

As estruturas morfológicas e elementares das amostras de RMON, TF e SE foram obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de raios-X por dispersão em energia (EDS). As micrografias foram obtidas em microscópio (TM 3000, Hitachi) com distância de trabalho de 10 mm e voltagem de 15 kV.



Espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A caracterização dos grupamentos químicos presentes nas diferentes amostras de RMON, TF, SE e os biochars obtidos pela pirólise das amostras de torta de filtro (BTF) e serragem de eucalipto (BSE) foram analisadas a partir das bandas de adsorção dos espectros na região do infravermelho.

Os espectros de absorção foram obtidos utilizando um espectrômetro Cary 630 FTIR (Agilent Technologies) equipado com um sistema de aquisição de dados. As leituras foram realizadas na região de 400 a 4000 cm^{-1} , pelo modo de transmissão com resolução de 4 cm^{-1} e 32 varreduras.

Análise Termogravimétrica (TG)

As análises termogravimétricas foram obtidas pela utilização do analisador termogravimétrico Pyris1 TGA (PerkinElmer). As amostras foram submetidas a uma taxa de aquecimento de 20 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até atingir 800 $^{\circ}\text{C}$, sob atmosfera de nitrogênio (fluxo de 20 mL min^{-1}).

Estudos de adsorção

A influência do tempo nas interações dos íons Cd^{2+} e Pb^{2+} nos diferentes resíduos orgânicos naturais e seus

biochars foi avaliada em soluções de 10 mg L^{-1} de íons Cd^{2+} e Pb^{2+} em pH 5,5, submetidas a diferentes de tempo de contato (5, 10, 15, 20, 25, 30, 45, 60, 120, 240, 360 e 1440 minutos). A cada 30 mg de amostra foram adicionados 15 mL de solução de Cd^{2+} ou Pb^{2+} que foram submetidas à agitação mecânica. Após o período de contato, as soluções foram filtradas a vácuo usando membrana de éster de celulose de tamanho de poro de 0,45 μm (MF-Millipore™), e as concentrações de metais disponíveis em solução foram quantificadas por espectrometria de emissão atômica de plasma de micro-ondas.

Resultados e discussão

A partir da determinação prévia dos metais totais nas amostras de RMON, TF e SE, foi possível evidenciar a presença dos elementos K, Mn, Ba, Zn, Sr, Cr, Cu, Pb, Co, Ni e Cd (Figura 2). Potássio (K) foi o elemento presente em maiores concentrações quando comparado aos demais, variando de 15,12 a 29,95 mg L^{-1} , sendo mais elevado na amostra de torta de filtro. Em seguida o Manganês (Mn) foi o segundo elemento presente em maiores concentrações, com valores de até 7,73 mg L^{-1}

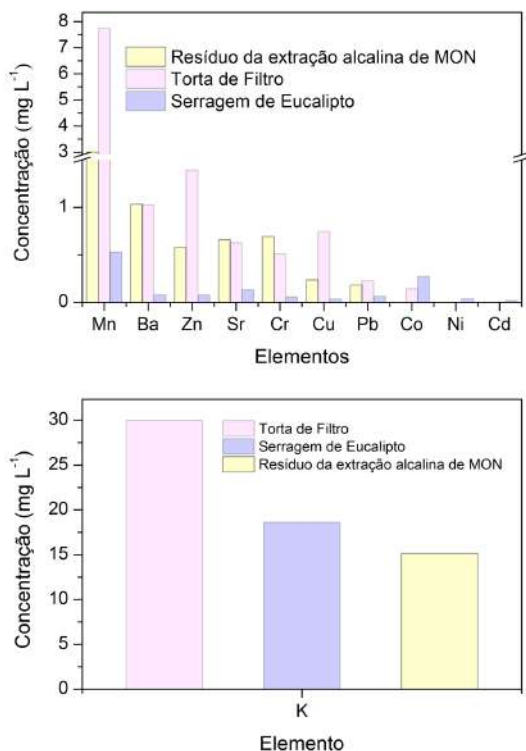


Figura 2. Elementos quantificados nos diferentes resíduos orgânicos naturais.

Os valores de pH do ponto de carga zero foram 8,51 para a amostra de RMON, 7,82 para a amostra de TF e 5,54 para a amostra de SE. Sendo possível observar que em valores de pH < pH_{pcz} ocorre uma maior adsorção de ânions enquanto que em pH > pH_{pcz} ocorre uma maior adsorção de cátions (Bonetto et al., 2015). Isso ocorre porque em pH inferior ao pH_{pcz} a superfície do adsorvente fica carregada positivamente. Já em pH superior ao pH_{pcz} a superfície fica carregada negativamente. A determinação do pH do ponto de carga zero a partir das

amostras de RMON, TF e SE, possibilitam visualizar a influencia da carga superficial do adsorvente durante as interações com os íons Cd²⁺ e Pb²⁺.

As imagens obtidas por MEV possibilitaram evidenciar uma estrutura heterogênea de ambas as amostras: No RMON evidencia-se a presença de partículas de diferentes tamanhos, formas e poros enquanto que nas amostras de TF e SE pôde-se observar a distribuição das fibras e poros superficiais. As análises demonstraram principalmente a presença de partículas ricas em carbono, sílica, alumínio e ferro em ambos os resíduos analisados.

A partir dos espectros FTIR (Figura 3) obtidos das amostras, é possível observar a presença bandas de adsorção relacionadas aos grupamentos fenólicos, aromáticos, alifáticos, ésteres, hidroxilas, nas regiões entre 3400 – 3300 cm⁻¹ é possível observar bandas relacionadas a deformação axial de hidroxila –OH ou NH nas amostras de resíduos orgânicos naturais porém estas tem menor incidência nos biochars, possivelmente indicando a redução dos grupamentos hidroxila após os processos de pirólise do material (Das et al., 2016; Komnitsas et al., 2016). As bandas de adsorção entre ~1550 cm⁻¹ podem estar relacionadas a presença de grupamentos C–H alifáticos

para as amostras BTF e BSE. Já para as amostras de resíduos orgânicos naturais a presença de grupamento C–H alifáticos podem ser observados nas bandas entre 2920 e 2851 cm^{-1} . As bandas de adsorção na região $\sim 1850 \text{ cm}^{-1}$, possivelmente indicam a presença de ligações carboxílicas C=O ou estiramentos de C=C nos biochars. Entre as bandas 1735 – 1630 cm^{-1} podem estar relacionadas a presença de grupamentos éster carbonila de hemicelulose, característicos dos resíduos orgânicos naturais utilizados (Komnitsas et al., 2016).

Desse modo, é possível observar a influência do processo de pirólise no aumento da intensidade de determinadas bandas e na redução de outras, principalmente nos comprimentos entre 1100 – 1030 cm^{-1} , característicos de grupamentos C–C–C, C–O–C ou C–O, corroborando as alterações estruturais ocasionadas pela decomposição de celulose e hemicelulose presentes nos resíduos orgânicos naturais (Komnitsas et al., 2016).

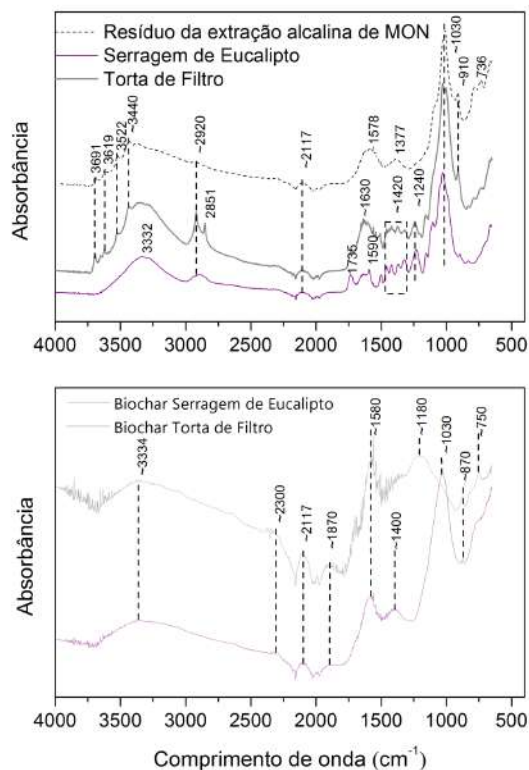


Figura 3. Espectros na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) das amostras dos diferentes resíduos orgânicos naturais e seus biochars.

A partir das análises termogravimétricas das amostras, é possível observar (Figuras 4, 5, 6 e 7) que para a amostra de RMON o aumento da perda de massa ocorreu em temperaturas acima de 200 °C (perda $\sim 30\%$) (Figura 4).

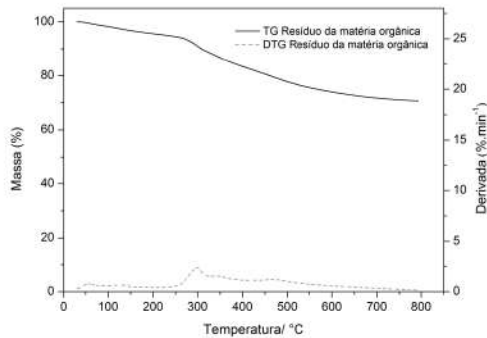


Figura 4. Curvas obtidas pela análise termogravimétrica da amostra de RMON.

Na figura 5 é possível observar que ocorre um aumento da perda de massa em temperaturas aproximadas de 300 °C para as amostras de SE (perda ~80%) e TF (perda ~60%), corroborando estudos presentes na literatura na qual em temperaturas entre 150 – 350 °C pode haver a decomposição de celulose e hemicelulose presentes nos resíduos (Figura 4 e 5) (Komnitsas et al., 2016). Enquanto que para as amostras de BTF (Figura 6) e BSE (Figura 7) ocorreu aproximadamente entre 10 – 20% de perda de massa.

Na figura 7 pode-se observar uma leve alteração na perda térmica, podendo estar relacionada a uma liberação intensa de calor e estabilidade térmica do material a partir da volatilização de compostos orgânicos (Mohanty et al., 2013).

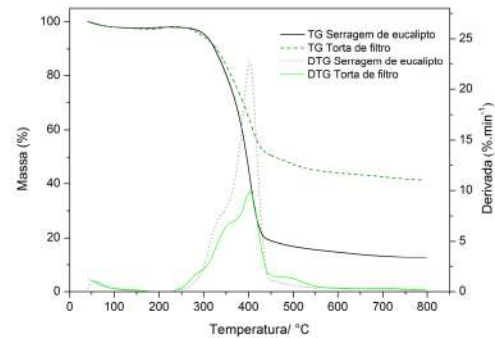


Figura 5. Curvas obtidas pela análise termogravimétrica das amostras de TF e SE.

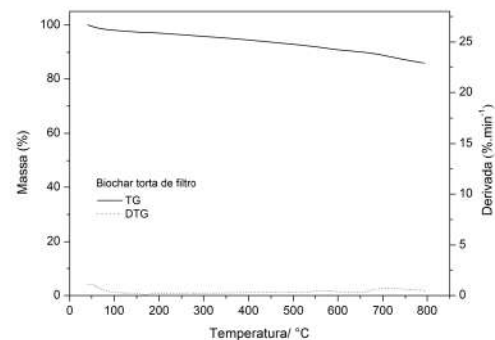


Figura 6. Curvas obtidas pela análise termogravimétrica da amostra de BTF.

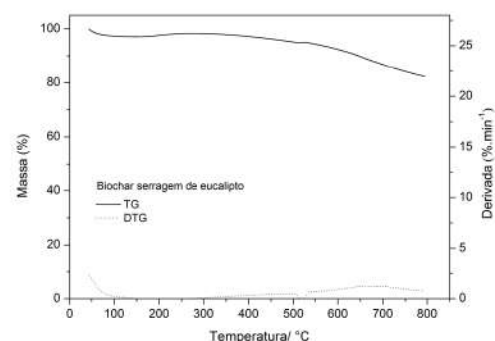


Figura 7. Curvas obtidas pela análise termogravimétrica da amostra de BSE.

Posteriormente a partir dos estudos de adsorção foi possível avaliar a influência de diferentes tempos de contato na adsorção de íons Cd^{2+} e Pb^{2+} pelos resíduos orgânicos naturais e biochars (Figuras 8 e 9).

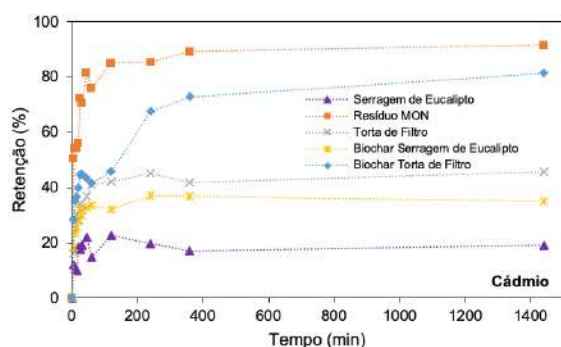


Figura 8. Influência do tempo de contato na adsorção de íons Cd^{2+} em diferentes resíduos orgânicos naturais e seus biochars.

Nas amostras submetidas a interação com íons Cd^{2+} , as amostras que apresentaram as maiores taxas de retenção foram, o RMON (89,30%), seguido pelo BTF (72,96%) (Figura 8), sendo observada a seguinte eficiência de retenção dos íons Cd^{2+} RMON > BTF > TF > BSE > SE. Enquanto que para as amostras submetidas a interação com íons Pb^{2+} , as amostras que apresentaram as maiores taxas de retenção foram, o BTF (98,97%) seguido do RMON (96,55%) (Figura 9), sendo observada a seguinte eficiência de retenção dos íons Pb^{2+} BTF > RMON > BSE > TF > SE.

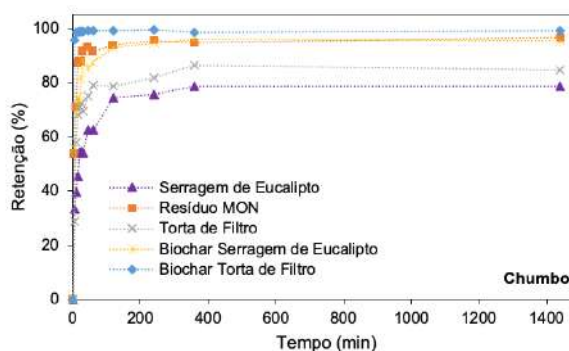


Figura 9. Influência do tempo de contato na adsorção de íons Pb^{2+} em diferentes resíduos orgânicos naturais e seus biochars.

Embora o RMON e o BTF tenham apresentado as maiores capacidades de retenção dos íons Cd^{2+} e Pb^{2+} , os demais resíduos também se apresentaram promissores na adsorção de MPT. Evidenciando uma maior adsorção de íons Cd^{2+} e Pb^{2+} após 120 minutos de contato para ambos os resíduos.

De modo que, foi possível observar que mesmo que submetida a processos de pirólise, que proporcionam uma elevação da porosidade e área superficial do material, como evidenciado nas análises por MEV as amostras de BSE não obtiveram valores de retenção como o BTF para a retenção íons Cd^{2+} isso pode ocorrer devido a estrutura mais fibrosa presente na SE, o que reduziu a formação de poros em sua superfície.



Embora a distribuição das cargas superficiais das amostras de resíduos em pH 5,5 se encontrem carregadas positivamente, determinados valores de pH podem favorecer a desprotonação de grupamentos fenólicos presentes na superfície do biochar o que auxilia nos processos de adsorção de íons Cd^{2+} e Pb^{2+} , corroborando o que foi observado nas amostras de BTF e BSE.

Neste contexto, a presença de sítios negativos relacionados a partículas compostas de alumínio, sílica, ferro na superfície do biochar, podem estar relacionadas a presença de óxidos metálicos capazes de auxiliar no processo de adsorção (Manahan, 2017; Mohan et al., 2014; Vijayakumar et al., 2012).

Conclusões

A partir dos diferentes resíduos analisados foi possível evidenciar a possibilidade da utilização destes na adsorção de íons Cd^{2+} e Pb^{2+} tanto nos resíduos *in natura* quanto nos biochars.

Possibilitando aprofundar os estudos voltados para a remoção de contaminantes inorgânicos em diferentes compartimentos ambientais, conjuntamente com o gerenciamento de diferentes resíduos orgânicos naturais, de modo a favorecer a criação de um produto

com valor agregado capaz de atuar na redução e imobilização de metais.

A partir das micrografias obtidas da superfície dos resíduos orgânicos naturais e biochars, pôde-se detectar a presença de partículas ricas em alumínio, sílica e ferro que poderiam ser responsáveis pela adsorção das espécies metálicas devido à sua possível interação na forma de óxidos com os íons Cd^{2+} e Pb^{2+} em processos de troca iônica e complexação.

Bibliografia

- Amen, R., Yaseen, M., Mukhtar, A., Klemeš, J. J., Saqib, S., Ullah, S., Al-Sehemi, A. G., Rafiq, S., Babar, M., Fatt, C. L., Ibrahim, M., Asif, S., Qureshi, K. S., Akbar, M. M., & Bokhari, A. (2020). Lead and cadmium removal from wastewater using eco-friendly biochar adsorbent derived from rice husk, wheat straw, and corncob. *Cleaner Engineering and Technology*, 1, 100006.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100006>
- Awasthi, M. K., Sarsaiya, S., Patel, A., Juneja, A., Singh, R. P., Yan, B., Awasthi, S. K., Jain, A., Liu, T., Duan, Y., Pandey, A., Zhang, Z., & Taherzadeh, M. J. (2020). Refining biomass residues for sustainable



- energy and bio-products: An assessment of technology, its importance, and strategic applications in circular bio-economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109876.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109876>
- Bonetto, L. R., Ferrarini, F., de Marco, C., Crespo, J. S., Guégan, R., & Giovanela, M. (2015). Removal of methyl violet 2B dye from aqueous solution using a magnetic composite as an adsorbent. *Journal of Water Process Engineering*, 6, 11–20.
<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.02.006>
- Boumanchar, I., Chhiti, Y., M'hamdi Alaoui, F. E., El Ouinani, A., Sahibed-Dine, A., Bentiss, F., Jama, C., & Bensitel, M. (2017). Effect of materials mixture on the higher heating value: Case of biomass, biochar and municipal solid waste. *Waste Management*, 61, 78–86.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.11.012>
- Cunha, G. C., Romão, L. P. C., Santos, M. C., Costa, A. S., & Alexandre, M. R. (2012). A green strategy for desorption of trihalomethanes adsorbed by humin and reuse of the fixed bed column. *Journal of Hazardous Materials*, 209–210, 9–17.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.12.028>
- Czikkely, M., Neubauer, E., Fekete, I., Ymeri, P., & Fogarassy, C. (2018). Review of Heavy Metal Adsorption Processes by Several Organic Matters from Wastewaters. *Water*, 10(10), 1377.
<https://doi.org/10.3390/w10101377>
- Das, O., Bhattacharyya, D., & Sarmah, A. K. (2016). Sustainable eco-composites obtained from waste derived biochar: A consideration in performance properties, production costs, and environmental impact. *Journal of Cleaner Production*, 129, 159–168.
- Fróna, D., Szenderák, J., & Harangi-Rákos, M. (2019). The Challenge of Feeding the World. *Sustainability*, 11(20), 5816.
<https://doi.org/10.3390/su11205816>
- Goveia, D., Melo, C. A., Oliveira, L. K., Fraceto, L. F., Rocha, J. C., Filho, D., Luiz, N., & Rosa, A. H. (2013). Adsorption and release of micronutrients by humin extracted



- from peat samples. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 24(5), 721–730.
<https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130092>
- Jesus, A. M. D., Romão, L. P. C., Araújo, B. R., Costa, A. S., & Marques, J. J. (2011). Use of humin as an alternative material for adsorption/desorption of reactive dyes. *Desalination*, 274(1–3), 13–21.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.01.063>
- Jesus, J. H. F., S. Matos, T. T., C. Cunha, G., Mangrich, A. S., & Romão, L. P. C. (2019). Adsorption of aromatic compounds by biochar: Influence of the type of tropical biomass precursor. *Cellulose*, 26(7), 4291–4299.
<https://doi.org/10.1007/s10570-019-02394-0>
- Khadem, M., Husni Ibrahim, A., Mokashi, I., Hasan Fahmi, A., Noeman Taqui, S., Mohanavel, V., Hossain, N., Baba Koki, I., Elfasakhany, A., Dhaif-Allah, M. A. H., Soudagar, M. E. M., & Syed, A. A. (2022). Removal of heavy metals from wastewater using low-cost biochar prepared from jackfruit seed waste. *Biomass Conversion and Biorefinery*.
<https://doi.org/10.1007/s13399-022-02748-y>
- Komnitsas, K., Zaharaki, D., Bartzas, G., Kaliakatsou, G., & Kritikaki, A. (2016). Efficiency of pecan shells and sawdust biochar on Pb and Cu adsorption. *Desalination and Water Treatment*, 57(7), 3237–3246.
<https://doi.org/10.1080/19443994.2014.981227>
- Manahan, S. (2017). *Environmental chemistry*. CRC press.
- Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y. S., & Pittman, C. U. (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent – A critical review. *Bioresource Technology*, 160, 191–202.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>
- Mohanty, P., Nanda, S., Pant, K. K., Naik, S., Kozinski, J. A., & Dalai, A. K. (2013). Evaluation of the physiochemical development of biochars obtained from pyrolysis of wheat straw, timothy grass and pinewood: Effects of heating rate. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104, 485–493.



- <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2013.05.022>
- Pratush, A., Kumar, A., & Hu, Z. (2018). Adverse effect of heavy metals (As, Pb, Hg, and Cr) on health and their bioremediation strategies: A review. *International Microbiology*, 21(3), 97–106. <https://doi.org/10.1007/s10123-018-0012-3>
- Rahman, Z., & Singh, V. P. (2019). The relative impact of toxic heavy metals (THMs) (arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr)(VI), mercury (Hg), and lead (Pb)) on the total environment: An overview. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(7), 419. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7528-7>
- Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: A review. *Bioresources and Bioprocessing*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Semerjian, L. (2010). Equilibrium and kinetics of cadmium adsorption from aqueous solutions using untreated *Pinus halepensis* sawdust. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1), 236–242. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.074>
- Shamsollahi, Z., & Partovinia, A. (2019). Recent advances on pollutants removal by rice husk as a bio-based adsorbent: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 246, 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.145>
- Shan, R., Shi, Y., Gu, J., Wang, Y., & Yuan, H. (2020). Single and competitive adsorption affinity of heavy metals toward peanut shell-derived biochar and its mechanisms in aqueous systems. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 28(5), 1375–1383. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2020.02.012>
- Swift, R. S. (1996). Organic Matter Characterization. *Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods*, sssabookseries(methodsofsoilan3), 1011–1069. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c35>
- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Gonzalez-Delgado, Á. D. (2021). Adsorption of Azo-Anionic Dyes in a Solution Using Modified Coconut



- (Cocos nucifera) Mesocarp: Kinetic and Equilibrium Study. *Water*, 13(10), 1382. <https://doi.org/10.3390/w13101382>
- US EPA, O. (2019, agosto 16). *U.S. EPA Method 3051A: Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils* [Data and Tools]. US EPA. <https://www.epa.gov/esam/us-epa-method-3051a-microwave-assisted-acid-digestion-sediments-sludges-and-oils>
- Vijayakumar, G., Tamilarasan, R., & Dharmendirakumar, M. (2012). Adsorption, Kinetic, Equilibrium and Thermodynamic studies on the removal of basic dye Rhodamine-B from aqueous solution by the use of natural adsorbent perlite. *Journal of Materials and Environmental Science*, 3.
- Wang, K., & Xing, B. (2005). Chemical extractions affect the structure and phenanthrene sorption of soil humin. *Environmental Science & Technology*, 39(21), 8333–8340.
- Yankovych, H., Novoseltseva, V., Kovalenko, O., Marcin Behunova, D., Kanuchova, M., Vaclavikova, M., & Melnyk, I. (2021). New perception of Zn(II) and Mn(II) removal mechanism on sustainable sunflower biochar from alkaline batteries contaminated water. *Journal of Environmental Management*, 292, 112757. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112757>

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Pesquisa em metais e matéria orgânica natural e ao Laboratório de Bioenergia e Materiais Lignocelulósicos da UFSCar-Sorocaba. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). Projeto pró-equipamentos (proposta nº 189683) CAPES nº. 11/2014. Ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental (PPGBMA) e a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) pela infraestrutura e suporte.

Análisis de la factibilidad técnica del tratamiento y recirculación de aguas residuales generadas en lavaderos convencionales de vehículos automotores de la ciudad de Encarnación, Departamento de Itapúa – Paraguay.



D.32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

Análisis de la factibilidad técnica del tratamiento y recirculación de aguas residuales generadas en lavaderos convencionales de vehículos automotores de la ciudad de Encarnación, Departamento de Itapúa – Paraguay.

Autor: Mercedes Belén López Gómez; belu9475@gmail.com

Profesora guía: Ing. Lilian Mabel Casco Chamorro; mabelcasco@cyt.uni.edu.py

Universidad Nacional de Itapúa – Paraguay

Resumen

El trabajo de investigación consistió en analizar la factibilidad técnica y económica de un sistema de tratamiento y recirculación de agua residuales generadas en lavaderos convencionales de vehículos automotores. Primeramente, se caracterizó el procedimiento técnico operativo de 80 lavaderos de vehículos convencionales relevándose las variables en los lavaderos ubicadas en la zona urbana y suburbana de Encarnación a través de visitas técnicas, de los cuales sólo el 12,5% cuenta con Licencia Ambiental. Se determinaron las características fisicoquímicas de las aguas residuales de tres lavaderos en el laboratorio de calidad de agua de la FaCyT, donde se realizó un promedio, visualizándose que los parámetros de aceites y grasas, la DQO, DBO y los sólidos exceden los límites permisibles, así

también las mediciones de caudal. Se estableció el tratamiento adecuado, teniendo en cuenta la remoción y la viabilidad económica. Estimando así la eficiencia del siguiente procedimiento de tratamiento: rejilla, trampa grasa, cámara séptica, sedimentador primario y lodos activados, permitiendo que el agua sea reutilizable. Finalmente, en el cálculo de factibilidad económica determinó que el proyecto es factible con un TIR de 36%, un periodo de recuperación en 3 años y una ganancia de 1,3 U\$\$ por cada dólar invertido en el sistema de tratamiento.

El sistema de tratamiento diseñado representara un aporte significativo respecto a la reducción de la contaminación ambiental y por ende para la comunidad.

Palabras clave: Agua Residual, Trama grasa, Cámara séptica



Introducción

En esta investigación se diseñó un sistema de tratamiento de agua residual proveniente de lavaderos de vehículos automotores y se avaluó la factibilidad económica de la instalación y operación de la misma.

Paraguay es un país con gran potencial hídrico, si bien son vulnerables debido a que se carecen de sistemas de tratamiento de efluentes o los existentes son deficitarios (Férnandez, Aguilera, Bóbeda, & Giménez, 2010). Encarnación cuenta con una cantidad significativa de establecimientos dedicados al lavado de automotores, los cuales se encuentran en aumento, sin embargo, existen diversas situaciones que podrían provocar graves problemas ambientales, al no dar cumplimiento a las medidas de prevención y mitigación de impactos negativos, principalmente como consecuencia de la carencia o deficiente tratamiento previo al vertido de los efluentes generados. La municipalidad de Encarnación no cuenta con una ordenanza específica sobre esta materia, si bien existe la ordenanza N° 202/2003 que establece “disposiciones para el vertido de aguas residuales urbanas de la ciudad de Encarnación y la obligación de la construcción de las cámaras sépticas y pozos ciegos”.

Los efluentes generados en este tipo de actividad se caracterizan con contener una alta concentración en grasas, DQO, DBO, color, turbidez y sólidos. Esto plantea un problema importante ya que las empresas especializadas en este servicio no cuentan con sistemas eficientes de reutilización y/o tratamiento para reducir la contaminación y el consumo de agua.

En respuesta a dicha problemática se propuso un sistema de tratamiento a fin de minimizar el consumo de este recurso, respetando los límites máximos permisibles de agua de lavado residual para su reutilización. Además, al implementar la propuesta, la empresa reconocerá la importancia de la economía circular y los beneficios intangibles como el prestigio y la competitividad en el mercado local.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la factibilidad técnica y económica del tratamiento y recirculación de aguas residuales generadas en lavaderos convencionales de vehículos automotores de la ciudad de Encarnación.

Objetivos específicos

- Caracterizar el procedimiento técnico operativo de los lavaderos de vehículos convencionales en la zona urbana y sub-urbana de la ciudad de



Encarnación – Paraguay.

- Establecer la efectividad de los sistemas de tratamiento de efluentes de lavaderos convencionales de la ciudad de Encarnación – Paraguay.
- Determinar los factores de diseño de un sistema para el tratamiento y recirculación de aguas residuales generadas en lavaderos convencionales de vehículos automotores que influyen en la factibilidad económica.

Materiales y métodos

La investigación según su finalidad es aplicada, porque se apoya en la investigación básica para resolver problemas específicos, y trata de transformar el conocimiento puro en conocimiento útil. Según el objetivo es descriptiva, llevada a cabo en la ciudad de Encarnación, Departamento de Itapúa, describiendo el uso del agua en los lavaderos ubicados en la zona urbana y sub-urbana, para lo cual utiliza un enfoque mixto, que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en el estudio, con diseño observacional, transversal (Sampieri, 2018).

Procedimientos realizados

Primeramente se realizó la consulta previa a través de la plataforma del acceso a la información pública, solicitud Nro. 28550: Relatorio de Impacto Ambiental, dirigida al Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible Posteriormente se ha procedido a la identificación de los lavaderos ubicados en la zona urbana y suburbana de la ciudad de Encarnación, a través de recorridos, realizando la georreferenciación correspondiente, aplicándose las entrevistas y encuestas a la totalidad de los establecimientos pudiendo también recabar otras evidencias.

Para lograr el primer objetivo se procedió a relevar las variables en los lavaderos ubicadas en la zona urbana y suburbana de la ciudad de Encarnación, Departamento de Itapúa, a un total de 80 lavaderos a través de visitas técnicas, entrevistas y análisis de Relatorio de Impacto Ambientales proveídos por el MADES. Las entrevistas se realizaron a propietarios y empleados de la empresa.

La herramienta informática SPSS (Statistical Package for Social Sciences) permitió organizar los datos numéricos para análisis estadísticos. Las preguntas abiertas y los resultados de las observaciones fueron examinados de manera cualitativa.

Tabla 1 Procedimiento técnico operativo (entrada)

	Variables	Indicadores y fuentes de verificación
ENTRADA	Abastecimiento de agua	Indicadores: Fuente de abastecimiento (ESSAP, Junta de Saneamiento, Pozos superficial y subterráneas propio, otros). Fuentes de verificación: Entrevistas, Visita Técnica, Indicadores: Volumen de agua empleada. Fuente de verificación: Entrevistas, Visitas Técnicas, verificación de facturas de consumo en caso de contar.
	Productos de Limpieza	Indicadores: Composición Química. Fuentes de verificación: Entrevistas, Visitas Técnicas, Verificación de etiquetas. Indicadores: Cantidad empleada. Fuentes de verificación: Entrevistas, Visitas Técnicas.
	Afluencia de vehículos	Indicadores: Tipo y cantidad de vehículos. Fuentes de verificación: Entrevistas. Indicadores: Temporada de mayor afluencia. Fuentes de verificación: Entrevistas.

Tabla 2 Procedimiento técnico operativo (proceso)

	Variables	Indicadores y fuentes de verificación
PROCESO	Procedimiento operativo	Indicadores: Tipo de lavado (manual, mecánico). Fuentes de verificación: Entrevista, Visitas Técnicas Indicadores: Tiempo empleado para el lavado de vehículos. Fuentes de verificación: Entrevista, Visitas Técnicas
	Tratamiento de efluentes	Indicadores: Unidades comprendidas dentro del sistema (rejillas colectoras, registros, cañerías de desagüe, Cámara desarenadora y desengrasadora). Fuentes de verificación: Revisión del Relatorio de Impacto Ambiental (RIMA), Visita técnica

Tabla 3 Procedimiento técnico operativo (Salida)

	Variables	Indicadores y fuentes de verificación
SALIDA	Liberación de efluentes en el medio	Indicadores: Parámetros físicoquímicos del efluente de salida. Fuentes de verificación: Análisis de Informes de Calidad de Efluentes, en Auditorías de los Planes de Gestión de los Estudios de Impacto Ambiental (RIMA), Visita técnica Indicadores: Medio receptor del efluente liberado (Alcantarillado, Drenaje pluvial, pozo ciego, curso hídrico, otro). Fuentes de verificación: Entrevista propietaria, entorno, Visita Técnica

Por otra parte, para el establecimiento de la efectividad de los sistemas de tratamientos de efluentes, se procedió previamente a la selección de tres lavaderos quienes actualmente aplican tratamientos a los efluentes generados, teniendo en cuenta el volumen estimado de generación y considerando el diagnóstico en cuanto al manejo operativo de los mismos.

• **Cálculo de caudal**

Se ha procedido a la determinación del caudal de efluentes generados, para lo cual se ha aplicado el método volumétrico, utilizando como instrumentos el cronómetro y la manguera.

Para calcular el caudal se recurrió a la siguiente fórmula:

$$Q = V/T$$

Donde:

Q: Caudal m³/s

V: Volumen en m³

T: Tiempo en segundos

• **Medición de parámetros Físicoquímicos**

Se tomaron muestras del pozo recolector que poseen los 3 lavaderos de automóviles (3 puntos en cada lavadero), ya que en estos puntos se descargan el agua, en las diferentes etapas del tratamiento. Para la determinación de los parámetros físicoquímicos, las muestras se recolectaron en botellas de plástico de 1L para análisis de sólidos sedimentables, sólido total, turbiedad, color, pH, OD; en botellas de vidrio color ámbar para los análisis de DBO y DQO, y en botella de plástico para el análisis de aceites y grasas, que fueron analizados en el laboratorio de agua de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Itapúa, aplicando el Método Estándar para el análisis de agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

A continuación, se detallan los parámetros y métodos utilizados para la determinación de los parámetros:

Tabla 4 Determinación de parámetros físicoquímicos

Parámetros	Métodos
Aceites y Grasas	Extracción de Soxhelt
Oxígeno Disuelto (OD)	Electrométrico
Sólidos Sedimentables (SS)	Volumétrico
Sólidos Totales (ST)	Gravimétrico
Sólidos Volátiles y Fijos	Analítico
pH	Electrométrico
Color	Comparación visual
Turbidez	Nefelómetro
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Reflujo Cerrado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Test 5 días

Se realizó la comparación de las variaciones de los valores de los parámetros físicoquímicos determinados en las diferentes etapas del sistema de tratamiento de los lavaderos representativos seleccionados.

Para lograr el tercer objetivo, se diseñó el sistema en base a la identificación de la eficiencia en las diferentes etapas de tratamiento de efluentes de lavaderos representativos seleccionados y la medición del caudal, a fin de obtener la calidad de agua requerida para la reutilización de la misma.

A continuación, se describen los dimensionamientos para del diseño propuesto para el tratamiento y recirculación del agua residual provenientes de los lavaderos de vehículos automotores:

• **Dimensionamiento de la rejilla y el caudal de Diseño.**

Para su determinación se requirió el caudal máximo de 4567 L/día, se calculó el promedio de los tres lavaderos como referencia y el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS, 2000).

Teniendo en cuenta todos los parámetros expuestos se procedió a diseñar la rejilla.



- **Dimensionamiento de una trampa grasa.**

Según la norma RAS se decidió diseñar una trampa de aceites y grasas (RAS, 2000).

- **Dimensionamiento de un tanque séptico.**

Luego del dimensionamiento se procedió a la estimación de la eficiencia del sistema diseñado, tomando de referencia las características de los parámetros fisicoquímicos determinados de las muestras de efluentes tomadas de los lavaderos representativos seleccionados.

- **Dimensionamiento de un sedimentador primario.**

Se definió la velocidad a caudal medio utilizando el valor mínimo de 2,0 m/h para un sedimentador circular (Hernández Muñoz, Galán Martínez, & Hernández Lehmann, 1995). Utilizando este valor mínimo se procedió al dimensionamiento.

- **Dimensionamiento de lodo activado (Convencional)**

Teniendo en cuenta el manual de tratamiento de aguas residuales con lodos activados de Metcalf & Eddy (1971), se realizó el cálculo para su posterior dimensionamiento.

- **Dimensionamiento de un sedimentador secundario para el lodo activado.**

Es parte fundamental del tratamiento del lodo activado, y el diseño que se empleó es de forma circular siguiendo las indicaciones de diseño del manual de Metcalf.

- **Diseño del tanque de almacenamiento para la reutilización.**

Para el diseño de este tanque, se tuvo en cuenta la siguiente especificación:

3000 litros de espacio de almacenamiento es ideal para sólidos y líquidos, puede almacenar agua y productos químicos. Estos tanques de fondo cónico son ideales para plantas de tratamiento de aguas residuales.

Están hechos de polietileno 100% puro de alta densidad con graduaciones y sellos. No generan humedad ni grupos de animales nocivos. Gracias a su ángulo reducido, puede controlar el vaciado del producto.

La capacidad del tanque de almacenamiento de referencia, es de 3000l, mientras que el material corresponde a polipropileno.

Se tuvo en cuenta estas especificaciones para el diseño y no se hicieron los respectivos cálculos, ya que a la hora de implementarlo se consiguen tanques con este tipo de características y no es necesario mandar a fabricarlo.

- **Cálculo de remoción de los contaminantes más importantes.**

A fin de determinar la eficiencia de remoción de los parámetros, los cuales no se adecuan a los límites establecidos por las legislaciones vigentes, se ha procedido a realizar la estimación de remoción en los diferentes tratamientos planteados, considerando valores mínimos y máximos porcentuales de referencia a partir de estudios validados por diferentes autores.

Tabla 5 *Eficiencia de remoción de contaminante*

Tratamiento	Parámetros	% Remoción		Autor
		Mínimo	Máximo	
Trampa de Grasa	Aceites y grasas	87	95	Mercedes Flores
	DBO	5	20	
	DQO	5	15	
Cámara Séptica	Aceites y grasas	70	90	Paola Ortiz
	DBO	20	60	
	DQO	20	45	
Sedimentador Primario	SS	50	65	Santiago Tigse
	DBO	35	40	
	DQO	35	45	
Lodo Activado	SS	50	70	Santiago Tigse
	DBO	70	95	
	DQO	70	95	
	SS	70	95	

- **Cálculo de Factibilidad Económica**

Basado en el método de Baca Urbina (Baca Urbina, 2013), se identificaron diversos factores que influyeron en el costo total de la construcción del prototipo a escala real. Teniendo en cuenta el costo operativo de los sistemas de lavaderos convencionales, el costo operativo del prototipo a escala real y la rentabilidad de implementación de la propuesta.

Se calcularon los valores del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR). Para el Valor Presente Neto se utilizó la siguiente fórmula:

$$VPN = -P + \sum FNE_n / [(1 + i)]^n$$

Donde:

VPN: valor presente neto

P: Inversión inicial

FNE: Flujos Netos de Efectivo (por periodo)

N: Periodo de análisis en años

i: Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Para la TIR se calculó la producción anual constante considerando la inflación en cada año (FNE). Para conocer el valor real del rendimiento del dinero de la inversión realizada, se aplicó la siguiente ecuación, en la cual mediante tanteos se otorgaron valores de la i, posteriormente se conoció el porcentaje de rentabilidad de la aplicación del proyecto siendo esta la fórmula aplicada:

$$P = - \sum FNE_n / [(1 + i)]^n$$

Para el cálculo de la TMAR, se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$TMAR = i + f + if$$

Donde:

i= premio al riesgo

f= tasa de inflación

El establecimiento de la tasa de inversión se ha determinado aplicando un promedio correspondiente a los años 2015 al 2019, publicados por el Banco Central del Paraguay (BCP), mientras que el porcentaje del premio al riesgo establecido

corresponde al 10 %, lo cual implica un tipo de riesgo bajo.

Así mismo, para la determinación de la factibilidad de aplicación del sistema de tratamiento a escala real se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Criterios de decisión para VPN

VPN mayor a cero = el proyecto es aceptado

VPN menor a cero = el proyecto es rechazado

VPN mayor o igual a cero = el proyecto es analizado para aceptarse o rechazarse.

- Criterios de decisión para TIR

TIR mayor a la TMAR = el proyecto es aceptado

TIR menor a la TMAR = el proyecto es rechazado

TIR mayor o igual a la TMAR = el proyecto es analizado para aceptarse o rechazarse.

- **Depreciación de la inversión para la implementación del sistema de tratamiento.**

La depreciación de los activos fijos incluye equipos y accesorios que intervienen en el sistema, se realizó de acuerdo a la naturaleza de los bienes y duración de su vida útil.

Según el decreto N° 6359/05 por el cual reglamenta el impuesto a la renta de las actividades comerciales, industriales o de servicio la depreciación de equipos y

muebles es del 10% anual, con una vida útil de 10 años y un valor de salvamento de 0.

$$Dt = (P - Vs)/n$$

Donde:

Dt: Cargo por depreciación en el año *t*.

P: Costo inicial (inversión fija)

VS: Valor de salvamento

n: Vida útil de la instalación

Resultados y discusión

A través de la investigación se constató que un total de nueve (9) lavaderos cuentan con la licencia ambiental correspondiente, entre los años 2017 al 2019, mientras que se ha identificado un total de ochenta (80) lavaderos en la zona urbana y suburbana de la ciudad de Encarnación. Se realizó el reconocimiento de las las instalaciones de los lavaderos y el proceso de lavado, diagnosticándose el manejo actual de las aguas residuales generadas por el proceso y se utilizó como referencia para diseñar el sistema de tratamiento y recirculación de aguas residuales.

- **Caracterización del procedimiento técnico operativo de los lavaderos de vehículos convencionales en la zona urbana y sub-urbana de la ciudad de Encarnación.**

A través de las encuestas realizadas con el fin de caracterizar los procesos de operación, técnica del lavado de autos convencional, se investigaron las variables

en los lavaderos de vehículos ubicados en el área urbana y sub-urbana de Encarnación, para lo cual fueron encuestados 80 lavaderos.

- **Establecimiento de la efectividad de los sistemas de tratamiento de efluentes de lavaderos convencionales de la ciudad de Encarnación a través del estudio comparativo de los parámetros fisicoquímicos determinados en diferentes etapas del tratamiento.**

En la siguiente tabla se resume las informaciones técnicas operativas de los establecimientos, requeridos para el análisis.

Tabla 6. Ficha técnica de los lavaderos

Ficha técnica	Lavadero 1	Lavadero 2	Lavadero 3
Recursos Humanos			
Cantidad	1 propietario 4 operarios	2 propietarios 1 operario	1 propietario 3 operarios
Honorario mensual	1500.000 Gs.	700.000 Gs.	1000.000 Gs.
Provisión de Servicios			
Energía eléctrica (ANDE)	2.992.680 Gs.	2.406.180 Gs.	1.962.480 Gs.
Agua (ESSAP)	6.831.325 Gs.		4.360.218 Gs.
Agua Pozo artesiano		15.000.000 Gs.	
Costos por tipo de vehículo			
Auto	30.000 Gs.	25.000 Gs.	25.000 Gs.
Moto	10.000 Gs.	10.000 Gs.	10.000 Gs.
Camioneta	45.000 Gs.	45.000 Gs.	50.000 Gs.
Tiempo de operación			
Proceso de lavado	48 min	52 min	44 min
Caudal			
Caudal por día	4940 l/día	5720 l/día	3042 l/día

- **Análisis de la medición de Parámetros Fisicoquímicos.**

Los parámetros fisicoquímicos medidos en los tres lavaderos, fueron comparados con la Resolución 222/02 por la cual se establece el padrón de calidad de aguas en el territorio nacional, posteriormente se

realizó un promedio y los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Promedio de los resultados de los parámetros

Parámetros	Unidad	Resolución SEAM 222/02	Promedio			Cumplimiento
			L1	L2	L3	
Aceite y Grasa	mg/l	<50	218,8	122,3	69,9	NO CUMPLE
Oxígeno Disuelto	mg/l	>4	9,8	9,4	6,7	CUMPLE
Sólido Sedimentable	mg/l	1	6,7	4,0	4,0	NO CUMPLE
Sólido Total	mg/l	500	995,3	827,0	680,3	NO CUMPLE
Sólidos Volátiles	mg/l	410,7	454,3	288,3	...
Sólidos Fijos	mg/l	584,7	372,7	392,0	...
pH		6 a 9	7,2	7,1	7,0	CUMPLE
Color	UCV	75	141,7	98,3	93,3	NO CUMPLE
Turbidez	UNT	100	110,3	73,0	65,9	CUMPLE
DQO	mg/l	<150	10823,3	12290,0	9290,0	NO CUMPLE
DBO	mg/l	10	72,2	70,0	32,9	NO CUMPLE

- **Diseño de un sistema para el tratamiento y recirculación de aguas residuales**

Cálculo de Caudal de Diseño

Para determinar de caudal de diseño se promedió el caudal de los tres lavaderos dando como resultado:

$$Q_d = 4567 \frac{L}{\text{día}}$$

$$5,3 \times 10^{-5} \frac{m^3}{\text{seg}}$$

Dimensionamiento de rejillas

Los resultados obtenidos del dimensionamiento de la rejilla con el objetivo de eliminar componentes sólidos como arena, fibra y basuras, se presentan en la tabla 8:

Tabla 8 Dimensionamiento de la rejilla

Dimensionamiento	Valor/ Unidad
Velocidad de Aproximación	0,3 m/s
Ángulo de aproximación	60
Espesor de las barras	0,015 m
Separación entre barras	0,005 m
Coefficiente de pérdida	1,79
Área	$1,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Ancho	0.25 m
Altura del tirante del agua	$7,2 \times 10^{-4} \text{ m}$
Altura de seguridad	0,30 m
Altura total del canal	0,35 m
Longitud de barras	0,40 m
Número de barras	13 m
Suma de separación entre barras	0,18 m
Pérdida de carga	$1,64 \times 10^{-3} \text{ m}$

Dimensionamiento de la trampa de aceites y grasas.

La trampa de aceites y grasas como medio de remoción y ubicada antes del tratamiento primario para minimizar obstrucciones posteriores se presenta a continuación en la tabla 9.

Tabla 9 Dimensionamiento de la trampa de aceites y grasas

Dimensionamiento	Valor/Unidad
Caudal de diseño	3,17 l/min
Volumen	$9,51 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
Área	0,25 m ²
Área del tanque	0,013 m ²
Ancho del tanque	0,180 m
Largo del tanque	0,73 m
Tiempo de Retención	3 día
Hidráulica	
Profundidad de seguridad	0.30 m

Profundidad	0,73 m
Profundidad total del tanque	1 m

Dimensionamiento de la cámara séptica.

A continuación, en la tabla 10 se observa el dimensionamiento del tratamiento primario (cámara séptica), su principal objetivo es la de remover los sólidos sedimentables presentes en el agua residual.

Tabla 10 Dimensionamiento de la cámara séptica.

Dimensionamiento	Valor/Unidad
Nº habitantes P	16-20 hab.
Volumen total requerido Vt	6.400 l
Profundidad total desde el ras de suelo H	1.65 m
Ancho total A	1.90 m
Largo total L	3.60 m
Altura interior h	1.50 m
Ancho interior a	1.70 m

Dimensionamiento del sedimentador primario.

Con el objetivo de ayudar a disminuir la concentración de sólidos, DBO Y DQO, se muestra en la tabla 11 el siguiente dimensionamiento.

Tabla 11 Dimensionamiento del sedimentador primario

Dimensionamiento	Valor/Unidad
Velocidad a caudal medio (mínimo)	2,0 (m/h)
área superficial	0,095 m ²
Ancho	0,17 m
Largo (radio)	0,17 m

Diámetro	0,35 m
Altura	1,50 m
Volumen	1,13 m ³
Tiempo de retención	6 h

Dimensionamiento del lodo activado (Convencional).

A continuación, en la tabla 12 se presenta el dimensionamiento del lodo activado (tratamiento secundario) del agua residual a tratar.

Tabla 12. Dimensionamiento del lodo activado (Convencional).

Dimensionamiento	Valor/Unidad
DBO soluble	250,3 mg/l
Volumen del reactor	1,7 m ³
Tanque de aireación (b = l)	1,30 m
Tiempo de retención hidráulica	9 h
Relación alimento/microorganismos (F/M)	0,17 d ⁻¹
Producción de lodo kg de célula/kgMO	0,27
Producción diaria de lodos que se debe purificar.	3,105x10 ⁻⁴ Kg/día
Determinación de la necesidad de oxígeno.	1,08 Kg/día
Determinación del caudal de purga	0.085 m ³ /día
Potencia para el proceso de aireación	260,6 kW

Dimensionamiento del sedimentador secundario.

En la tabla 13 se observa el resultado del dimensionamiento del sedimentador secundario que es el último paso antes de la descarga al tanque de almacenamiento,

parte fundamental del lodo activado:

Tabla 13. Dimensionamiento del sedimentador secundario

Dimensionamiento	Valor/ Unidad
Velocidad a caudal medio (mínimo)	2,0(m/h)
área superficial	0,095m ²
Ancho	0,17 m
Largo (radio)	0,17 m
Diámetro	0,35 m
altura	1,50 m
Volumen	1,13 m ³
Tiempo de retención	6 h

Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

Estas especificaciones fueron consideradas durante el diseño y no se realizaron los cálculos correspondientes, ya que durante la implementación se pueden obtener tanques de almacenamiento con tales características sin necesidad de fabricación.

Tabla 14 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento del agua tratada.

Dimensionamiento	Valor / Unidad
Volumen	3000 l
Altura	1,45 m
Diámetro de salida	0,25 m
Diámetro de tapa	0,45 m
Angulo	45°
Peso	90 kg

Cálculo de remoción de los parámetros más importantes.

Los parámetros más importantes de remoción son: Aceites y grasas, DQO, DBO y sólidos suspendidos.

Tabla 15 *Eficiencia del sistema de tratamiento.*

Parámetros	Entrada	Resultado
Aceites y Grasas	218,8	1,1 mg/l
DBO	72,2	0,7 mg/l
DQO	10823	139,1 mg/l
SS	537,5	2,4 mg/l

Cálculo de la factibilidad económica.

Se presentó un análisis económico y financiero del sistema de tratamiento de aguas residuales. Para ello, la inversión requerida para implementar la propuesta mencionada se estimó en base a los cálculos desarrollados por los equipos y accesorios que componen el sistema.

También se analizaron los beneficios, ahorros, factibilidad y rentabilidad del proyecto, usando indicadores económicos, TIR, VAN, TMAR, periodo de recuperación y beneficio/costo.

Costos de inversión fija para la implementación del sistema de tratamiento.

En la tabla se muestran la inversión final total estimada para el proyecto, incluye: equipos, materiales, mano de obra, instalación y operación.

Tabla 16 *Costos de inversión fija*

Costo de inversión fija	U\$S
Materiales PRLV	60.000
Costo Inmueble	10.000
Total	70.000

En base a los factores económicos que fueron considerados para la inversión del sistema de tratamiento propuesto son:

- (TIR) Tasa interna de rendimiento: el valor es del 36% mayor a la TMAR que representa el 14 %, por lo que el proyecto es factible.
- (VPN) Valor presente neto: el resultado obtenido es mayor a 0, lo que significa que implementar un sistema de tratamiento y recirculación es factible económicamente.
- Periodo de recuperación: aproximadamente en 3 años se recuperará la inversión.
- Beneficio Costo: concluye que por cada dólar invertido en el sistema de tratamiento se obtiene 1,3 U\$S.

Conclusión

Las conclusiones y consideraciones finales se desarrollaron con base en el marco conceptual presentado y el análisis de la información recolectada.

Se ha observado que el 87,7% no cumple con lo establecido en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, Ley N°294/93, mientras que la principal fuente de abastecimiento de agua de lavado de automóviles es subterránea a través de los denominados pozos artesianos.

Los establecimientos de lavado de vehículos en la zona urbana y suburbana de la ciudad de Encarnación, son



convencionales, donde el lavado se realiza manualmente produciéndose un importante consumo de agua, acentuándose debido a la falta de control del cumplimiento de planes de gestión ambiental.

En cuanto al tratamiento y vertido de sus propias aguas residuales, se evidenció el predominio de sistemas de pretratamientos precarios. En su mayoría carecen de rejillas para el pretratamiento. No se evidenció en los lavaderos estudiados, el tratamiento primario y secundario de los efluentes generados, siendo vertidos mayoritariamente en terrenos a cielo abierto y alcantarillados, lo cual representa un riesgo ambiental.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de los efluentes indican que el valor de algunos parámetros sobrepasan el límite permisible descrito por la Resolución 222/02 por la cual se establece el padrón de calidad de aguas en el territorio nacional, entre ellos, aceites y grasas con un valor promedio de los tres lavaderos que se tomó referencia de 69,9 mg/l cuando la normativa permite hasta <50 mg/l, la DQO 9290,0 mg/l debiendo ser <150 mg/l, DBO de 32,9 debiendo ser <10 mg/l que son indicadores más importantes a remover para el buen funcionamiento del sistema de tratamiento. El diseño del sistema de tratamiento y

reciclaje de aguas residuales toma en cuenta el análisis de los parámetros físicos y químicos del efluente, y se dividirá en múltiples etapas. La primera etapa es el pretratamiento que consiste en rejilla y trampa de grasa, la segunda etapa es el tratamiento primario que consiste en tanques sépticos, y la tercera etapa es un tratamiento secundario que consiste en lodos activados y tanques de almacenamiento, con una eficiencia total estimada que garantiza el cumplimiento de las normativas, permitiendo la recirculación del agua tratada.

El costo estimado que tendrá la planta de tratamiento con la infraestructura necesaria para el funcionamiento es de 70.000 dólares americanos para la construcción y ejecución de todo el sistema.

Los indicadores económicos considerados en este proyecto de investigación indican que el sistema de tratamiento y recirculación de aguas residuales son completamente factibles, ya que la tasa interna de retorno (TIR) determina un porcentaje del 36% (mayor que $TMAR = 14\%$), valor actual neto (VAN) = \$ 67.724 mayor que 0, y el período de recuperación es de 3 años.

El sistema de tratamiento diseñado representa un aporte significativo respecto a la reducción de la contaminación ambiental y por ende para la comunidad.



Bibliografía

APHA-AWWA-WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación De Proyectos* (7a edición ed.). McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

Férnandez, D., Aguilera, C., Bóveda, J., & Giménez, J. (2010). *Plan estratégico sectorial de agua potable y saneamiento de Paraguay*. Asunción : Banco Interamericano de Desarrollo.

Hernández Muñoz, A., Galán Martínez, P., & Hernández Lehmann, A. (1995).

Manual de depuración, uralita. Barcelona: Thomson-Paraninfo.

Metcalf , & Eddy. (1971). *Ingeniería De Aguas Residuales* (1ra edición ed., Vol. 3). Barcelona: Varias Editoriales.

RAS. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Bogota D.C.

Salas Dueñas, D. (2015). Análisis de la problemática del agua en Paraguay. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 13(1), 97-103. doi: [https://dx.doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2015.013\(01\)97-103](https://dx.doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2015.013(01)97-103)

Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la Investigación* (1 ed.). McGraw-Hill.

Análisis de la generación de islas de calor urbanas de superficie a escala temporal y espacial en la ciudad de Encarnación – Paraguay, utilizando herramientas de teledetección



D.32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

Análisis de la generación de islas de calor urbanas de superficie a escala temporal y espacial en la ciudad de Encarnación – Paraguay, utilizando herramientas de teledetección

Fritz Ertel, Karen Johanna; k.ertel1302@gmail.com

Profesor guía: Villalba Alderete, Clara Inés; claravillalba@cyt.uni.edu.py

Facultad de Ciencias y Tecnología

Universidad Nacional de Itapúa

Resumen

La Isla de Calor Urbana (ICU) se define como la diferencia de temperatura que existe entre un área urbana y un área rural próxima, y es un fenómeno que se presenta en las ciudades a causa de la excesiva acumulación de calor de los elementos urbanos que conforman las ciudades y su posterior liberación al ambiente. Este estudio se centró en el análisis de la ICU en la zona urbana de la ciudad de Encarnación, Paraguay, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat para la determinación de la Temperatura Superficial Terrestre (TST) entre los años 2009 y 2020. Se analizó la variación de la temperatura superficial en relación al cambio de uso de suelo obtenido con la herramienta de

clasificación no supervisada y se realizó una comparativa con datos de una estación meteorológica cercana. Se concluyó que este fenómeno se encuentra acentuado en áreas impermeabilizadas, densamente construidas y carentes de vegetación, y, por el contrario, las temperaturas más bajas se obtuvieron en las áreas boscosas. El análisis de correlación entre el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y la temperatura superficial terrestre (TST), evidenció el papel regulador que poseen las áreas verdes en el medio urbano para la reducción de la temperatura local.

Palabras clave: Isla de calor urbana, temperatura superficial terrestre, teledetección ambiental

Introducción

Las áreas urbanas son responsables de grandes transformaciones en el ambiente. Satisfacer las necesidades de vivienda, alimentación, transporte, comunicación y otros servicios para un gran número de personas que se encuentran aglomeradas en espacios reducidos, es una tarea compleja que produce impactos negativos diversos en el ambiente.

Uno de estos efectos es el fenómeno denominado Isla de calor urbana, que se refiere a la diferencia de temperatura existente entre un área urbana que presenta temperaturas más elevadas en comparación con un área rural próxima, debido a las modificaciones producidas en la superficies urbanizadas, y puede ser comprendido como un efecto inadvertido de cambio climático (Oke, 1995).

El comportamiento típico de una ICU es variable, varios autores sostienen que el efecto se ve más acentuado durante la noche o incluso hasta el amanecer, cuando en la zona circundante ya se ha producido el mayor enfriamiento posible pero en las zonas densamente urbanizadas todavía se evidencia calor retenido a causa de la lenta liberación de energía contenida en los cuerpos duros (Coutts, Beringer, & Tapper, 2010; Oke, 1982)

Las ICU pueden ser diferenciadas en dos categorías, establecidas mediante el patrón de formación y la técnica que se utiliza para medirlas. De esta manera, se

categorizan en: islas de calor urbanas superficiales y atmosféricas (United States Environmental Protection Agency, 2008).

Las ICU superficiales estudian los patrones de comportamiento de las temperaturas de la superficie terrestre en el medio urbano en contraste con el medio rural cercano (Schwarz, Lautenbach, & Seppelt, 2011). Las ICU atmosféricas, por otro lado, son aquellas en las que se analiza la temperatura del aire urbana en comparación a la de la zona rural cercana (United States Environmental Protection Agency, 2008).

En el estudio de las ICU superficiales, el cálculo de la temperatura superficial es de vital importancia. Una manera simple de definir la temperatura superficial es determinando cuan caliente se sentiría una superficie al tacto en un espacio y tiempo específico; esta información es fácilmente obtenida mediante sensores remotos, puesto que desde la perspectiva satelital la superficie es cualquier cosa vista a través de la atmósfera al suelo (NASA Earth Observatory, n.d.).

El estudio de este fenómeno ha cobrado relevancia en las últimas décadas debido a los episodios cada vez más frecuentes de olas de calor que se registran en diferentes ciudades del mundo.

Mediante el desarrollo de tecnologías como los sistemas de información geográfica, en la actualidad se pueden realizar una gran cantidad de análisis climáticos. Ciertos

satélites con información de libre acceso como el Landsat, registran datos térmicos en forma periódica, los cuales pueden ser procesados para obtener determinados parámetros. Uno de ellos es la temperatura superficial terrestre, con lo cual se puede realizar un estudio del comportamiento térmico en diferentes sitios y así analizar la configuración de las ICU.

El estudio se hace pertinente ya que, en la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, no existen estudios relacionados al uso de herramientas de teledetección que evidencien la posible variación de la temperatura superficial en diferentes tipos de uso de suelo.

Los resultados serán de utilidad para generar datos que muestren la variación que se ha producido durante estos años y qué medidas se pueden tomar para reducirlas a futuro, así como para demostrar la importancia que tienen los espacios verdes como reguladores del clima dentro de la ciudad y la necesidad de preservarlos. Además, podrá ser una herramienta de consulta para la toma de decisiones referentes a proyectos de planificación urbana, ya que el incremento de la temperatura tiene sus efectos en la climatización de los edificios y esto desencadena un mayor consumo energético, que a su vez libera mayor cantidad de energía al ambiente, contribuyendo a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Objetivos

Objetivo general

Calcular la temperatura superficial de la ciudad de Encarnación durante el periodo 2009-2020 mediante el análisis de imágenes satelitales Landsat.

Objetivos específicos

- ✓ Analizar la variación de la temperatura superficial en la ciudad de Encarnación en un lapso de 11 años (2009-2020).
- ✓ Identificar la ubicación de islas de calor con respecto al uso actual de la tierra.
- ✓ Comparar los datos de temperatura superficial obtenida y temperatura atmosférica de la estación meteorológica más cercana en las fechas analizadas.

Materiales y Métodos

El área de estudio abarca la zona urbana de la ciudad de Encarnación, conformada por 29 barrios (hasta el año 2009), sin embargo esta clasificación ha sufrido modificaciones con la suba del embalse, lo cual produjo la desaparición completa de un barrio y otros se vieron reducidos en superficie (Velázquez-Haurón, Servín-Nasich, Pacheco-Figueroa, & Servín-Santa-Cruz, 2019). El área urbana comprende una superficie estimada de 2500 ha.

La delimitación temporal abarca desde inicios de 2009 hasta finales de 2020, periodo de estudio escogido debido a que

en dicho lapso de tiempo han ocurrido una serie de modificaciones en el territorio con el plan de terminación de Yacyretá y la suba definitiva del embalse a cota 83 m.s.n.m, lo cual generó pérdida de territorio, procesos migratorios y modificaciones en el paisaje.

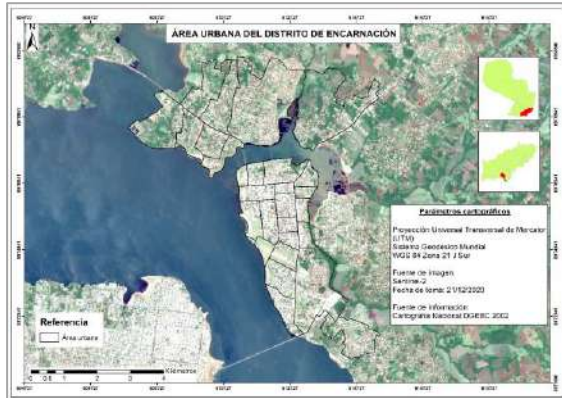


Figura 1. Mapa de ubicación del área urbana de la ciudad de Encarnación.

La búsqueda y descarga de información se realizó desde la red del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) “Earth explorer”, estableciendo los siguientes criterios: delimitación del área de búsqueda y el rango de fechas. Posteriormente, se seleccionó el tipo de producto requerido: las plataformas satelitales Landsat 5 TM C2 L1 para los años 2009 hasta fines del 2011, y Landsat 8 OLI/TIRS C2 L1 para el análisis de los años posteriores hasta el año 2020. En este punto se escogieron los productos que tuvieran un porcentaje de nubosidad reducido para evitar interferencias en el procesamiento de la información. Finalmente, obtenidas las especificaciones, se procedió a su

descarga en el formato Geo TIFF. En total se descargaron 22 imágenes.

En la tabla 1 se resumen las especificaciones de las imágenes satelitales, ciertas características como el *path* y *row* son partes inherentes al sensor utilizado, así como la obtención diurna de las imágenes. En cambio, el porcentaje de nubosidad se estableció a valores inferiores al 15%, metodología empleada por Trujillo Uribe (2014), lo que llevó a descartar una gran cantidad de imágenes afectadas. De igual manera, antes de proceder a la descarga, se verificó que la nubosidad (aunque mínima) no se encontrara acentuada sobre el área de estudio.

Tabla 1. Características de las imágenes satelitales.

Parámetro	Característica
Sensor	Landsat 4-5 TM C2 L1 Landsat 8 OLI/TIRS C2 L1
Nubosidad	<15 %
Path	224
Row	79
Inicio	Enero de 2009
Fin	Diciembre de 2020
Obtención de escena	Diurno

Los datos de temperatura máxima diaria se obtuvieron de la Dirección de Meteorología e Hidrología, específicamente de la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Tte. Amín Ayub González de

Capitán Miranda, ubicado aproximadamente a 16 km de Encarnación. El procesamiento de la información satelital para la determinación de la temperatura superficial se aplicó de manera individual a cada producto, utilizando el software ArcGIS 10.4.1.

El primer paso consistió en proyectar la información en el sistema de coordenadas correspondiente a WGS 84 proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) zona 21 J Sur.

Cálculo de la Radiancia espectral o TOA (Top of Atmospheric Radiance)

El primer paso del algoritmo utilizado consistió en ingresar el número digital de la banda para transformar los números digitales a valores de Radiancia, por medio de la ecuación 1 (USGS, 2019):

$$TOA = ML \times Q_{cal} + AL \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

TOA: Radiancia espectral ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$) ML.

ML: Factor de reescalamiento multiplicativo específico de banda (este valor se encuentra en los metadatos, especificado como RADIANCE_MULT_BAND_x, donde x representa el número de banda).

Qcal: Corresponde a la banda 6 (para Landsat 5) y 10 (para Landsat 8).

AL: Factor de escalamiento aditivo específico de la banda.

Conversión de la Radiancia espectral (TOA) a temperatura de brillo (Brightness temperature)

El segundo paso consistió en determinar la temperatura de brillo (para la banda 10 en el caso de Landsat 8 y la banda 6 en Landsat 5), para lo cual se utilizaron las constantes térmicas que se encuentran dentro de los metadatos de la imagen satelital. Se utilizó la siguiente ecuación (USGS, 2019):

$$BT = \left(\frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \right) - 273.15 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

K_1 y K_2 : son constantes de conversión térmica contenidas en los metadatos llamados $K1_CONSTANT_BAND_x$ y $K2_CONSTANT_BAND_x$, en donde x representa el número de banda térmica.

$L\lambda$: TOA.

Para poder obtener los resultados en Celsius, se realizó el ajuste sumando al cero absoluto (-273,15).

Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Mediante los datos de la banda 4 (roja) y banda 5 (infrarroja), se realizó el cálculo del índice de vegetación, por medio de la ecuación 3, descrita por Ustin (2004), citado por Avdan & Jovanovska (2016):

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

NIR: banda del infrarrojo cercano.

R: banda del rojo visible.

Observación: En Landsat 5 la banda 3 corresponde al rojo visible y la banda 4 al infrarrojo cercano. En Landsat 8 la banda 4 corresponde a rojo visible y la banda 5 al infrarrojo cercano.

Cálculo de proporción de vegetación

Una vez obtenido el índice de NDVI, se procedió a calcular la proporción de la vegetación, mediante el método sugerido por Wang et al., citado por Avdan & Jovanovska (2016), que relaciona los valores de NDVI máximos (vinculados a vegetación) y mínimos (vinculados a suelo descubierto).

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

NDVI_{min}: valor mínimo de NDVI calculado en la ecuación 3.

NDVI_{máx}: valor máximo de NDVI calculado en la ecuación 3.

Nivel de emisividad de la superficie de la Tierra

Para la corrección de la emisividad se utilizó la metodología propuesta por Sobrino, Jiménez-Muñoz, & Paolini (2004), la cual puede ser utilizada para superficies heterogéneas y rugosas, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = m \times P_v + n \quad \text{Ec. 5}$$

$$\varepsilon = 0,004 \times P_v + 0,986$$

Donde:

P_v: proporción de la vegetación.

m: 0,004 y n: 0,986 son valores constantes.

Esta metodología es la que mejor se adecua al estudio teniendo en cuenta que

la superficie en análisis está compuesta por elementos variados.

Temperatura de la superficie terrestre

El último paso consistió en ingresar la siguiente ecuación para el cálculo de la temperatura superficial (Stathopoulou and Cartalis, 2007):

$$LST = \left(\frac{BT}{1 + \lambda \cdot \frac{BT}{\rho}} \right) * Ln(\varepsilon) \quad \text{Ec. 6}$$

$$LST = \left(\frac{BT}{1 + 0,00115 \cdot \frac{BT}{1,4388}} \right) * Ln(\varepsilon)$$

Donde:

LST: temperatura superficial terrestre.

BT: temperatura de brillo.

λ: 0,00115 es una constante que representa la longitud de onda de la Radiancia.

ρ: 1,4388 es la relación de la constante de Planck, la velocidad de la luz y la constante de Stefan – Boltzmann definido como ρ = h x c/j.

Una vez obtenidos todos los mapas, se establecieron ocho puntos de muestreo, y se extrajeron las temperaturas superficiales de todas las fechas analizadas. Los puntos de análisis establecidos fueron los siguientes:

- ✓ Parque de la salud, coordenadas 21J 613167 6974483 UTM.
- ✓ Paseo de los Teros de la costanera, coordenadas 21J 612221 6974887 UTM.
- ✓ Avenida Irrazábal, coordenadas 21J 613046 6975315 UTM.

- ✓ Avenida Caballero casi Avenida Irrazábal y Ruta PY06, coordenadas 21J 612781 6976965 UTM.
- ✓ Ruta PY01, entre Barrio Kennedy y Ka'aguy Rory, coordenadas 21J 610815 6978418 UTM.
- ✓ Barrio Santa María, coordenadas 21J 613585 6979878 UTM.
- ✓ Barrio San Pedro, coordenadas 21J 612335 6980266 UTM.
- ✓ Barrio San Isidro, coordenadas 21J 614914 6972011 UTM.

Los ocho puntos de análisis fueron establecidos para poder comparar el comportamiento térmico que presentan las diferentes zonas y de esta manera hacer un contraste de las temperaturas registradas sobre áreas ampliamente edificadas, espacios sub-urbanos y áreas sin intervención alguna.

Identificación de la ubicación de islas de calor con respecto al uso actual de la tierra. Para identificar el uso actual de la tierra se analizaron dos imágenes satelitales: una correspondiente al sensor Landsat 5 para el año 2009, con una resolución espacial de 30 m, obtenida desde la plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La segunda imagen satelital corresponde al sensor Sentinel-2 para el año 2020, descargada desde la plataforma de la Agencia Espacial Europea (ESA), y presenta una resolución espacial de 10 m, con lo cual se obtiene una mejor calidad de imagen. Debido a que éste se encuentra en

funcionamiento desde el 2015, no pudo ser utilizado para la primera clasificación.

Para la clasificación del uso de la tierra se utilizó la herramienta de Clasificación no supervisada del software ArcGIS, que consiste en clasificar una imagen de tipo ráster según la información contenida en las bandas espectrales. “La clasificación sin supervisión busca clases espectrales (o clústeres) en una imagen multibanda sin la intervención del analista” (ArcGIS, n.d.).

En este proceso se utilizó la combinación natural de bandas para obtener un color lo más parecido al real. Dicha capa fue utilizada para la clasificación no supervisada, en la cual se establecieron 4 clases de clasificación.

Tabla 2. Descripción de las clases de cobertura

Clase	Cobertura	Descripción
1	Área boscosa	Comprende espacios conformados por vegetación densa como bosques o fragmentos de bosques.
2	Zonas de suelo descubiert o, pastizales, vías.	Comprende áreas que poseen una vegetación escasa o nula como ser el caso de los suelos desnudos, así como también las vías de comunicación conformado por capa asfáltica, empedrados y caminos de tierra.

3	Infraestructura	Comprende las áreas edificadas.
4	Infraestructura con techos de chapa	Comprende los espacios edificadas que utilizan techos de chapa.

Una vez obtenida la imagen clasificada, se realizó la conversión del archivo ráster a formato *shapefile* (conversión a polígono), para poder obtener una versión editable con la finalidad de realizar algunas correcciones a aquellos atributos que no correspondían a la clasificación. Debido a que la clasificación se realiza en relación a los colores de píxeles, se presentan algunos errores, puesto que ciertos atributos presentan píxeles de colores muy similares. Un ejemplo de ello corresponde a los cuerpos de agua de colores muy oscuros que inicialmente fueron confundidos con área boscosa. Es por eso, que se realizó una observación minuciosa superponiendo las imágenes descargadas, corroborando con imágenes de Google Earth Pro para asegurar una mayor confiabilidad antes de la modificación de ciertos atributos.

Comparativa entre datos de temperatura del aire y temperatura superficial terrestre.

Con la información obtenida de los mapas térmicos y los datos de temperatura del aire de la estación meteorológica de la ciudad, se realizó un análisis de correlación de las variables con la finalidad de identificar si existe algún tipo de dependencia entre

ellas. Para ello, se procedió a elaborar una tabla de doble entrada con las temperaturas máximas promedio de cada año (tanto superficial como atmosférico) en cada fecha analizada y aplicar el coeficiente de correlación (r).

Resultados y Discusión

Mediante la determinación de la temperatura de la superficie terrestre a través de imágenes satelitales comprendidas entre los años 2009-2020, se observó el comportamiento térmico de la zona urbana de la ciudad de Encarnación. Se realizaron 22 mapas térmicos, comprendidos entre los meses de primavera y verano de cada año, a excepción del año 2012 (debido a que el satélite Landsat 5 operó solo hasta fines del 2011 y los productos de Landsat 8 recién estuvieron disponibles a partir del 2013).

El primer análisis corresponde a inicios del año 2009, como se observa en la figura 2, en ese entonces la ciudad presentaba un área superficial mayor a la de los años de análisis posteriores. Esto es debido a que en esa fecha todavía no se había producido la suba del embalse a la cota máxima.

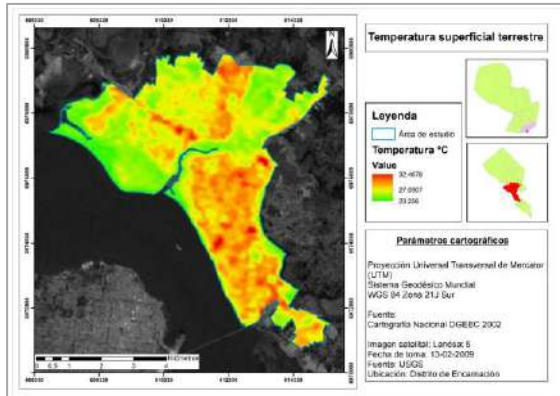


Figura 2. Mapa de temperatura superficial. Fecha 13 febrero de 2009.

En la figura 3, correspondiente al año 2010, se puede observar el cambio producido en la morfología de la ciudad posterior al primer año de estudio.

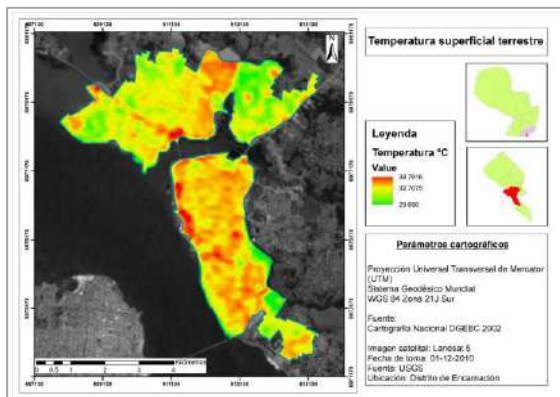


Figura 3. Mapa de temperatura superficial. Fecha 01 de diciembre de 2010.

En los mapas de temperatura superficial se hallaron los valores máximos en cada fecha analizada, luego se realizó un promedio entre los resultados obtenidos por año de estudio, lo cual puede ser visualizado en la figura 4.

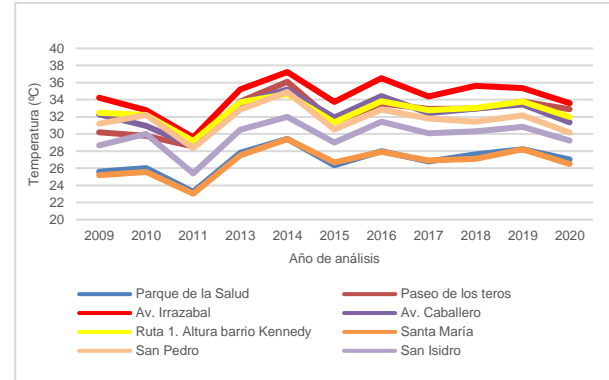


Figura 4. Temperatura superficial promedio por año en diferentes sitios.

El comportamiento térmico en diferentes sitios de la ciudad se visualiza en la figura superior. La temperatura superficial promedio entre los años 2009 hasta 2020 en los puntos de análisis sigue unos patrones bien diferenciados. Las temperaturas registradas en los sitios Parque de la Salud, ubicado en el Barrio Ciudad Nueva, y Barrio Santa María, registraron los valores más bajos, con resultados menores a 30°C en todos los casos. Ambos puntos se encuentran sobre remanentes boscosos, esto indica que las áreas compuestas de vegetación tienen la capacidad de regular la temperatura del área circundante. En relación a esto, Soto, Garzón, & Jiménez-Cleves (2020) expresan que “la correlación negativa entre temperatura y vegetación sugiere que las áreas verdes logran amortiguar el efecto de islas de calor urbano”.

En relación a la influencia que tiene el arbolado urbano sobre la regulación de la temperatura local Martini, Biondi, & Batista (2017), sostienen que a mayor densidad y

cantidad de individuos presentes en los bosques urbanos, mayor es la capacidad de enfriamiento. Por otro lado, manifiestan que componentes vegetales como pastizales o césped si bien pueden mejorar las condiciones microclimáticas, no aseguran el enfriamiento del entorno por lo que lo más recomendable es hacer un buen uso del espacio urbano implantando la mayor cantidad de árboles posibles y distribuidos de forma extensiva.

El punto de estudio situado sobre el Barrio San Isidro registró temperaturas ligeramente superiores al igual que el Barrio San Pedro, ambos en comparación al microcentro poseen menor infraestructura urbana.

Por otro lado, las mayores temperaturas superficiales se obtuvieron en los sitios ubicados en el microcentro de la ciudad o cercanos, como la Avenida Irrazábal, Avenida Caballero y el Paseo de los Teros de la zona costera. Así también, el punto ubicado sobre la Ruta PY01, entre los Barrios Kennedy y Kaaguy Rory, registró temperaturas elevadas. Estos lugares están conformados por superficies densamente edificadas, al igual que mayor cantidad de suelos impermeabilizados por capa asfáltica. Una investigación realizada por Soto-Estrada (2019) en la que se estudió la isla de calor urbana en la ciudad de Medellín, Colombia, concluyó que el fenómeno se encontraba acentuado en el centro de la ciudad, lo cual se atribuyó a la

mayor densidad urbana existente así como a la exposición reducida de vientos en esa área.

Ubicación de las islas de calor con respecto al uso actual de la tierra.

En la figura 5 se presentan los cambios en el uso de suelo que se produjeron entre los años 2009 al 2020.

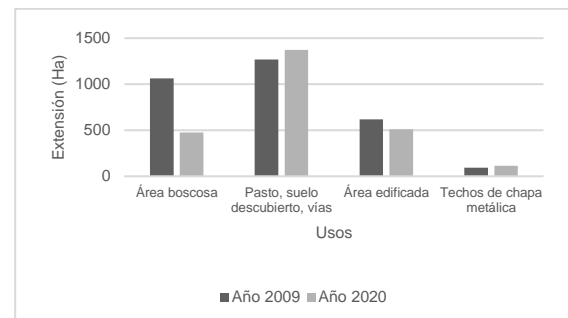


Figura 5. Cambio de uso de suelo en la zona urbana de Encarnación entre los años 2009-2020.

Se puede observar que el mayor cambio se produjo en las áreas boscosas, que presentaron una reducción del 35% al 15,65%, es decir, se perdieron alrededor de 588 Ha., lo que representa la mitad de lo existente en el año 2009. Las causas de este proceso de cambio son diversas, entre ellas se destacan los planes de urbanización, relocalización de damnificados por la suba del embalse, áreas inundadas y otros fines que requirieron la deforestación. En cuanto a las zonas compuestas por pasto, suelos descubiertos y vías, se observa un ligero incremento del 3,3% para el año 2020.

Por otro lado, según los resultados obtenidos, la superficie edificada para el último año del análisis decreció 3,5%, esto

podría tratarse de una malinterpretación de la clasificación (puesto que las edificaciones han ido en aumento), causada por la diferencia entre la resolución espacial de las imágenes tomadas para el análisis.

En cuanto a la última clasificación, correspondiente al atributo de techos de chapa metálica, se observó un leve incremento comparado al año 2009, que en ese entonces representaba 9.360.000 m² y en el año 2020 fueron 114.620.000 m².

La finalidad de esta investigación estuvo centrada en el comportamiento térmico de la superficie terrestre, razón por la cual los cuerpos de agua no fueron incluidos en la elaboración de los mapas; no obstante, el cambio producido en la morfología de la ciudad puede ser contrastado con claridad en las siguientes figuras.

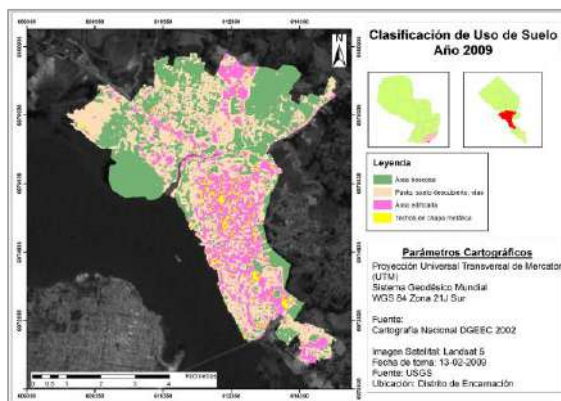


Figura 6. Clasificación de uso de suelo para el año 2009.

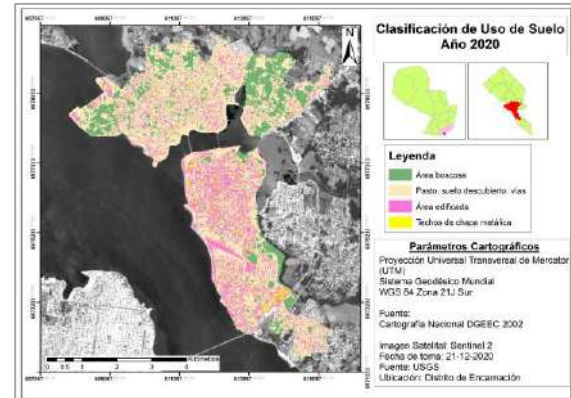


Figura 7. Clasificación de uso de suelo para el año 2020.

La clasificación de uso de suelo fue de utilidad para comprender los espacios que presentaron mayores temperaturas superficiales, para lo cual se realizó un promedio de temperaturas superficiales para la fecha 13 de abril de 2009 y 28 de diciembre de 2020, de manera a identificar en qué tipo de uso de suelo se registraron los promedios de temperatura más elevados. Para llevar a cabo esto, se utilizó la información contenida en las capas ráster de uso de suelo y temperatura superficial obtenida para cada fecha. Mediante la creación de una cuadrícula en el software ArcGIS se obtuvieron aproximadamente mil puntos de muestreo para cada fecha, y con estos puntos se relacionaron los valores de temperatura y la clasificación de uso de suelo, cuyos resultados pueden ser apreciados en las figuras 7 y 8.

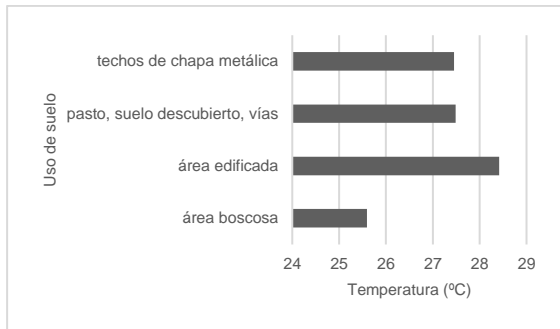


Figura 8. Promedio de temperaturas superficiales en relación al uso de suelo para el año 2009. Fecha: 13 de febrero de 2009.

El promedio de temperatura superficial en relación al uso de suelo para el año 2009, señala que el promedio más elevado fue de 28,4°C y se registró en áreas edificadas, seguido de la composición de pasto, suelo descubierto y vías, que registraron promedios de 27,48°C. Valores muy similares se obtuvieron para el atributo techos de chapa metálica, con temperatura de 27,45°C, y, por último, el promedio de temperaturas menores se obtuvo para las áreas boscosas, con 25,6°C.

Los resultados obtenidos en la fecha 28 de diciembre de 2020, arrojaron los mayores promedios de temperatura para la clasificación de áreas edificadas y techos de chapa metálica, con 31,4°C, las superficies compuestas de pastizales, suelos descubiertos y caminos obtuvieron resultados ligeramente menores de 30,4°C, y las áreas boscosas promedio de 28,8 °C (Figura 9).

Con estos resultados es posible conocer el comportamiento térmico peculiar que presentan las diferentes clasificaciones,

evidenciando la capacidad que tienen las modificaciones antrópicas de alterar el microclima urbano en comparación con las áreas boscosas. En relación a algunos de los atributos estudiados, La et al. (2017) menciona que los suelos desnudos o de escasa vegetación tienen una tendencia al calentamiento de la superficie, que puede ser incluso mayor en presencia de elementos construidos, y afirma que los techos tienen diferente comportamiento térmico en relación a su color, ya que en caso de tener estos albedo elevado registran temperaturas menores.

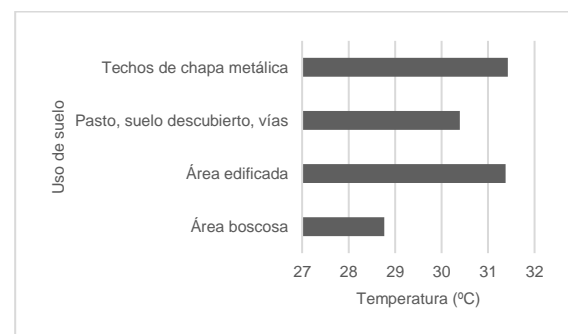


Figura 9. Promedio de temperatura en relación al tipo de uso de suelo. Fecha: 28 de diciembre de 2020.

Mediante el cálculo del Índice de Diferencia Normalizada (NDVI) en las fechas en las cuales se analizó el cambio de uso de suelo, se pudo realizar la correlación entre Temperatura superficial terrestre (TST) y NDVI.

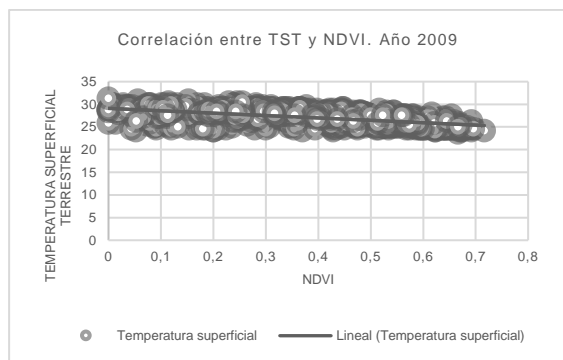


Figura 10. Gráfica de dispersión temperatura superficial terrestre (TST) y NDVI para el año 2009.

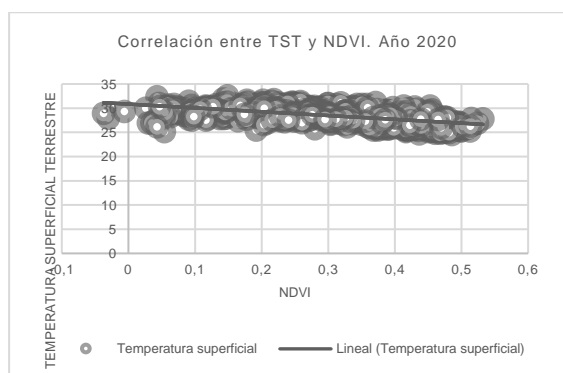


Figura 11. Gráfica de dispersión temperatura superficial terrestre (TST) y NDVI para el año 2020.

Las gráficas de dispersión (figura 10 y 11) fueron elaboradas con datos correspondientes a las fechas 13 de febrero de 2009 y 28 de febrero de 2020. En ellas se obtuvieron resultados bastante similares. Para el año 2009, el coeficiente de correlación (r) obtenido fue de -0.64 , y para el año 2020, fue de -0.60 . Con lo cual, en ambos casos se denota una fuerte correlación negativa, lo que indica que las variables se relacionan inversamente. En otras palabras, mayores valores de temperatura están relacionados a menores valores en el índice de vegetación.

Resultados similares fueron expuestos por Jami, Mora, Padilla, & Kirby (2019), en donde al analizar la isla de calor urbana en una ciudad de Ecuador y relacionar la temperatura superficial con el NDVI igualmente obtuvieron una correlación inversa elevada, concluyendo que las temperaturas de las áreas vegetales fueron menores a otros tipos de cobertura.

Comparación entre temperatura del aire y temperatura superficial terrestre.

Los datos de la temperatura del aire expuestos en la tabla siguiente corresponden a las máximas temperaturas registradas por la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Tte. Amín Ayub González en las fechas de estudio, y, por otro lado, las máximas temperaturas superficiales obtenidas a través de los mapas elaborados.

Tabla 3. Diferencia entre la temperatura superficial máxima (TST) y la temperatura del aire (T_a) obtenida de una estación meteorológica.

Fecha	TST (°C)	T_a (°C)	Diferencia entre TST- T_a (°C)
13/02/2009	32,5	32	0,5
14/12/2009	36,5	31	5,5
31/01/2010	30	33,6	-3,6
01/12/2010	38,8	31,6	7,2
18/01/2011	29,6	33,5	-3,9
02/11/2011	32,5	27,5	5
23/11/2013	31,3	31,6	-0,3
25/12/2013	40,3	36	4,3
11/02/2014	36,7	39	-2,3
25/10/2014	37,7	35	2,7

18/03/2015	32,8	34	-1,2
28/10/2015	34,9	31	3,9
16/01/2016	38,8	35,2	3,6
30/10/2016	34,3	29,8	4,5
02/11/2017	34,9	31,6	3,3
04/12/2017	34,5	32	2,5
06/02/2018	35,6	34,4	1,2
21/11/2018	35,9	31,6	4,3
09/02/2019	34,4	38,6	-4,2
10/12/2019	37,3	33	4,3
28/02/2020	33,3	30,6	2,7
28/12/2020	35,1	35	0,1

La diferencia entre ambas temperaturas presenta resultados positivos en el 72,7% de los casos, es decir, las temperaturas superficiales obtenidas por medio de los mapas fueron superiores en relación a la máxima temperatura del aire registrada en la mayoría de los casos. El 27,3% de los datos restantes presentaron valores negativos, o lo que puede ser comprendido como valores de temperatura de aire superiores. Con relación a esto, Li, Guo, Dixon, & He (n.d.) sostienen que en su mayoría los valores de temperatura superficial terrestre son mayores a la temperatura del aire (cuando se trata de temperaturas superiores a 0°C), así también, expresa que debido a las diferencias existentes entre ambos tipos de temperatura, la temperatura superficial terrestre no se puede utilizar de manera directa para determinar la temperatura del aire.

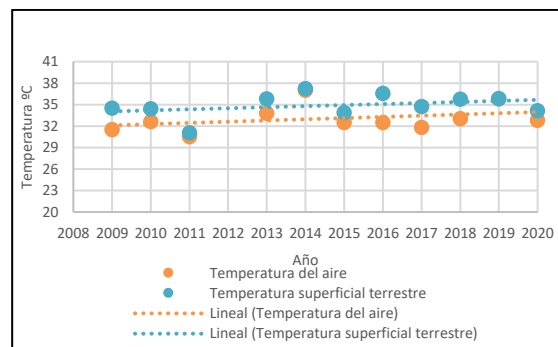


Figura 12. Promedio anual de temperatura superficial terrestre y temperatura del aire.

Para estudiar la relación entre ambas variables de temperatura presentadas en la figura 12, se determinó el coeficiente de correlación (r) con los datos de temperatura promediados por año, con lo cual se obtuvo un valor de 0,75, lo que expresa una correlación positiva fuerte entre las variables, y podría indicar que el comportamiento de la temperatura superficial terrestre es dependiente de la temperatura del aire.

En la investigación realizada por Barbieri, Despini, & Teggi (2018) en la ciudad de Modena, Italia, al correlacionar datos de dos estaciones meteorológicas representativas de la zona urbana y rural de su área de estudio con las temperaturas superficiales obtenidas de Landsat 8, obtuvieron una excelente correlación positiva, lo que representa una prueba de la efectividad y confiabilidad de las mediciones que se obtienen por medio de los satélites para el estudio de las islas de calor urbano para diferentes tipos de ciudades.

Así también, Li et al. (n.d.) presentaron una fuerte correlación positiva en la comparativa de ambas temperaturas y expresaron que las diferencias de temperaturas fueron menores en las áreas con temperaturas elevadas; en cambio, se presentaron mayores diferencias cuando las temperaturas fueron más bajas.

Por otro lado, Soberón Forsberg & Obregón Párraga (2016), en un estudio referente a las islas de calor en la ciudad de Lima, Perú, encontraron una baja correlación entre las variables de temperatura, lo que atribuyeron a un bajo número de datos en el análisis así como otros aspectos referentes al tipo de cobertura, que no fueron tenidos en consideración.

Considerando que el presente estudio únicamente tuvo en consideración datos de una estación meteorológica, es posible que dicha información no sea suficiente para representar a toda la zona de estudio, por lo cual serían necesarios mayores puntos de análisis para establecer una conclusión más sólida respecto a la relación entre la temperatura superficial y la temperatura del aire.

Conclusiones

La metodología utilizada permitió elaborar mapas térmicos a partir de imágenes satelitales Landsat durante las estaciones de primavera y verano, en el periodo comprendido entre los años 2009 y 2020 mediante el Software ArcGIS, lo que

permitió estudiar el fenómeno isla de calor urbana.

Con los resultados obtenidos se evidenció primeramente que este fenómeno está presente en la ciudad de Encarnación, acentuado en la zona céntrica y áreas periféricas a la misma, conformadas por edificaciones mayores y extensas áreas impermeabilizadas por capa asfáltica.

La identificación de uso de suelo para los años 2009 y 2020 fue posible mediante la utilización de la herramienta de Clasificación No Supervisada en ArcGIS, así como la digitalización manual posterior de ciertos atributos estudiados. El cambio más drástico se produjo sobre las áreas boscosas, las cuales sufrieron una pérdida del 45%.

Los atributos estudiados fueron sustanciales para comprender el comportamiento de la isla de calor urbana en relación con diferentes composiciones de la superficie. Con ello se puede concluir que las mayores temperaturas se registran sobre áreas conformadas por edificaciones diversas, temperaturas menores se registran en suelos descubiertos o de escasa vegetación, y en cambio, las temperaturas más bajas en todos los casos se obtuvieron sobre las áreas boscosas. Entre las áreas edificadas y las áreas vegetales analizadas llega a existir una diferencia promedio superior a 3°C.

El análisis de correlación entre el NDVI y temperatura superficial (LST) indica una

fuerte correlación negativa, lo cual constituye un indicador de que las modificaciones realizadas sobre el suelo que alteran la cobertura vegetal tienen influencia directa sobre los valores de la temperatura superficial.

La comparación en datos de temperaturas atmosféricas registradas en las fechas de estudio por una estación meteorológica y la temperatura superficial obtenidas en los mapas arrojaron valores de temperatura superficial mayores en el 72,7% de los casos. Asimismo, el análisis de correlación entre ambas variables indica que existe una correlación positiva fuerte. No obstante, en relación con esto, existen opiniones dispares entre autores, por lo que sería ideal extender el periodo de estudio y contrastar con datos de más de una estación meteorológica para obtener una mayor representatividad.

Bibliografía

ArcGIS. (n.d.). ¿Qué es la clasificación de imagen? Retrieved April 20, 2021, from <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/extensions/spatial-analyst/image-classification/what-is-image-classification-.htm>

Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>

Barbieri, T., Despini, F., & Teggi, S.

(2018). A multi-temporal analyses of Land Surface Temperature using Landsat-8 data and open source software: The case study of Modena, Italy. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5).

<https://doi.org/10.3390/su10051678>

Coutts, A., Beringer, J., & Tapper, N.

(2010). Changing Urban climate and CO2 emissions: Implications for the development of policies for sustainable cities. *Urban Policy and Research*, 28(1), 27–47.

<https://doi.org/10.1080/08111140903437716>

Jami, L., Mora, M. B., Padilla, O., & Kirby, E. (2019). Análisis de la presencia de islas de calor en el Cantón Rumiñahui mediante el tratamiento de imágenes Landsat 7 ETM+.

Revista Geospacial, 15(2), 95–111.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.634>

La, P., Urbana, P., Las, E. L. C. D. E. T., Pablo, J., Raggi, F., & Pastene, A. N. (2017). *TEMPERATURAS SUPERFICIALES Y TEJIDOS URBANOS COMO INSUMO*. 0867, 4–23.

Li, Z., Guo, X., Dixon, P., & He, Y. (n.d.). Applicability of Land Surface Temperature (LST) estimates from AVHRR satellite image composites in northern Canada. *Prairie*

- Perspectives*, 11, 119–130. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1807/69334>
- Martini, A., Biondi, D., & Batista, A. C. (2017). Urban Forest Components Influencing Microclimate and Cooling Potential. *Revista Árvore*, 41(6). <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000600003>
- NASA Earth Observatory. (n.d.). Land Surface Temperature. Retrieved December 28, 2020, from https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_LSTD_M
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>
- Oke, T. R. (1995). The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects. *Wind Climate in Cities*, 81–107. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3686-2_5
- Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3175–3186. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.003>
- Soberón Forsberg, V. S., & Obregón Párraga, E. (2016). Identificación de islas de calor en la ciudad de Lima metropolitana utilizando imágenes del satélite Landsat 5TM. *Anales Científicos*, 77(1), 34–44. Retrieved from <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/475>
- Sobrinho, J., Jiménez-Muñoz, J., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90, 434–440. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- Soto-Estrada, E. (2019). Estimation of the urban heat island in medellin, Colombia. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 35(2), 421–434. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.13>
- Soto, J., Garzón, J., & Jiménez-Cleves, G. (2020). Análisis de islas de calor urbano usando imágenes Landsat: caso de estudio Armenia-Colombia 1996-2018. *Espacios*, 41(8), 9. Retrieved from <https://www.revistaespacios.com/a20v41n08/20410809.html>
- Stathopoulou, M., & Cartalis, C. (2007). Daytime urban heat islands from Landsat ETM + and Corine land cover data : An application to major cities in Greece. *Solar Energy*, 81,



358–368.

[https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.](https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.014)

06.014

Trujillo Uribe, S. (2014). *Estimación De Temperatura Superficial En El Valle De Aburrá Mediante Técnicas De Percepción Remota*. Retrieved from <http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/409/1/AMBI0118.pdf>

United States Environmental Protection Agency. (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics*. Retrieved December 17, 2020, from https://19january2017snapshot.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium_.html

USGS. (2019). *Landsat 8 Data Users Handbook* (p. 106). p. 106. Retrieved from <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>

Velázquez-Haurón, E. J., Servín-Nasich, M. R., Pacheco-Figueroa, V. M., & Servín-Santa-Cruz, M. Á. (2019). *¿Cómo vemos a Encarnación?*

Aplicación del Zero Waste en la Industrialización de la Naranja



D.32. Medio Ambiente y Contaminación Ambiental

Aplicación del Zero Waste en la Industrialización de la Naranja

Autor: Ríos Flores, Reyna Zeila; reyna.zeila@gmail.com
Profesor Guía: Yucra Rojas, Miguel; yucramiguel@yahoo.es

Universidad Mayor de San Andrés

Resumen

El presente trabajo se orienta a la transformación de los residuos orgánicos que genera la industrialización de la naranja. Al respecto, existen empresas que generan volúmenes importantes de cascara de naranja, mismos que aún no están siendo aprovechados. En este sentido, se considera como una base teórica la filosofía del Zero Waste, que se enmarca en el modelo de economía circular, orientado a la prevención y valorización de residuos, donde cada residuo de un proceso pueda ser una materia prima para otro. En este sentido, el trabajo engloba el diseño de un proceso integral para la extracción de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. Para ello se experimentó con un kilogramo de cascara de naranja utilizando el método de arrastre de vapor y el método de hidrólisis ácida para la extracción de aceite esencial y pectina respectivamente. Así mismo se aplicó un simulador comercial con la finalidad de validar la experimentación en laboratorio. Con dicha información se escaló el proceso a una tonelada en el simulador comercial, permitiendo deducir la utilidad de la

filosofía del Zero Waste y la posibilidad del aprovechamiento de la cascara de naranja generada por las industrias, como también disminuir el impacto ambiental.

1. Introducción

Según información del Instituto Nacional de Estadística en el año agrícola 2015 - 2016 se cosecharon 185.093 toneladas métricas de naranja en Bolivia, de las cuales las regiones de los Yungas y el Chapare ubicados en los departamentos de La Paz y Cochabamba respectivamente, representan el 66,3% del total nacional.

La producción de naranja en el país ha tenido un incremento sostenible durante los últimos años, por lo tanto, se observa mayor oferta para que las industrias puedan incrementar sus volúmenes de producción de jugos, zumos, mermeladas, jaleas, concentrados, alimento balanceado, pectinas, esencias o aceites esenciales, entre otros. (FAO, 2018)

Varias empresas privadas en el país llevan adelante el trabajo de industrialización de frutas cítricas como ser la naranja y el limón principalmente. En Santa Cruz existen dos empresas que llevan adelante este tipo de trabajo una de ellas ya tiene mercado de



exportación, la otra solo cubre el mercado interno, pero ya tiene perspectivas de exportación, con superficies de producción de naranja de 280 y 1800 hectáreas respectivamente cuyo rendimiento agrícola fluctúa entre 14 y 18 toneladas de naranja por hectárea.

La empresa Delizia localizada en la ciudad de El Alto del departamento de La Paz adquirirá hasta ocho millones de naranjas anualmente; sin embargo, este año, debido a problemas de producción, sólo entregarán 6,5 millones de frutos. (Página Siete, 2016)

Por otra parte, la Empresa Boliviana de Alimentos en su planta de cítricos de Villa 14 de septiembre en el departamento de Cochabamba procesó 1,2 millones de litros de jugo de frutas y otros, habiendo incrementado el procesamiento en 229% con relación al año anterior. (eabolivia.com, 2017)

Más allá de saber los volúmenes de producción e industrialización de la naranja en el departamento de La Paz, es necesario saber los volúmenes de cascara de naranja generado por las distintas empresas que utilizan este fruto en sus respectivos procesos productivos. Algunos datos que fueron posibles recolectar son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 1 - Generación promedio de residuos de cascara de naranja

Empresa	Residuos de Cascara de Naranja (Kg/día)
Compañía de Alimentos Ltda.	1200
Pil Andina	500

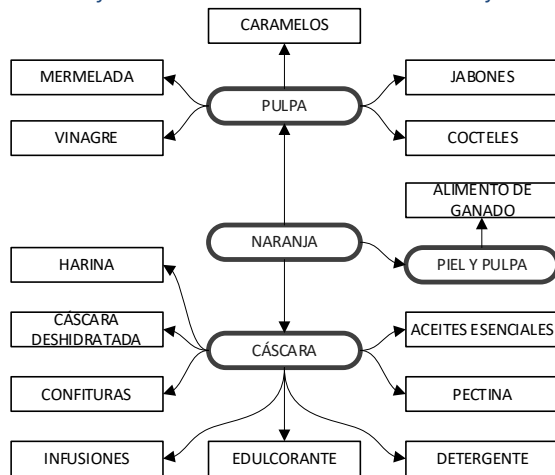
Fuente: Burgos Romero, S. 2015

La industrialización de la naranja se concentra principalmente en la producción de jugos. Según Marulanda (2001), durante este proceso, los residuos entre ellos cascara, pulpa, semillas constituyen entre el 23 y 40 por ciento en peso de la fruta.

En una experiencia manual al pesar una naranja de tamaño promedio la balanza marca 250 gramos y de esta misma solo la cascara tiene un peso de 75 gramos. Una parte de estos residuos de la naranja como ser la cascara constituyen una fuente para la obtención de aceite esencial y pectina. (Marulanda P., 2001)

En este sentido, el gráfico 1 permite comprender la magnitud de la cadena de derivados a partir de la naranja, donde claramente se puede visibilizar los productos de aceite esencial y pectina derivados de la cascara.

Gráfico 1 - Cadena de derivados de la naranja



Fuente: Elaboración propia

A pesar de existir empresas dedicadas a la industrialización de la naranja en Bolivia, aun no han consolidado actividades complementarias para aprovechar los residuos señalados, especialmente la cascara de naranja. En la actualidad dichos residuos son utilizados como parte del alimento del ganado lechero debido a las propiedades de la cáscara y bagazo de naranja para estimular la producción de leche en las vacas, por lo que el aprovechamiento de este subproducto se limita a eso.

Según Moncayo (2018), los residuos agronómicos que hace unos años se consideraban desperdicios; en la actualidad se han convertido en la materia prima de varios sectores industriales.

Por su parte, Investigadores del Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación han logrado extraer pectina, a

partir de la cascara de naranja, siguiendo un proceso de prensado, concentrado y deshidratado a altas temperaturas con el fin de obtener pellets destinados al consumo animal. (SINC, 2019)

Espinoza (2005), señala que la cáscara de naranja tiene un gran potencial como materia prima para la extracción de aceite esencial y la obtención de pectina, ya que estos se encuentran en una proporción de pectina del $17 \pm 5,00\%$ y de aceite esencial $1,5\%$ en peso.

Los problemas de contaminación ambiental relacionados con las actividades de la industria en general pueden ser prevenidos con el desarrollo de procesos industriales sostenibles, puesto que un proceso industrial es el conjunto de operaciones que hacen posible la transformación de la materia prima e insumos en productos, subproductos, residuos y desechos. Por lo tanto, un proceso industrial sostenible minimiza el impacto ambiental.

Los residuos son aquellos que aun pueden ser utilizables como materia prima de otro proceso, mientras que los desechos son aquellos resultantes de un proceso que ya no se pueden aprovechar en ningún sentido, por lo que la cascara de naranja es considerada como residuo.

Según Alianza Internacional Zero Waste el concepto Zero Waste se enmarca en el modelo de economía circular que invierte la pirámide actual de la gestión de residuos, potenciando las acciones de prevención y valorización de residuos, la idea es que cada residuo de un proceso puede ser una materia prima para otro. La jerarquía de residuos en la filosofía Zero Waste se puede observar en el gráfico 2.



Fuente: Alianza Internacional Zero Waste

Actualmente, la mayoría de los procesos productivos son diseñados bajo la tendencia de una economía lineal, es decir, una economía desechable. En la industria actual se generan residuos que son reciclados o reusados en mínima proporción, generando un daño ambiental. En consecuencia, la composición de los residuos generados se puede observar que más de la mitad son de origen orgánico, esto nos muestra que los residuos que se generan pueden ser reusados o reciclados,

más, si se trata de residuos agroindustriales.

El diseñar procesos industriales desde la cultura Zero Waste permite observar los residuos como bienes preciados en sí mismos, donde la idea es que cada residuo de un proceso pueda ser la materia prima para otro.

Por ello se destaca que el aceite esencial de naranja se encuentra principalmente en sacos de forma ovalada en el flavedo o en la porción anaranjada de la cascara y actúa como una barrera toxica natural para muchos microorganismos e insectos. La recuperación de este aceite esencial de cítricos se efectúa generalmente por métodos mecánicos “presión en frio de la cáscara”, sin embargo, también se realiza el proceso de extracción del aceite por medio de hidrodestilación, destilación con vapor, hidrodestilación asistida por microondas, extracción con solvente y extracción con fluidos supercríticos. (Argyropoulou, Daferera, Tarantilis, Fasseas, & Polissiou, 2007)

La extracción de aceites esenciales de cítricos según Ferhat (2006), extrae aceite esencial a partir de cascara de naranja comparando los rendimientos de los procesos de hidrodestilación y la destilación asistida por microonda,



obteniendo una mayor fracción de compuestos oxigenados mediante este último método, además de obtener un menor daño estructural del material vegetal. Por su parte, Blanco et al. (2015), realizaron un estudio comparativo de los aceites esenciales extraídos por destilación con vapor y presión en frío de las cáscaras y hojas de los cítricos colombianos, mediante análisis de cromatografía de gases de alta resolución usando un detector selectivo de masas, concluyendo en que no existe una diferencia cuantitativa ni cualitativa en la composición entre los aceites esenciales de las cáscaras de los cítricos obtenidos por los dos métodos.

El método convencional de obtención de pectinas toma aproximadamente dos horas obteniendo buenos rendimientos de pectina, sin embargo, la pectina puede sufrir una degradación térmica debido al largo periodo de calentamiento directo. Para el proceso de obtención, se utiliza como solvente el etanol, ácido clorhídrico, metanol, cloroformo, ácido cítrico y agua. (Yeoh, Shi, & T. A. G., 2008)

El proceso industrial para la obtención de la pectina incluye la extracción a partir del material vegetal, purificación del extracto líquido, concentración de la pectina a partir

del extracto líquido y secado. (Wang, Chuang, & Hsu, 2008)

La obtención de pectina a partir de cáscara de naranja ha sido estudiada por Fishman (2003), mediante una extracción ácida al albedo de la naranja mediante una inyección de vapor a baja presión (15 psi), obteniendo pectina de alto metoxilo. Mesbahi (2005), realizó un estudio comparativo de las pectinas de cítricos y de la remolacha en sistemas alimenticios con el fin de optimizar la extracción de las mismas y búsqueda de posibles nuevos usos. Liu y Yeoh (2008), estudiaron la extracción de pectina a partir de la cáscara de naranja a diferentes relaciones de solvente, Ph y diferentes técnicas de extracción usando agua, obteniendo mayor cantidad de pectina mediante el método Soxhlet que mediante extracción con microonda.

El aceite esencial de naranja es un antidepresivo, sedante. (Fowler, 1998) Se utiliza en la industria de fármacos y como cosméticos porque limpia y revive la piel opaca. También es usado por sus propiedades germicidas, antioxidantes y anticancerígenas. (Lawless, 1995)

Las pectinas son compuestos importantes de la pared celular de las plantas que actúan como material fortalecedor de la



pared celulósica. Tiene aplicación en la industria de alimentos por sus propiedades espesantes, estabilizantes y gelificantes para la fabricación de néctares, mermeladas y confituras. En la producción de jugos naturales aumenta la estabilidad de la turbidez y viscosidad de productos a base de tomate. (Willats, Knox, & Dalgaard Mikkelsen, 2006)

Este trabajo propone la integración del proceso de extracción de aceite esencial y el proceso de obtención de pectina mediante el método por arrastre de vapor e hidrólisis ácida respectivamente a partir de la cáscara de naranja como alternativa para realizar el aprovechamiento de los residuos de cáscara de naranja, con el fin de generar un manejo integral del fruto.

Las pruebas experimentales a partir de un kilogramo de cáscara de naranja obtenida de distintos lugares después de ser extraída de esta el jugo, en el Laboratorio de Procesos en el Instituto de Investigaciones Industriales en Cota Cota del departamento de La Paz – Bolivia. Así mismo, se realizó el proceso de extracción utilizando un simulador comercial adaptándose al proceso real con las mismas condiciones de la prueba experimental con el fin de comparar los rendimientos obtenidos, posteriormente se escaló el proceso a una tonelada. Como

resultado se demuestran las ventajas del proceso integral y la posibilidad de su implementación a nivel industrial.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Presentar una opción tecnológica que permita aprovechar la cáscara proveniente de la industrialización de la naranja para la extracción de aceite esencial y pectina utilizando el método por arrastre de vapor y la hidrólisis ácida respectivamente con el enfoque Zero Waste.

2.2. Objetivos Específicos

- Conocer la composición fisicoquímica de la cáscara de naranja
- Experimentar mediante el proceso integral para la extracción de aceite y la obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja
- Escalar a nivel industrial mediante la simulación del proceso integral a nivel laboratorio.

3. Materiales y métodos

3.1. Material vegetal para la experimentación

La cáscara de naranja, materia prima del proceso integral propuesto se recolectó de los comerciantes de jugo de la fruta en la ciudad de La Paz y El Alto del departamento de La Paz día antes de la

experimentación. Con estas se realizaron tres pruebas, variando estas en el tamaño de la cáscara para su tratamiento. Para una tercera prueba se compró la fruta en el mercado “El Tejar” en la ciudad de La Paz, se la pelo para de esta obtener la cascara fresca el mismo día de la prueba.

Las primeras pruebas se realizaron con las cascara recolectadas día antes. En la primera prueba la cascara de naranja recolectada estaba cortada en tiras delgadas como se puede observar en el gráfico 3.

Gráfico 3 - Cáscara de Naranja en tiras largas



Fuente: Foto tomada por el autor

La cáscara se pelo en tiras y se cortó en pedazos más pequeños de aproximadamente 1 cm de ancho por 4 cm de largo. Para la segunda y tercera prueba las cascara de naranja estaban partidas a la mitad, para la segunda prueba se mantuvo las cascara con su pulpa, en la tercera prueba se quitó toda la pulpa, como se muestra en el gráfico 4.

Gráfico 4 - Cáscara de naranja con y sin su pulpa



Fuente: Foto tomada por el autor

La cáscara se cortó en cuadrados de aproximadamente 4 cm² de área.

Gráfico 5 - Cáscara lista para ser procesada



Fuente: Foto tomada por el autor

En la cuarta prueba se compró la fruta y se la pelo el mismo día antes de la experimentación, se cortaron los pedazos con un área aproximada de 4 cm².

Gráfico 6 - Cáscara de naranja fresca



Fuente: Foto tomada por el autor

Se corta la cáscara en pedazos más pequeños, para aumentar la superficie de contacto en la extracción del aceite.

3.2. Equipos utilizados en la experimentación

El extractor de aceite esencial que se utilizó para las pruebas fue el equipo existente en el Laboratorio de Procesos Industriales en el Instituto. Mediante el extractor de aceite, es posible obtener el aceite esencial y el hidrolato o agua Madre que contienen las cáscaras. El equipo extractor resiste choques térmicos y altas temperaturas.

Componentes del equipo:

- Cámara de extracción: Hecha de material de vidrio de borosilicato marca Schott Duran, resistente a la corrosión química.
- Condensador de alto rendimiento: De material de vidrio de borosilicato.
- Sistema de calefacción por velas de cuarzo.
- Sistema de seguridad de nivel constante: El cual evita el funcionamiento del equipo en condiciones dañinas y alerta al operador.
- Tablero electrónico de comando
- Canasto de acero inoxidable para colocar la materia prima.

- Válvula de descarga con llaves selectoras: hechas de material de borosilicato marca Schott Duran y PTFE.
- Volumen de la cámara de extracción de 20 litros.

Gráfico 7 – Equipo de extracción de aceites esenciales en el Laboratorio de procesos



Fuente: Foto tomada por el autor

La obtención de pectina se realizó con materiales, equipos e insumos de fácil adquisición, dado que el proceso experimental no requiere de equipos industriales. Estos fueron un calefactor y ollas de acero que resistan variaciones de temperatura durante tiempo prolongado, además de filtros y cernidores.



Los instrumentos de control usados en ambos procesos fueron termómetros, Phmetro y cronómetros.

3.3. Métodos

3.3.1. Experimental

La producción de aceite esencial a partir de la cascara de naranja puede describirse en un proceso compuesto de siete operaciones: Recepción de materia prima, lavado, seleccionado, picado, extracción del aceite, condensación, decantación.

El proceso de destilación con vapor para la obtención de aceite esencial, provee buenos rendimientos en comparación con el proceso de presión en frío, el cual es generalmente usado para la extracción de aceite esencial de cítricos. (Blanco Tirado, Stashenko, Combariza, & Martinez, 1995)

En cuanto a la producción de pectina puede describirse como un proceso compuesto de ocho operaciones: Hidrolisis ácida, filtración, concentración, precipitación, filtración, secado, molienda, tamizado.

El proceso integral de producción de aceite esencial y pectina a partir de la cascara de naranja presentado en este trabajo se puede observar en el gráfico 8.

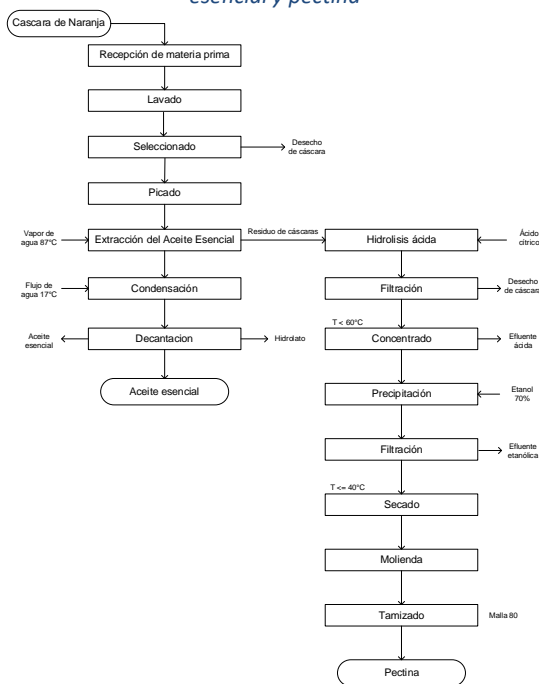
La cascara de naranja debe ser recepcionada en un contenedor abierto para dejar que se ambiente, y así evitar la

acumulación de humedad y por consiguiente la formación de hongos. La cascara es sometida a un lavado, proceso en el cual se elimina la tierra, polvo, basura y todo elemento adherido a la cáscara. Se lo realiza con agua fría, frotando con las manos la parte superior de la cáscara.

Se selecciona la cascara de forma manual para verificar la presencia de agentes contaminantes, hongos y cualquier otro elemento que pudiese afectar el proceso. Se debe rechazar además aquellas que presentan alto grado de maduración o que están en estado descomposición. El picado se realiza con el fin de incrementar la superficie de contacto de la cascara de naranja con las distintas soluciones que se añadan en las operaciones siguientes. Se debe reducir el tamaño de la cascara aproximadamente a 4 cm². Para la extracción del aceite esencial. La cascara debe ser empacada en la cesta del extractor. Dejándolas caer lentamente dentro de ella, no aplastar ni empujar la cascara dentro del cesto. Se realiza el proceso de extracción por 4,5 horas aproximadamente, realizando el monitoreo del flujo de agua fría en el condensador. El proceso de extracción termina cuando se observa que la cantidad de aceite se mantiene constante. De la destilación se obtiene una emulsión de agua y aceite que se separa por decantación simple. Se

recibe el Hidrolato o agua floral de forma continua. Cuando termina la extracción, se espera a que todo el aceite se concentre y después recién se lo recoge en frascos de color ámbar para evitar la posible descomposición del aceite por efecto de la luz.

Gráfico 8 - Proceso integral de obtención de aceite esencial y pectina



Fuente: Elaboración propia

La cáscara que queda como residuo después de extraído el aceite esencial será sometidas al proceso de obtención de pectina. Se realiza la hidrolisis acida de la cascara con agua acidulada. La hidrolisis acida es la parte más importante del proceso de extracción de pectina.

Primero se procede al pesado de los residuos de cascara que quedan después

de la extracción de aceite. El peso obtenido determinara las relaciones de los aditivos a usar en las siguientes operaciones. Se pesa la cantidad de cascara, en una olla se le añade agua en una relación de 1:3. Por ejemplo 1 litro de agua por cada 300 gr de cáscara. Habiendo llenado la olla, se procede a incluir el ácido cítrico en la solución, el ácido cítrico se encarga de disminuir el pH de la solución, hasta un promedio de 3. Se añade el ácido cítrico poco a poco. La relación va de 1:0.015, es decir por 1 Kg de cascara se deben añadir 0.015 Kg de ácido cítrico, sin embargo, no es una relación exacta. Por lo que se añade el ácido cítrico de 5 gr en 5 gr, hasta llegar a un pH ideal de 2,2 que de acuerdo a varios estudios es en esa solución acidulada que se ve mayor rendimiento. El pH aceptable es desde 1,5 hasta 3.

Para el proceso de separación, se somete a calentamiento a la solución hasta que comience a hervir, y unos 20 minutos más después de alcanzar su punto de ebullición, agitando de manera constante para que la pectina separada no se pegue a las paredes de la olla. Terminado el proceso de calentamiento se vuelve a medir el pH. Para terminar el proceso de hidrolisis acida se debe dejar enfriar entre 5 a 7 minutos. La solución anterior se separa mediante una coladera casera para obtener solo la mezcla de pectina con agua



y ácido cítrico. La mezcla resultante del proceso de hidrólisis ácida vuelve a ser calentada para poder concentrarla, a una temperatura entre 50°C y 60°C durante 20 minutos.

De la solución concentrada de pectina se evapora el 25% del agua, a esta solución primero se la debe medir en volumen y añadir el doble en alcohol, de esta manera se puede realizar la precipitación completa de la pectina. Se agita de 5 a 7 minutos y se deja precipitar por lo menos 1 hora.

El filtrado de la pectina se lo realiza con un filtro de tela, vaciando en pequeñas cantidades y con ayuda de una cuchara de cocina se separa el líquido y la pectina húmeda que queda atrapada en la tela. La pectina húmeda separada se extiende en bandejas para su posterior secado. Se someterá a secado natural, se deben disponer varios envases con la pectina dispersa y se la dejara secando entre 48 a 72 horas dependiendo de la temperatura ambiental natural.

Para el molido en la misma tela que se usó para el filtrado se colocan los trozos de pectina seca, se cubre en su totalidad haciendo uso de un martillo de cocina. La pectina se debe pasar por un tamiz de malla 80 cuyo diámetro de las redes es

similar, para garantizar un producto homogéneo y su posterior envasado.

3.3.2. Simulación Industrial

La simulación del esquema de producción de aceite esencial y pectina a partir de la cascara de naranja se realizó usando el software de procesos Aspen Plus versión 11.1 el cual es un simulador secuencial modular, que permite una estrategia orientada a ecuaciones. Inicialmente se identificó la topología del proceso, para esto fue necesario, definir las unidades de operación y las corrientes de proceso que fluyen entre ellas, igualmente se seleccionó los modelos de unidades de operación de la librería de Aspen de acuerdo a la tecnología a utilizar. Posteriormente se especificaron los componentes químicos del proceso, además se ingresaron las propiedades de los componentes que no se encuentran en la base de datos. Se especificaron los caudales de flujo y las condiciones termodinámicas de las corrientes de alimentación al proceso, y se inició de una manera secuencial a especificar las condiciones de operación para las unidades del diagrama de flujo de proceso. La capacidad de las plantas de extracción de aceite esencial y pectina simulada inicialmente fue de 1 kg/h de cáscara y se realizó a las mismas condiciones establecidas a nivel

experimental. Con el fin de demostrar la posibilidad técnica del proceso se realizó la simulación con 1000 kg de cáscara de naranja.

4. Resultados y discusión

4.1. Desde la composición

En la tabla 2 se puede observar las características de la cáscara y su composición fisicoquímica aproximada. Para analizar su composición se la realiza con materia seca (DM)

Tabla 2 - Composición fisicoquímica de la cáscara de naranja

Parámetro	Valor
Sólidos Solubles (°Brix)	7,10 ± 1,20
pH	3,93 ± 0,03
Total de acidez (g de ácido cítrico/100 ml)	0,29 ± 0,03
Índice de formol	34 ± 2,40
Humedad %	85,9 ± 1,60
Grasa % (DM)	1,55 ± 0,17
Ceniza % (DM)	3,29 ± 0,19
Proteína % (DM)	6,16 ± 0,23
Carbohidratos % (DM)	89,0 ± 1,10
Fibra Soluble % (DM)	
Azúcares Neutrales	3,80 ± 0,30
Ácido urónico	7,10 ± 0,90
Lignina	3,20 ± 0,40
Pectina % (DM)	17 ± 5,00

Fuente: Espinal Carlos, 2005

De lo reportado por Espinal (2005), a partir del análisis fisicoquímico que realiza a la cáscara de naranja como se observa en la tabla 2, la cáscara de naranja contiene 1,5% en peso de aceite esencial y 17% de pectina aproximadamente.

Si hablamos de 1000 gramos de cáscara de naranja, se podría llegar a extraer hasta 15 gramos de aceite esencial y 170 gramos

de pectina, estos rendimientos son nuestra base teórica para el cálculo de rendimientos en la experimentación.

4.2. Desde la experimentación

Para el proceso de extracción de aceite esencial y pectina se utilizó un kilogramo de cáscara de naranja fresca con una humedad del 80% porcentaje en peso. La extracción del aceite esencial se realizó por medio de destilación con vapor, tal como se lo describe antes en el punto 3.3.1 Los rendimientos obtenidos fueron de 10 ml/kg de cáscara fresca. El tiempo de extracción de aceite esencial con vapor de agua fue de 4,5 horas. Al aceite esencial extraído fue medido mediante un phmetro dando una lectura de 4,3.

Es importante resaltar que la técnica de extracción con vapor de agua, la materia prima únicamente entra en contacto con vapor de agua, sin la necesidad de agregar solventes químicos, lo que asegura un aceite esencial de alta calidad.

Para el proceso de extracción de pectinas, se utilizó la cáscara de naranja provenientes del proceso de extracción de aceite esencial. La extracción de la pectina se la realiza como se describe en el punto 3.3.1. Los rendimientos obtenidos fueron de 49.7% en relación a la pectina teórica presente en la cáscara. El tiempo del

proceso de obtención de la pectina fue aproximadamente de 4 horas, sin incluir la operación de secado. El secado al natural fue aproximadamente de 48 horas. Se uso un secado natural para no alterar el color de la pectina extraída, ya que al secar la pectina en un horno o un secador de bandejas se corre el riesgo de que el calor quemara la pectina y la vuelva más oscura.

En la tabla 3 se muestran los rendimientos del proceso integral desarrollado experimentalmente.

Tabla 3 - Rendimientos experimentales

ACEITE ESENCIAL									
Codigo	Muestra Inicial (g)	Tiempo (min)	Temperatura del vapor	Material Residual (g)	Masa de Aceite (g)	Volumen de Aceite (ml)	Densidad teórica (g/ml)	Rendimiento	
PI - 1	2000	200	83	2087,00	8,10	9,76	0,83	0,41%	
PI - 2	2300	270	81	2400,05	15,25	18,15	0,84	0,66%	
PI - 3	2000	240	87	2087,00	11,92	14,54	0,82	0,60%	
PI - 4	1500	200	81	1565,25	7,98	9,50	0,84	0,53%	
PECTINA									
Codigo	Masa albedo (g)	Volumen de agua añadido (ml)	Masa ácido cítrico añadida (g)	Tiempo de Hidrolisis (min)	Ph en la hidrolisis (Aproximado)	Volumen solución concentrada (ml)	Masa pectina seca y molido (g)	Rendimiento	Características de la pectina obtenida
PI - 1	1500	5000	15	130	2,5	3750	190	12,67%	Pectina de color marfil oscuro
PI - 2	1200	4000	12	105	2,2	3000	240	20,00%	Pectina marfil claro a ocre
PI - 3	1100	3600	11	110	2,8	2700	210	19,09%	Pectina de color ocre
PI - 4	1000	3300	10	90	2,6	2475	180	18,00%	Pectina marfil claro a ocre

Fuente: Elaboración propia

(*) PI: prueba Integral

Los rendimientos en la tabla 3 son calculados a partir de la relación de la masa de cáscara con la masa de aceite esencial y pectina obtenidos respectivamente a partir del proceso integral.

En la segunda prueba es donde se ven rendimientos más altos. Para el aceite esencial de 0.66 % y para la pectina de 20.00 %. La pectina obtenida de este

proceso es de color marfil a ocre lo que es importante en su comercialización, ya que en la industria alimenticia no se acepta pectina de color oscuro.

Los diferentes rendimientos se dieron por las características de la cáscara que se usó para cada prueba, como esta descrito en el punto 3.1.

Los rendimientos entre las diferentes variables no tienen variaciones muy significativas. La pectina obtenida de las diferentes pruebas varía principalmente en el color. La pectina que es de color oscuro resultante de la tercera prueba no es aceptada en la industria de alimentos.

Si comparamos estos rendimientos con la base teórica establecida en el punto 4.1 el rendimiento de pectina y aceite esencial en 54% y 49,7% respectivamente.

Concluimos que el rendimiento más alto a partir de un kilogramo de cáscara, se dio en la prueba integral PI - 2, presentada en la tabla 3, donde se trabajó con cáscara que aun contenía parte de su pulpa. Este tipo de cáscara es la que más produce la industria de la naranja.

4.3. Desde la simulación experimental

Teniendo en cuenta las condiciones realizadas a nivel experimental, la base de

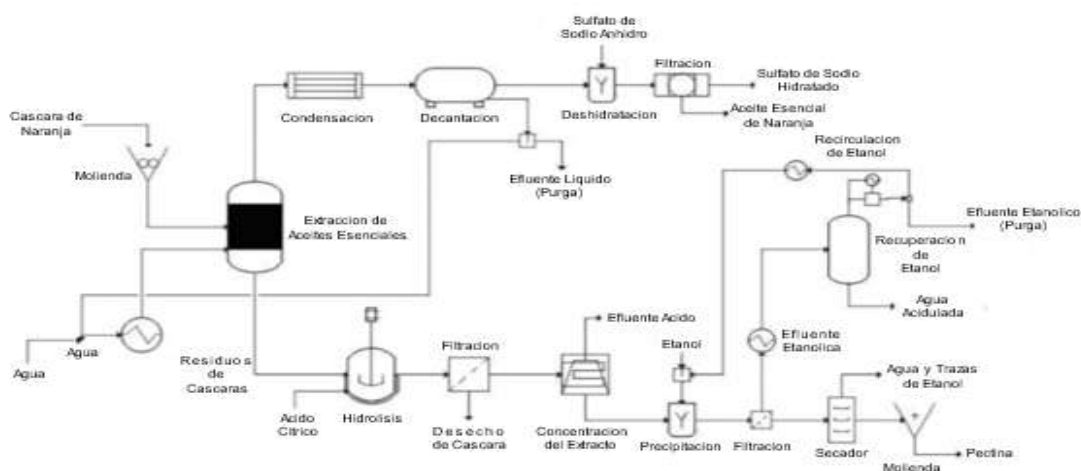
cálculo para el desarrollo de simulación fue 1kg/h. El flujo masico, junto con las composiciones de la cascara de naranja permitió simular el proceso integrado de producción de aceite esencial y pectina. El grafico 9 muestra el diagrama de flujo del proceso simulado, con la diferencia de que en el proceso de laboratorio no existe recirculación de agua como en el proceso simulado. Así mismo sucede con el etanol en ambos procesos. En consecuencia, el sistema simulado permite la producción de aceite esencial de alta pureza y pectina.

En el esquema simulado se obtuvo una producción de 11,14 ml de aceite esencial y 35 gr de pectina a partir de la cascara fresca con un contenido de humedad del 80% en peso. En el área de extracción de aceite se obtiene los residuos de cáscara de naranja, que son llevados a la extracción de pectinas mediante el desarrollo del proceso de hidrolisis acida.

Para esto se emplea 12 gr de ácido cítrico en promedio. Después de realizar la hidrolisis se obtiene una corriente de desechos "Desechos de cáscara de naranja", que contiene 3,08 y 22,3 de porcentaje en peso en base seca del aceite y pectina no extraídos en el proceso respectivamente.

El proceso de separación consta de dos etapas, la primera fue la purificación y deshidratación del aceite esencial, esta área consta de un extractor donde el vapor de agua a 90°C arrastro el aceite esencial. Este fue condensado antes de pasar al decantador donde se separó la fase acuosa del aceite esencial. Finalmente, fue deshidratado con sulfato de sodio anhidro obteniendo finalmente 11,14 litros por hora de aceite esencial.

Gráfico 9 - Diagrama de flujo del proceso simulado del proceso integral



Fuente: Cerón & Cardona, 2015



La corriente acuosa proveniente del decantador fue recirculada hacia el extractor con una relación de divisor de 90% para recuperar la fracción de aceite disuelta en agua. De la corriente recirculada se obtuvo una corriente de purga “efluente líquido (purga)”, la cual contiene 0,05% de aceite esencial.

La segunda etapa de separación en el proceso simulado fue la encargada de la purificación y secado de la pectina. En la etapa de precipitación fueron necesarios 0,52 litros por hora de etanol, el 90% del etanol utilizado fue recuperado en un evaporador de una etapa y recirculando al proceso con el fin de disminuir la cantidad de etanol fresco requerido. El proceso de secado se llevó a cabo en un horno de circulación de aire frío donde se disminuyó la humedad y trazas de etanol, obteniéndose finalmente 61,72% de pectina en una corriente de 0.035 kg/h.

El rendimiento alcanzado en la simulación fue de 60,03% para el aceite esencial y 49,95% para la pectina, con base al contenido inicial de cada uno en la cáscara de naranja.

Se puede observar que los rendimientos obtenidos en laboratorio y la simulación experimental no presentan variaciones significativas. Por lo tanto, la herramienta

de simulación permitió realizar la evaluación del proceso en la etapa de diseño permitiendo comparar de manera eficiente diferentes etapas, acercando los conceptos y decisiones lo más posible a la realidad.

4.4. Desde la Simulación Industrial

El proceso simulado, engloba dos etapas ilustradas en el gráfico 9, siguiendo las mismas condiciones descritas en los puntos 3.1 y 3.3.2. La capacidad de la planta de producción de aceites esenciales y pectina usada fue de 1000 kg/h.

Los requerimientos de servicios por kilogramo de cascara fresca procesada obtenido de los resultados de las simulaciones son:

- A nivel de laboratorio procesando 1 kilogramo de cáscara: para la caldera es de 284,66 kilo Joules, para el enfriador es de 353,19 kilo Joules y energía eléctrica 0,0035 kilo Watts.
- A nivel industrial procesando 1000 kilogramos de cáscara: para la caldera es de 236,27 kilo Joules, para el enfriador es de 293,15 kilo Joules y energía eléctrica 0,0029 kilo Watts.

En este sentido al procesar 1000 kg/h de cascara se logra reducciones en los

requerimientos de los servicios de alrededor del 17% por cada kilogramo de cáscara procesada.

El rendimiento alcanzado en la simulación industrial fue de 61,03% para el aceite esencial y 51,45% para la pectina, con base al contenido inicial de cada uno en la cáscara de naranja presentada en la tabla 4.

Tabla 4 - Rendimientos del proceso integral

Rendimientos	Simulación de la experimentación en laboratorio (1 kg)	Procedimiento de laboratorio (1kg)	Simulación industrial (1000 kg)
De aceite esencial (%)	60,03	54	61,03
De pectina (%)	49,95	49,7	51,45

Fuente: Elaboración propia

Los rendimientos presentados en la tabla 4 no muestran grandes variaciones, demostrando así la coherencia entre un proceso con un kilogramo a nivel laboratorio y 1000 kilogramos a escala industrial.

Por lo tanto, si trabajamos con 1000 gramos de cáscara podríamos llegar a extraer 610,3 gramos de aceite esencial y 514,5 gramos de pectina.

5. Conclusiones

Aplicando la filosofía del Zero Waste para el diseño del proceso integral de extracción de aceite esencial y pectina mediante el método de arrastre de vapor e hidrólisis ácida respectivamente nos permite la oportunidad de valorización de los residuos

generados en cada proceso. Donde el residuo de la industrialización de la naranja, específicamente la cáscara se vuelve en materia prima del proceso para la extracción de aceite esencial y el residuo que deja este proceso se vuelve la materia prima del proceso de obtención de pectina por hidrólisis ácida, logrando así un aprovechamiento integral del fruto.

Este proceso integral presenta como ventaja la disminución en equipos en las etapas de recepción de materia prima, lavado, molienda, pesado y extracción de aceite. Ya que estas operaciones con las mismas en ambos procesos y se requieren solo una vez. El proceso planteado se puede implementar en la producción de jugos, con lo cual se lograría un aprovechamiento integral del fruto. Además, el uso de la cascara de naranja como materia prima evita que estas sean dispuestas como desechos y por ende contribuiría a la disminución del impacto ambiental.

Los rendimientos del aceite esencial y pectina obtenidos mediante simulación y el proceso experimental, trabajados a condiciones similares, son semejantes por lo que se puede concluir que las técnicas de simulación se adaptan a la realidad del proceso, proporcionando bases para un posterior diseño detallado del mismo y su



optimización. El aceite esencial de naranja tiene una fracción considerable de compuestos de alto peso molecular, responsables del olor y sabor característico de este producto, permitiendo obtener aceite esencial de buena calidad mediante la extracción con arrastre de vapor. La pectina obtenida se puede clasificar de acuerdo a su color y su aceptabilidad en la industria, el proceso integral nos permite obtener una pectina de color marfil oscuro aceptable en la industria.

Bibliografía

- Argyropoulou, C., Daferera, D., Tarantilis, P. A., Fasseas, C., & Polissiou, M. (2007). Chemical composition of the essential oil from leaves of *Lippia citriodora* H.B.K. at two development stages. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(7), 831-837.
- Blanco Tirado, C., Stashenko, E. E., Combariza, M. Y., & Martinez, J. R. (1995). Comparative study of Colombian citrus oils by high-resolution gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 671(2), 501-513.
- eabolivia.com. (21 de Enero de 2017). *eabolivia*. Obtenido de eabolivia Web site: <http://www.eabolivia.com>
- Espinal, C. (2005). *La cadena de cítricos en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica*.
- FAO. (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fowler, J. F. (1998). Occupational dermatology. *Current Problems in Dermatology*, 10(6), 211-244. doi:10.40-0486
- Instituto Nacional de Estadística - INE. (28 de Julio de 2017). Mandarina y naranja, principales cultivos cítricos en Bolivia. *INE Noticias*.
- Lawless, J. (1995). *The Illustrated Encyclopedia Of Essential Oils*. London: Element Books.
- Marulanda P., M. (2001). *Comminuted de naranja variedad Valencia base para bebidas refrescantes*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Moncayo Luján, M., Reyes Munguía, A., & Carrillo Inungaray, M. L. (Diciembre de 2018). (Eumed.net, Ed.) *TLATEMOANI*(29).
- Página Siete. (3 de Octubre de 2016). Delizia comprará 8 millones de naranjas a productores. *Página Siete*.
- SINC. (26 de Marzo de 2019). *SINC, la ciencia es noticia*. Obtenido de Servicio de Información y Noticias Científicas: <https://www.agenciasinc.es>
- Wang, Y.-C., Chuang, Y.-C., & Hsu, H.-W. (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106(1), 277-284. doi:10.1016/j.foodchem.2007.08.014



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

- Willats, W. G., Knox, J. P., & Dalgaard Mikkelsen, J. (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science and Technology*, 17(3), 97-104. doi:0924-2244
- Yeoh, S., Shi, J., & T. A. G. (2008). *Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels* (Vol. 218). Desalination.
- Yucra Rojas, M. (2015). *Modelo de gestión de la investigación*. La Paz: Instituto de Investigaciones Industriales.

DIFERENTES DOSIS DE TIERRA DE
DIATOMEA SOBRE LA CALIDAD
SANITARIA EN SEMILLAS DE TRIGO



D. 32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

DIFERENTES DOSIS DE TIERRA DE DIATOMEA SOBRE LA CALIDAD SANITARIA EN SEMILLAS DE TRIGO

Autor: Ríos Valiente, Lucía Simeona*; luciariosvaliente@gmail.com

Co-autores: Bernal Gini, Ernesto*; erne.981@gmail.com; Aquino Miltos, Lissandri Luján*; aquinomiltoslissandri@gmail.com ; Michajluk Barboza, Boris Javier**; jmichajluk@yahoo.es;

Ramírez Monzón, Daisy Leticia*; daisyrami@gmail.com

*Universidad Nacional del Este, Facultad de Ingeniería Agronómica

**Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Químicas

Resumen

El trigo es un cultivo de gran valor comercial que requiere de un buen manejo de semillas para evitar la presencia de patógenos. En busca de alternativas que reduzcan el impacto negativo al ambiente se propone el uso de la tierra de diatomea, la cual posee acción antifúngica y antibiótica. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de tierra de diatomea sobre la sanidad de semillas de trigo, comparando la incidencia de patógenos y cuantificando el número de colonias. El experimento se realizó en el Laboratorio de Bio-semilla de la FIA-UNE, con 5 tratamientos y 4 repeticiones (30, 75, 90 y 120 gr /100Kg de semillas). La siembra se realizó en placas de Petri con medio de cultivo PDA, con 25 semillas cada una (1000 unidades experimentales), se colocó en la cámara incubadora tipo BOD por 7 días con luminosidad de 12 hs y temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Se cuantificó las semillas sanas e infectadas por hongos y bacterias, se observó el color y la forma de colonias de hongos; y las estructuras morfológicas identificando los géneros. Los resultados arrojaron diferencias significativas entre los tratamientos, con incidencia del 98% de hongos y 62% de bacterias en el testigo en comparación a los demás tratamientos que al aumentar la dosis se redujo la incidencia (reducción de 8% en hongos y 64% en bacterias). Se identificó los hongos *Aspergillus* sp, *Rhizoctonia* sp., *Sclerotinia* sp., *Cladosporium* sp. y *Rhizopus* sp., el primer género no presentó diferencias significativas en relación a los demás, donde se observó una reducción de la incidencia hasta del 20% a medida que aumenta las dosis con relación al testigo. Se concluyó que la utilización de tierra de diatomea disminuye la incidencia de patógenos favoreciendo a la calidad sanitaria de las semillas de trigo.

Palabras claves: Silicio, Incidencia, Patógenos

I. Introducción

El Trigo (*Triticum aestivum* subsp. *aestivum*), es uno de los cultivos de gran valor económico en el Paraguay, cubre la demanda del mercado nacional y aporta divisas como producto de exportación y su calidad al ser elogiada por las industrias es una clave para el crecimiento comercial en el futuro, debiendo ser este crecimiento rentable para el agricultor, sustentable para el medio ambiente y favorable para la economía nacional y sus componentes. El área de siembra es de 3.500.000 has y su rendimiento es de 2.929 Kg/ha (CAPECO 2021).

En el cultivo de trigo y especialmente en sistemas de producción con expectativas de elevados rendimientos, debe realizarse un adecuado manejo de las semillas con el propósito de evitar que, en determinadas condiciones ambientales, la presencia de plagas y enfermedades limite el potencial productivo. Para contrarrestar estos problemas existen diversas opciones en cuanto a agroquímicos se refiere, pero su empleo indiscriminado ocasiona problemas medio ambientales y resistencia a plagas y enfermedades (Prioretta 2015).

Debido a lo mencionado, se busca nuevas alternativas con base orgánica o biológica que disminuyan el impacto negativo al medio ambiente, la seguridad alimentaria y el

sistema de productividad, en este sentido se propone el uso de la tierra de diatomea por su contenido de sílice fosfolizado, lo que contribuye a su buena acción antifúngica y como insecticida natural, y a parte de ello, proporciona otros minerales que favorece al metabolismo de los tejidos y por ende a la germinación (Vargas y Salazar 2013)

Por lo ya expuesto, este trabajo se basa en que por lo menos una de las dosis empleadas de tierra diatomea favorecerá a la calidad fisiológica y sanitaria de semillas de trigo.

II. Objetivos

General

Evaluar el efecto de las diferentes dosis de tierra de diatomea sobre la calidad sanitaria de las semillas de trigo

Específicos

- Comparar la incidencia de patógenos en semillas tratadas y no tratadas
- Cuantificar el número de colonias de patógenos

III. Materiales y métodos

3.1. Localización y periodo experimental

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas y Sanidad Vegetal de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Este, ubicado en el kilómetro 17,5 del distrito de Minga Guazú en

el departamento de Alto Paraná, en el periodo comprendido entre los meses de setiembre-noviembre del 2021.

3.2. Material Vegetal

El material vegetal utilizado para la investigación fueron semillas de trigo de la variedad CD-150 zafra 2020-2021

3.3. Material para el recubrimiento de semillas

El producto natural utilizado para el recubrimiento de semillas de trigo fue la tierra de diatomea, el cual es estable y no produce residuos químicos tóxicos. Además se utilizó un *Film coating* el cual es un producto biodegradable utilizado para tratamiento de semillas

3.4. Tratamiento de semillas

El tratamiento consistió en el recubrimiento de las semillas de trigo con la tierra de diatomeas en diferentes dosis conforme metodología descrita por Tunes et al. (2014), y Pinheiro et al. (2020), con algunas modificaciones (Cuadro 1).

El recubrimiento de semillas se realizó utilizando un *film coating*, la dosis de tierra de diatomea se mezcló directamente con el polímero a una dosis de 300 ml por 100 kg de semillas.

3.5. Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1 .Dosis de tierra de diatomeas a ser utilizadas en el tratamiento de semillas de trigo. FIA-UNE. Minga Guazú, Py. 2021

Tratamientos	Descripción
T0	Testigo absoluto
T1	30 g TD/ 100 Kg de semillas de trigo*
T2	75 g de TD/ 100 Kg de semillas de trigo
T3	90 g de TD/ 100 Kg de semillas de trigo*
T4	120 g de TD/ 100 Kg de semillas de trigo

*Dosis recomendadas por diferentes autores

3.6. Instalación del experimento:

3.6.1 Comparación de incidencia de patógenos

La siembra se realizó en placas Petri contenidas de medio de cultivo PDA (Papa. Dextrosa y agar).

Se colocaron 25 semillas de trigo por cada placa de Petri, totalizando 1000 unidades experimentales (Imagen 1).

Posterior a la siembra, fueron llevadas a la cámara incubadora tipo B.O.D (Demanda

bioquímica de oxígeno), por un periodo de 7 días, una temperatura de 20° C y luminosidad de 24 h según la metodología sugerida por las Reglas brasileras de análisis sanitario de semillas (RAS 2009).



Imagen 1. Instalación del experimento. Siembra de semillas de trigo recubiertas con tierra de diatomeas en medio de cultivo PDA. FIA-UNE. Minga Guazú, Py. 2021

3.6.2 Variables evaluadas

- Incidencia de patógenos en semillas

Se obtuvo a los 7 días después de la siembra, se realizó el conteo de semillas sanas y semillas infectadas por hongos y bacterias, el resultado fue expresado en porcentaje (Imagen 2.)



Imagen 2. Evaluación de incidencia de patógenos, observación bajo estereoscopio de colonias. FIA-UNE. Minga Guazú, Py. 2021

- Cuantificación de colonias de géneros de hongos

El análisis fue realizado con estereoscopio para la observación de color y forma de colonias, se utilizó un cuantificador de

colonias para el conteo de las mismas y microscopio óptico, para observar las estructuras morfológicas de microorganismos (Imagen 3.), que se identificaron a nivel género, con la ayuda de la literatura especializada de Barnett y Hunter (1998).



Imagen 3. Observación microscópica de géneros de hongos. FIA-UNE. Minga Guazú, Py. 2021

3.6.3 Análisis de datos

Los datos obtenidos de los experimentos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA).

Se realizó comparación de las medias entre los tratamientos mediante el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error, utilizando el software estadístico Proyect R 4.1.

IV. Resultados y discusión.

4.1. Comparación de incidencia de patógenos

Con relación a la incidencia de hongos y bacterias en semillas tratadas con tierra de diatomea (Cuadro 2), se observan diferencias significativas al 5% de probabilidad, donde el testigo presentó el mayor índice tanto para hongos como para bacterias, corroborando una disminución de la incidencia a medida que aumenta las dosis de tierra diatomea.

Cuadro 2. Incidencia de Hongos (IH), Incidencia de Bacterias (IB), en semillas de trigo recubiertas con tierra de diatomea. FIA-UNE. Minga Guazú, Py. 2021

Tratamientos	IH (%)	IB (%)
T0	98 b	62 a
T1	92 b	49 ab
T2	90 ab	41 abc
T3	93 a	28 bc
T4	93 a	22 c
CV	9,1	8,7

Estos resultados difieren de Garbanzo et al. (2018), quienes no encontraron diferencia significativas en el control de patógenos al aplicar silicio en el cultivo de palma aceitera.

Por otra parte Vargas (2019), demostró una disminución de hongos y bacterias al aplicar silicio en el cultivo de arroz.

Cuadro 3. Número de colonias de los géneros *Sclerotinia* sp.; *Aspergillus* sp.; *Penicillium* sp.; *Cladosporium* sp.; y *Rhizoctonia* sp. en semillas de trigo recubiertas con tierra de diatomea. FIA-UNE. Minga Guazú, Py. 2021

Tratamientos	<i>Sclerotinia</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp.	<i>Rhizoctonia</i> sp.
T0	3 a	3 a	3 a	4 a	15 a
T1	3 a	1 ab	2 ab	1 ab	5 b
T2	2 a	1 ab	1 b	1 ab	5 b
T3	1 a	1 ab	1 b	1 ab	3 b
T4	1 a	0,7 b	1 b	0 b	3 b
CV	8,1	5,4	4,8	4,8	5,2

El género *Aspergillus* sp. representa uno de los patógenos que causan pérdidas en la pre y pos cosecha. La presencia de especie del generó *Penicillium* sp. en

4.2 Cuantificación de número de colonias de patógenos.

En el cuadro 3, se presenta el número de colonias de los géneros *Sclerotinia* sp, *Aspergillus* sp. *Penicillium* sp. *Cladosporium* sp. *Rhizoctonia* sp.

En a la presencia del hongo del género *Sclerotinia* sp. no fue significativo. Ya para las especies *Aspergillus* sp. *Penicillium* sp. *Cladosporium* sp. *Rhizoctonia* sp se observan diferencias significativas para todos los tratamiento con relación al T0 que presentó el mayor número de colonias, las mismas fueron disminuyendo conforme aumento de las dosis de tierra de diatomea.

semillas se destaca entre los responsables por la deterioración de semillas en la pre cosecha y en el almacenamiento, además de causar severos daños en la calidad

fisiológica de las semillas son conocidos también por elevado potencial en producir micotoxinas (Bento et al. 2012).

La presencia de especies de los géneros *Cladosporium* sp. *Rhizoctonia* sp., se puede observar que tuvo el mismo comportamiento con relación a los demás géneros donde el tratamiento T0 presentó mayor número de colonias, con relación a los demás tratamientos, que a medida que aumentó la dosis de tierra diatomea se observa una disminución de las colonias en un 20% para los tratamientos T3 y T4 respectivamente.

Guerrero et al. (2017), aplicaron silicio en el cultivo de fresa, y observaron una disminución de la incidencia de hongos como *Botrytis* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp.

Furcal (2012), pudo comprobar la disminución de hongos de almacenamiento en semillas de arroz recubiertas con silicio.

V. Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye diciendo que la tierra de diatomea puede disminuir la incidencia de patógenos, en especial de hongos de almacenamiento, favoreciendo a la calidad sanitaria de las semillas de trigo.

VI. Referencias bibliográficas

- Abbate, P; Cardos, M; Campaña, L. 2017. El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo. Manual del Trigo. International Plant Nutrition Institute. (en línea). Consultado el 10 oct 2021. Disponible en: www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2017/10/Resumen-Manual-Trigo-IPNI.pdf
- Álvarez, J; Daza, M; Mendoza, C. 2008. Aplicación de un fertilizante enriquecido con silicio y materia orgánica en arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado en Ibagué y el Guamo (Tolima, Colombia). CO
- Aguilar, J. 2012. Aplicación de Silicio en tomate y su efecto en la calidad nutricional. Universidad autónoma y agraria Antonio Navarro. Saltillo, MX.
- Artola, A.; Carrillo C., G. and García de los Santos, G. 2002. Hydropriming: strategy to increase Lotus corniculatus L. seed vigor. Seed Sci. Technol. 31 :455-463.
- Barnett, H y Hunter, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. St Paul, Minnesota: APS Press. 218p.
- Bento, L; Caneppele, M; Albuquerque, M; Kobayasti, L; Caneppele, C; Andrade, P. 2012. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.), São Paulo, v. 71, n.1.

- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 365p. Disponible en: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sem entes.pdf
- Bruno, R; Viana, J; Silva, V; Bruno, G; Moura, M. 2007. Produção e qualidade de sementes e raízes de cenoura cultivada em solo com adubação orgânica e mineral. Horticultura Brasileira, v. 25, n. 2, p. 170-174.
- CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, producción y rendimiento. 2021. Área de siembra. Consultado el 12 nov 2021. Recuperado de www.tera.com.py/capeco/index.php?id=trigo
- CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, producción y rendimiento. 2020. Área de siembra. Consultado el 15 nov 2021. Recuperado de www.tera.com.py/capeco/index.php?id=trigo
- Castañeda-Saucedo, M. C.; López-Castañeda, C.; Colinas, B. Ma. T.; De León, J. C.; Molina, M. y Hernández, L. A. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. Rev. Interciencia. 34:4
- Datnoff, I.e; Snyder, G. 2001. Silicon in agriculture. University of Florida – IFAS. Belle Glade, FL. USA. Elsevier Science B.V. First Edition. 371 p
- Delouche, J. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. Seed News (6): 6 p.
- Estrada, D, Gallardo, J., Iglesias, L., Paz, E. 2014. Caracterización agronómica y económica del Trigo (*Triticum aestivum*) variedad Jupateco, en la comunidad La Colmena, Jinotega, Nicaragua. Universidad Autónoma de Nicaragua. Consultado el 15 nov 2021. Disponible en: www.researchgate.net/publication/303312567_Caracterizacion_agronomica_y_economica_del_Trigo_Triticum_aestivum_variedad_Jupateco_en_la_comunidad_La_Colmena_Jinotega_Nicaragua
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigor testing. In: Seed vigor testing seminar. Zurich: International Seed Testing Association. Copenhagen Denmark. p. 1-9.
- Fernandes, M. F. B; Sampaio, R. A; Bilal, E; Lazo, J. A; Fernandes, L. F. 2014. Biodiesel solid waste and urban sludge sewage as a soil amendent for the seedlings production of



- Eucalyptus Camaldulensis and Morus Alba. Banat's Journal of Biotechnology, v.10.
- Fonte, R. 2016. Uso de extratos vegetais e terra diatomácea associados ao condicionamento fisiológico no tratamento e armazenamento de sementes de milho (*Zea mays* L.)
- Fontao, O. 2010. El silicio y la resistencia de las plantas al ataque de hongos patógenos. Brazilian Agricultural Research Corporation Ministry of Agriculture. Consultado el 16 nov 2021. Disponible en: diatom.com.br
- Furcal, P. 2012. Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) var cr 4477. Instituto Tecnológico de Costa Rica. CR.
- Garbanzo, G; Molina, E; Cabalceta, G; Serrano, E; Ramírez, F. 2017. Evaluación de Si aplicado al suelo en el crecimiento, absorción y severidad de enfermedades en vivero de palma aceitera. Agronomía Costarricense 42(1): 91-114. ISSN:0377-9424. CR.
- Guerrero, D; Vilchis, E; Martinez, R; Trejo, J; Leiva, G. 2017. Silicio en el control de *Botrytis cinerea* en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en hidroponía. Chapingo, MX
- Hernández G., R 2002. Nutrición mineral de las plantas. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.
- Universidad de los Andes-Mérida, Venezuela. Consultado el 11 nov 2021. Disponible en www.forest.ula.ve/-rubenhg.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). 2021. Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas. Zürichstr. 50, CH-8303 Bassersdorf, SU.
- Kholi, M; Viedma, L; Cubilla, L. 2010. Manual del productor. Guía para la producción de trigo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Asunción, PY. 40 p
- Malhotra, C., Kapoor, R., Ganjewala, D. 2016. Alleviation of abiotic and biotic stresses in plants by silicon supplementation. Sci Agri. 13:59-73
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for Seedling Emergences and Vigor. Crop Science 2:176-177
- Mendes, R. B. 2016. Produção e qualidade de sementes e raízes de cenoura em solo adubado com biofertilizante enriquecido com resíduo de terra diatomácea.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). Regras para análise de sementes. (RAS) Brasília: MAPA/ACS. Disponible en; www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoesinsumos/2946_regras_analise_sementes.pdf

- Muniz, M; Marçolla, E; Bastos, B; Cocco, D; Fruet, S; Silva, I. 2011. Qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo tratadas com terra de diatomáceas submetidas ao armazenamento. *Cadernos de Agroecologia*, v. 6, n. 2.
- Munkvold PG. 2009. Seed pathology progress in academia and industry. *Annual Review of Phytopathology*. 47:285-311. Disponible en: doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081916
- Pérez, J y Mancilla, C. 2012. El Papel del silicio en los organismos y ecosistemas. *Conciencia Tecnológica*. 43:42-46.
- Pinheiro, R; De Assis, F; De Assis, G; Carvalho, F; Dos santos, M. 2020. Parâmetros fitotécnicos e entomofauna associada ao rabanete submetido à aplicação de terra diatomácea. *Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Scientia Rural*. 21° ed. ISSN 2178 – 3608. 13 p.
- Quiroga, A. 2016. Respuesta a las aplicaciones de silicio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) variedad Modan, en condiciones de estrés hídrico bajo cubierta en Culiacán, Sinaloa. *Universidad de Ciencias aplicadas y ambientales U.D.C.A Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería Agronómica*. Bogotá
- Ramírez, S; Gómez, F; Trejo, L; Pérez, J; García, S; Senties, H. 2017. Silicio en germinación y crecimiento inicial de arroz. *Zacatepec, MX*. 7p.
- Rodrigues, F.A., Dallagnol, L.J., Duarte, H.S.S., Datnoff, L.E. 2015. Silicon control of foliar diseases in monocots and dicots. *Silicon and plant diseases*. Ed 1 p. 67-108. Springer, Switzerland.
- Ruiz Díaz, G. 2005. El incremento de la producción de trigo dentro de la política agrícola nacional. *Los desafíos futuros. Cámara paraguaya de exportadores de cereales y oleaginosas (CAPECO)*. Consultado el 18 Nov 2021. Disponible en: capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/1er-seminario-nacional-del-trigo.pdf
- Silva, K. 2020. Aplicación de un fertilizante enriquecido con silicio y materia orgánica en arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado en Ibagué y el Guamo (Tolima, Colombia). *Universidad de Córdoba. Departamento de agronomía.CO*,
- Smiderle, O y Cicero, S. 1999. Tratamiento insecticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. *Scientia Agricola*, v. 56, n. 4, p. 1245-1254.
- Stauffer, A; Orrego, A; Aquino, A. 2000. Selección de extractos vegetales con efecto fungicida y/o bactericida. (en



- línea). Revista de Ciencia y Tecnología, Dirección de Investigaciones UNA. 1(2):29-33. .p. 523-563.
- Torres, M y Aquino, A. 2010. Tratamiento alternativo de semillas de trigo para el control d hongos fitopatógenos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, PY
- Tunes, L; Fonseca, D; Meneghello, G; Dos reis, B; Brasil, V; De aráujo Rufino, C; Vilella, F. 2014. Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. Ceres, 61(5)
- Vargas, J. 2019. Efecto de la aplicación foliar de silicio y VIUSID®agro en el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo dos sistemas de riego. Zamorano, HO.
- Villalba, A. 2019. Producción de cultivo de Paraguay. Instituto paraguayo de tecnología agraria. Campo agropecuario multimedia. Consultado el 09 oct 2021. Disponible en: www.campoagropecuario.com.py/notas/682/produccion-del-cultivo-de-trigo-en-paraguay
- Viana, J. 2008. Importancia del silicio en la nutrición vegetal. Agromil. Tolima, Colombia. Consultado el 15 nov 2021. Disponible en www.silicioagromil.com.
- Zavaleta, E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. Terra, 17(3), 201-207

ESTUDIO DE BIOSORCIÓN POR PLANTAS MACRÓFITAS
SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS (TOTORA) Y
PHRAGMITES AUSTRALIS (CARRIZO) PARA DISMINUIR
LA CONCENTRACIÓN DE IONES METÁLICOS EN EL RÍO
PALLINA (VIACHA)



D.32 Medio ambiente y contaminación ambiental

ESTUDIO DE BIOSORCIÓN POR PLANTAS MACRÓFITAS *SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS* (TOTORA) Y *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CARRIZO) PARA DISMINUIR LA CONCENTRACIÓN DE IONES METÁLICOS EN EL RIO PALLINA (VIACHA)

Autor: Mamani Garcia, Laura; email: lauramg59.lmg@gmail.com

Tutor: Carrasco Villanueva, Christian; email: cristhian.carrasco@gmail.com

Tutora: Soto Rios, Paula Cecilia; email: paulaceciliassoto@hotmail.com

Universidad Mayor de San Andrés

Los metales pesados son considerados tóxicos por ser cancerígenos y bioacumuladores; por esta razón su importancia de descontaminación de los recursos hídricos. La cuenca Katari, del departamento de La Paz, Bolivia, se encuentra contaminada por metales pesados debido a las colas de la ex mina Comsur, Milluni, esta contaminación es arrastrada hacia la ciudad de El Alto, atravesando el sector industrial, hasta llegar al Río Pallina en el municipio de Viacha. Se realizaron muestreos del efluente y se identificó el metal Hierro en temporada húmeda, se realizara otro muestreo en temporada seca.

La biosorción, tecnología no convencional, usa biosorbentes de bajo costo, en el estudio se usó la totora (*Schoenoplectus Californicus*) y el carrizo (*Phragmites Australis*) como biosorbentes; en el caso del carrizo, demuestra tener un porcentaje de adsorción alto. En el estudio de la totora, los primeros resultados con el biosorbente sin modificación muestran un porcentaje removido del 20%, este porcentaje aumento al 80 % modificado con solución básica; la influencia del tiempo de contacto con la biosorbente totora muestra una correlación, a medida que se incrementa el tiempo aumenta la cantidad de metal removido hasta llegar al tiempo de equilibrio de 2 horas; Se estudiaran, dosis del biosorbente con 1, 2 y 4 (g/L) y el tamaño de partícula de 0,2: 0,425 y 0,6 mm, variables influyentes en el proceso de biosorción. Para el carrizo se recolectaron datos de artículos científicos y se estudiaran con las condiciones de pH y temperatura del rio. Los datos obtenidos permitirán conocer la capacidad de adsorción de ambas macrofitas para la remoción de contaminantes metálicos presentes en el Río Pallina.

Palabras Clave: biosorción, metal pesado, carrizo, totora



D.32 Medio ambiente y contaminación ambiental

ESTUDIO DE BIOSORCIÓN POR PLANTAS MACRÓFITAS *SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS* (TOTORA) Y *PHRAGMITES AUSTRALIS* (CARRIZO) PARA DISMINUIR LA CONCENTRACIÓN DE IONES METÁLICOS EN EL RIO PALLINA (VIACHA)

INTRODUCCION

Existe preocupación mundial relacionado a la contaminación de recursos hídricos y al incremento de los límites permisibles por parte de metales pesados como el hierro, cromo, níquel, cadmio, plomo, zinc; por metales pesados se entiende a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas, y que no se pueden degradar por medios naturales, además que son peligrosos porque tienden a bioacumularse en el organismo (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Jaraba Garces, 2015). Con el paso de los años se fueron desarrollando diferentes técnicas para adsorción de iones metales, estas técnicas si bien son efectivas son costosas, podemos mencionar la precipitación química, la ósmosis inversa, el intercambio iónico, la electrólisis y las membranas de intercambio iónico (Cordova Molina, 2016)

Una de las tecnologías no convencionales desarrollada en los últimos años para la remoción de contaminantes de efluentes industriales es la biosorción, se caracteriza por el uso de materiales de bajo costo, no tóxicos y biodegradables, se refiere a la captación de contaminantes que realiza

una biomasa (viva o muerta). Hay muchos antecedentes sobre el uso de plantas acuáticas (macrofitas), algas y biomasa microbiana para el tratamiento de aguas residuales, debido a su probada capacidad de absorción o adsorción de nutrientes, metales pesados y diversos contaminantes. (Saralegui, Fernandez Cirelli, & Boeykens, 2014).

La cuenca más importante y grande del departamento de La Paz, la cuenca Katari, presenta una elevada contaminación hídrica, que es provocada por aguas residuales (domésticas e industriales) generada principalmente en los grandes centros urbanos, la ciudad de El Alto y Viacha, presencia de pasivos mineros, residuos sólidos y ganaderos; los mismos, son arrastrados a través de los ríos que desembocan al lago menor del Titicaca; esto afecta tanto a la biodiversidad y a la situación ambiental del territorio como a la salud de los habitantes de la región (La contaminación en el río Katari crece a la par de la urbanización, 2021).

De acuerdo a informes de monitoreos ambientales por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Aguas; en el Río Pallina, río que atraviesa el municipio de Viacha,



los metales hierro y cadmio son algunos de los metales que se encuentran en concentración superior a los límites permisibles por la ley 1333 (Ministerio de Medio Ambiente y Aguas, 2018-2019), es necesario métodos de descontaminación que ayuden a disminuir la elevada concentración de los mismos.

La biosorción por medio de macrofitas, surge como una alternativa en la remoción de iones de metales pesados, estudios han demostrado ser una tecnología eficiente en la remediación de aguas con contenidos de materia orgánica y sustancias tóxicas. El carrizo y la totora son macrofitas que se encuentran en abundancia en el altiplano, ambas han resultado ser eficientes en la bioacumulación de metales en humedales, como biosorbente el carrizo demuestra ser efectivo en el proceso de biosorción, mientras que aún no existen estudios de la totora como biosorbente y es motivo por el cual la presente investigación.

Los resultados obtenidos, permitirán definir el mejor biosorbente para la remoción de contaminantes metálicos en el altiplano y proponer su uso en el proceso de tratamiento de aguas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estudiar la capacidad de biosorción de metales pesados presentes en el río Pallina utilizando biosorbente de las plantas macrofitas *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*.

Objetivos Específicos

- Identificar los iones metálicos presentes en el Río Pallina mediante un análisis fisicoquímico.
- Estudiar parámetros en el proceso para elaborar isothermas de adsorción.
- Establecer las capacidades de adsorción de los biosorbentes provenientes de las macrofitas para evaluar la biosorción con efluente proveniente del Río Pallina.

MATERIALES Y METODOS

Muestreo y Análisis de Efluente

Siguiendo el procedimiento indicado en la NB 64002 "Calidad del agua- Muestreo de efluentes industriales" y el libro "Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales" (Standard Methods) se realizó el muestreo del efluente proveniente del Río Pallina, Municipio de Viacha. Las muestras se analizaron por espectrofotometría de adsorción atómica y se identificaron los iones metálicos que se encuentran por encima de los límites establecidos en la Ley 1333 (ley ambiental) Anexo A del Reglamento de Materia en Contaminación Hídrica.

Tabla 1. Límites permisibles de iones metálicos en recursos hídricos

Metales pesados	Límites según la Ley 1333 (mg/L)
As	0,05
Cd	0,005
Mn	0,1
Fe	0,3
Pb	0,05
Zn	0,2

Fuente: Ley 1333 – Anexo A

Preparación del biosorbente

Se recolectaron ambas macrofitas, se lavaron con agua potable para eliminar residuos de sedimentos y otras impurezas, luego con agua destilada y desionizada. Posteriormente se secaron a 60°C, se trituraron y se tamizaron para clasificarlas según su tamaño de partícula.

Los biosorbentes se analizaron por fluorescencia de rayos X para determinar la presencia de metales en las muestras y asegurar que los biosorbentes libres de iones metálicos.

Soluciones sintéticas

Se prepararon 1 L de soluciones sintéticas a una concentración de 200 ppm para cada metal identificado, a partir de ésta se hicieron las diluciones para los diferentes ensayos, utilizando agua desionizada. Todo el material de vidrio utilizado se trató con una solución de HNO_3 al 1% antes de

los experimentos, para evitar la posible contaminación con otros metales, acorde a *Standard Methods*.

Experimentos de adsorción Batch

Se hizo experimentos Batch para confirmar la biosorción de metales por parte de los biosorbentes, especialmente de la totora, terminada la biosorción se analizaron las muestras por espectrofotometría de adsorción atómica. Posteriormente se modificaron diferentes variables para evaluar su efecto en el proceso biosorción, las variables a estudiar son tiempo de adsorción, masa de biosorbente, tamaño de partícula y pH.

Las muestras obtenidas en los experimentos se analizaron por Espectrofotometría de adsorción atómica (AAS) descrita en el libro *Standard Methods*, para la cuantificación de iones metálicos. Para describir el proceso de biosorción los datos obtenidos se tratarán de acuerdo a los modelos de Langmuir y Freundlich para definir un buen ajuste de los datos experimentales, por medio de la capacidad de adsorción se calculará la eficiencia de adsorción de las biomásas.

Biosorción con efluente

Identificados los parámetros óptimos de adsorción y la capacidad de adsorción, se procede al proceso de biosorción de iones metálicos identificados en el efluente del

Rio Pallina con cada uno de los biosorbentes.

Comparación entre biosorbentes

Una vez realizadas las isothermas de adsorción que nos permiten identificar la capacidad de adsorción podremos realizar una comparación entre ambos biosorbentes (*tatora* y *carrizo*) e identificar el más adecuado para los metales a estudio. Del mismo modo realizado la biosorción con el efluente se propondrá el biosorbente adecuado para este tipo de contaminación mediante la cantidad de iones metálicos removidos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de efluente

Mediante un análisis de datos obtenidos por monitoreos del Ministerio de Medio y Aguas (MMAyA) y el muestro realizado en temporada de lluvias en Diciembre del año 2021, se pudieron identificar los metales presentes en el Rio Pallina.

Se identificaron los metales hierro y manganeso, ambos se encuentran por encima de los límites permisibles de la ley 1333 Anexo A, en un próximo monitoreo en temporada seca se podrán corroborar los mismos. Los datos se pueden apreciar en la tabla 2.

Tabla 2. Concentración de metales pesados Rio Pallina

Metal	Húmeda (mg/L)	Seca (mg/L)	Dic. 2021	Ley 1333 (mg/L)
As	0,001	0,001	<0,001	0,05
Cd	0,002	0,21	<0,001	0,005
Mn	0,37	3,1	0,342	0,1
Fe	0,4	6,7	1,035	0,3
Pb	0,017	0,51	<0,001	0,05
Zn	0,09	0,16	0,082	0,2

Fuente: MMAyA

Obtención de Biosorbente

En colaboración con el Herbario Nacional de Bolivia, se realizó la identificación científica de las especies macrofitas y su recolección. Ambos biosorbentes se clasificaron en tres tamaños de partículas 0,6mm; 0,425mm y 0,2mm para estudiar la influencia del área superficial en el proceso de biosorción.

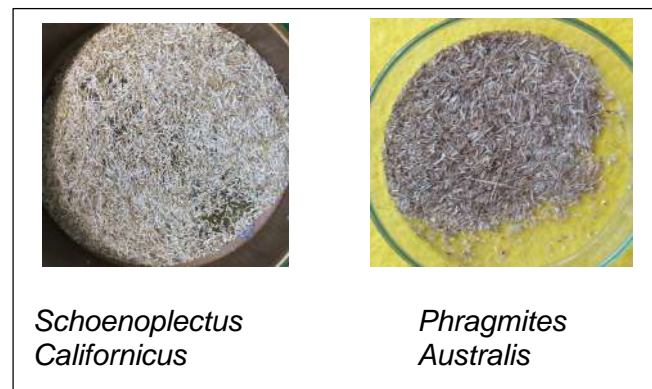


Figura 1. Obtención de Biosorbentes

Biosorción Batch sin modificación y con modificación

El biosorbente proveniente de la totora se sometió a experimentos pre liminares de adsorción de hierro, y plomo, obteniendo un 20 % de remoción de hierro (Figura 3) y un 60% de remoción de plomo en soluciones sintéticas (Figura 4). En cambio el biosorbente proveniente de carrizo según estudios científicos (artículos) absorbe alrededor de 50% sin modificación en metales pesados como Pb, Zn, Hg.

El biosorbente totora se modificó utilizando solución sintética de NaOH a una concentración de 1M con el propósito de mejorar la eficiencia de remoción, se obtuvo un porcentaje del 90% en la remoción de hierro. Estos resultados indican una mejoría significativa en la biosorción del ion metálico hierro.

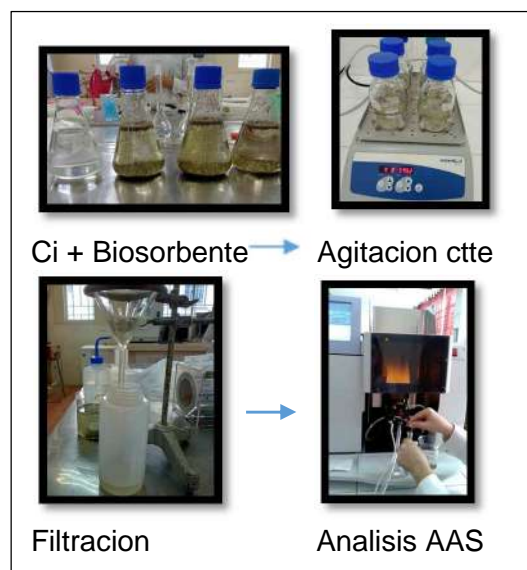


Figura 2. Proceso biosorción

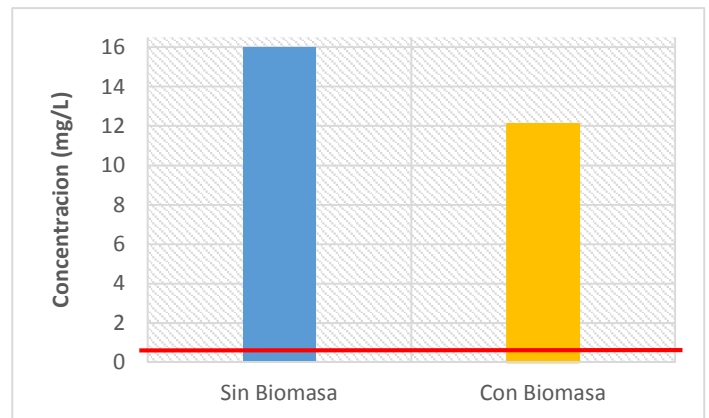


Figura 3. Resultado preliminar biosorción hierro; Condición de Biosorción: $t = 1h$, $C_i = 16 ppm$

----- Límites
permisibles
NB512 / RMCH

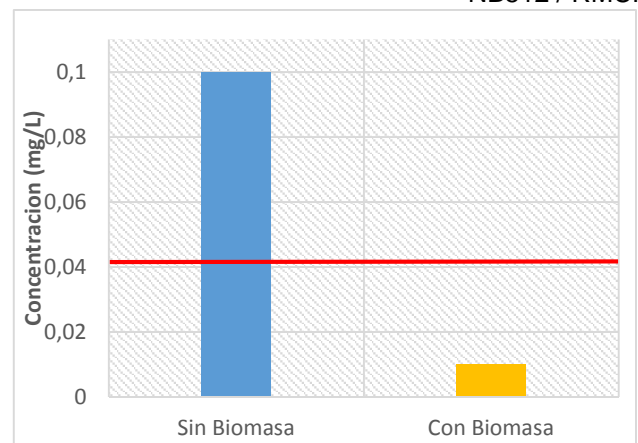


Figura 4 Resultado preliminar biosorción plomo; Condición de biosorción: $t = 1h$, $C_i = 0,1 ppm$

Efectos del Tiempo de Contacto

Existe una correlación entre la cantidad de metal removido y el tiempo de contacto con la biomasa totora, a medida que se incrementa el tiempo de exposición aumenta la cantidad de metal eliminado (Figura 5). Al analizar el comportamiento de biosorción respecto al tiempo de contacto, se observa en el biosorbente sin

modificación, que ésta aumenta rápidamente durante los primeros 60min, eliminando el 15% del hierro en solución.

Tiempo seguido, la remoción de plomo se da a una tasa más lenta hasta lograr una remoción $\geq 25\%$, a tiempos de contacto de 180min, alcanzando la concentración de equilibrio.

Analizando el comportamiento de tiempo de biosorción con totora modificada, se observa que la biosorción aumenta en los primeros 30 min, eliminando el 80% del metal hierro, posteriormente la remoción disminuye hasta alcanzar el tiempo de equilibrio con una remoción aproximada del 90%.

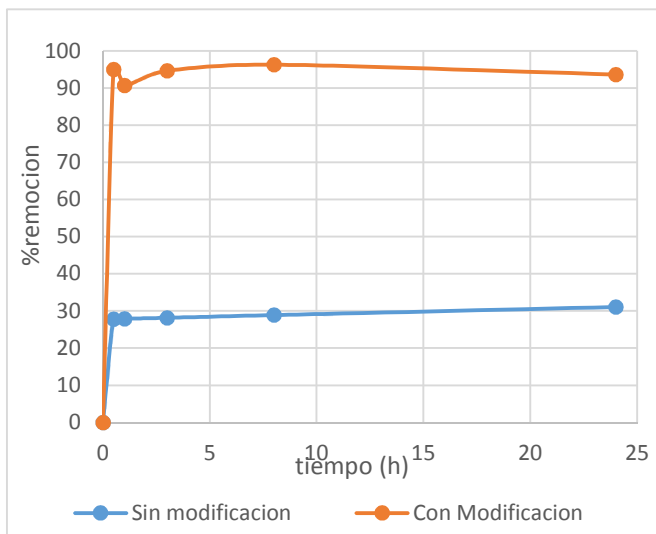


Figura 5. Porcentaje de remoción de hierro en relación al tiempo

CONCLUSIONES

- La *Schoenoplectus Californicus* (totora) como biosorbente mostro resultados prometedores al ser usado para la biosorción del metal hierro y plomo.

- La modificación del biosorbente totora permite aumentar el porcentaje de ion metálico adsorbido hasta un 80%, estos primeros resultados podrían mejorar al finalizar las pruebas restantes, por lo que el presente estudio se encuentra en desarrollo. Se espera obtener una capacidad de adsorción del 90%.
- En el caso de la *Phragmites Australis* (carrizo), existen bastantes estudios bibliográficos y artículos científicos que comprueban la biosorción de iones metálicos, al finalizar el estudio ambos biosorbentes serán sometidos a la biosorción con el efluente y condiciones del Rio Pallina.

BIBLIOGRAFÍA

Aguas, M. d. (2018 - 2019). *Informe de monitoreo Katari*.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, & WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. (1992). *Metodos normalizados para el analisis de aguas potables y residuales* (Decimoseptima ed.). Madrid, España: Diaz de Santos S.A.

Burgos, P. (2007). Uso del carbón activado fabricado con tecnología apropiada para la depuración de aguas residuales. La Paz, Bolivia:



- Universidad Mayor de San Andres,
Facultad de Ingenieria.
- Cabrera, E. (2017). Biosorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cascara de tomate del arbol (*Solanum Betaceum*).
doi:<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14460>
- Canelas, E. (2005). Absorción de metales pesados en aguas residuales de minería con el uso de la totora (*Schoenoplectus tatora*) en un sistema subsuperficial. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía.
- Caviedes Rubio, D. I., Muñoz Calderon, R. A., Perdomo Gualtero, A., Rodriguez Acosta, D., & Sandoval Rojas, I. J. (13 de Enero de 2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. *Revista Ingeniería y Región*, 1, 73-90. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>
- Cordova Molina, C. (17 de Junio de 2016). "Biosorción de Pb²⁺ y Cd²⁺ en solución bajo diferentes condiciones de laboratorio usando la macrófita acuática *Typha latifolia* inerte". Mexico.
- Guo, Fan, Zhang, Kang, Liu, & Jiang. (2015). Sorption heavy metal ions by activated carbons with well-developed microporosity and amino groups derived from *Phragmites australis* by ammonium phosphates activation. *Journal of Taiwan Institute of Chemical Engineers* 000.
doi.org/10.1016/j.jtice.2015.05.041
- Guo, L., Wott, D., & Cutright, T. (2014). Accumulation and histological location of heavy metals in *Phragmites australis* grown in acid mine drainage contaminated soil with or without citric acid. *Science, Ecological Engineering*.
doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.04.010
- Ibñorca. (s.f.). *Calidad del agua - Muestreo de efluentes industriales Norma Boliviana 64002*.
- Jimenez Monroy, L., Jahuira Huarcaya, F., & Ibañez Quispe, V. (Octubre-Diciembre de 2016). Tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno, Perú, con el uso de dos macrofitas. *Investigacion Latinoamericana*, 18(4), 403-410.
doi.org/10.18271/ria.2016.232
- La contaminación en el río Katari crece a la par de la urbanización. (3 de Mayo de 2021). *ANA Bolivia, Agencia de Noticias Ambientales*.
- Litter, M., Cirelli Fernandez, A., & Cicerone, D. (Enero de 2008).



- Tecnologías de bajo costo para el tratamiento de arsénico a pequeña y mediana. *ResearchGate*.
- Mahmoud, Fawzy, Hosny, & Obaid. (2020). Equilibrium, kinetic, and diffusion models of chromium(VI) removal using *Phragmites australis* and *Ziziphus spina-christi* biomass. *International Journal of Environmental Science and Technology*.
doi.org/10.1007/s13762-020-02968-7
- Manrique. (2000). Efecto descontaminación de la totora en las lagunas de estabilización de Puchukollo Bajo. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ingeniería.
- Mar Areco, M., & Dos Santos, M. (Enero de 2011). Biosorción: un método alternativo para el tratamiento de la contaminación. *ResearchGate*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. (2018-2019). *Informe de monitoreo Katari*. La Paz.
- Ordoñez Gelvez, J. D., & Cáceres Osorio, E. (Septiembre de 2013). Estudios cinéticos e influencia del pH en la biosorción de Pb(II) y Cu(II) en soluciones acuosas con biomasa de *Zantedeschia aethiopica*. *Cultura científica*. Recuperado de https://revista.jdc.edu.co/index.php/Cult_cient/article/view/182
- Peralta, P. (23 de Febrero de 2017). Milluni, en larga agonía por la contaminación. *Página 7*.
- Ríos, D. (2010). Construcción de humedales (wetland) para el tratamiento de mezcla de aguas residuales de ingeniería, minería, aguas ácidas y aguas residuales domésticas (caso de estudio río Huanuni). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.
- Samaniego León, J. E., Arzamendia, A., & Ayala, M. (2016). Remoción de hierro y plomo en aguas residuales por biosorción de la cáscara de naranja agria. *Revista sobre estudios e investigación del saber científico*, 69-75. Recuperado de <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/rseisa/article/view/164>
- Saralegui, A., Fernández Cirelli, A., & Boeykens, S. (Enero de 2014). Adsorción de contaminantes de efluentes líquidos con biomasa. *The journal of the Argentine chemical society*.
- Sarzuri, M. (2017). Determinar el grado de biosorción de Pb (II) en biomasa preparada mediante cáscara de naranja reticulada. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología.



- Sonco, G. (2016). Evaluación del uso de cáscaras de banano (*Musa paradisiaca* sp.) para la descontaminación del agua con metales pesados de la cuenca de Milluni - La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.
- Soto Rios, C., Nakano, Romero, Aikawa, Arai, & Nishimura. (2015). Differences in the removal mechanisms of *Undaria pinnatifida* and *Phragmites australis* as biomaterials for lead removal. *Water Science y Technology*. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.334>
- Soto, Romero, Sukhbaatar, & Nishimura. (2018). Biosorption of Mercury by Reed (*Phragmites australis*) as a Potential Clean Water Technology. *Water, Air y Soil Pollution*. doi.org/10.1007/s11270-018-3978-8
- Southichak, Nakano, Chiba, & Nishimura. (2006). *Phragmites australis*: A novel biosorbent for the removal of heavy metals from aqueous solution. *Water Research*. doi.org/10.1016/j.watres.2006.04.027
- Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, A., & Jaraba Garces, L. (Enero - Junio de 2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnologías*, 18(34), 109-123. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000100010
- Vizcaino Mendoza, L., Fuentes Molina, N., & Gonzales Fragozo, H. (Julio-Diciembre de 2017). Adsorción de plomo (II) en solución acuosa con tallos y hojas de *Eichhornia crassipes*. doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.400
- Zapata. (2013). Análisis de plata y recuperación por adsorción sobre carbón activo en mineral de característica arcillosa de la localidad de Patacamaya. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación está siendo desarrollada con los recursos financieros aportados por Cooperación Suiza (COSUDE) y con recursos tecnológicos aportados por el Instituto de Investigación de Procesos Químicos (IIDEPROQ) e Instituto de Investigación Fármaco Bioquímicas (IIFB) de la Universidad Mayor de San Andrés.

Evaluación de concentración de material particulado
sedimentable en la ciudad de Concepción del Uruguay,
Entre Ríos, Argentina.



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



D.32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

Evaluación de concentración de material particulado sedimentable en la ciudad de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

Autor: Sastre, Kevin J.; e.mail: kev.j.sastre@gmail.com

Profesora guía: Villanova, Martina; e.mail: martina.villanova@uner.edu.ar

Universidad Nacional de Entre Ríos

Resumen

Según la Organización Mundial de la Salud [OMS] (2014), la contaminación del aire representa un importante riesgo a la salud asociado a la exposición de material particulado atmosférico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la concentración de Material Particulado Sedimentable (MPS) en diferentes zonas de la Ciudad de Concepción del Uruguay, conforme al uso de suelo y en distintos períodos estacionales.

En cuanto a la metodología utilizada, para seleccionar los puntos de muestreo se identificaron cuatro zonas clasificadas por el Código de Ordenamiento Urbano de la ciudad como i) residencial en área consolidada, ii) residencial en área urbana, iii) industrial y iv) área de reserva, se instalaron cinco muestreadores pasivos por zona y se realizó el relevamiento en 3 estaciones (invierno, primavera y verano), restando la estación otoño. Por otro lado, la construcción de soportes muestreadores, ubicación, recolección y determinación gravimétrica de

concentración de MPS se realizó conforme a los estándares establecidos en la norma ASTM D 1739-98. Para la evaluación de resultados, se ejecutó un análisis de varianzas mediante ANOVA dadas las características de normalidad y homocedasticidad de los datos, con el propósito de evaluar diferencias significativas entre zonas; además se realizó un mapeo de concentraciones por estación y punto de muestreo. Como resultados parciales, se determinó que la zona de mayor concentración de MPS, corresponde a la industrial, seguida por residencial en área urbana, residencial en área consolidada y, en menor proporción, zona de reserva natural para las estaciones del año evaluadas, concluyendo en que la concentración de MPS está vinculada a las actividades que se realizan en cada zona y al tipo de cobertura de calles.



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Introducción

La calidad del aire urbano es una preocupación importante en todo el mundo, según la Organización Panamericana de la Salud [OPS] (2018), la contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental para la salud pública en los países de América. Conforme a lo establecido por la OMS (2016), aproximadamente 249 mil muertes prematuras en América fueron atribuibles a la contaminación del aire exterior. Así mismo, este organismo destaca que el 88% de estas muertes se dan en países de medios y bajos ingresos.

Los contaminantes atmosféricos, como el material particulado, inciden negativamente en la calidad del aire de las ciudades, atribuyéndose como principales fuentes, el uso de vehículos para el transporte, procesos industriales, entre otras actividades antropogénicas (Romero Placeres et al., 2006). El material particulado (PM) se refiere a una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire (EPA, 2021). Por su parte, el material particulado sedimentable (MPS) está compuesto por partículas presentes en el aire que se depositan a consecuencia de la gravedad, por contaminantes gaseosos o arrastrados por la lluvia (Zhang H, Zhao Y, 2019).

En las últimas décadas, a nivel global se han profundizado los estudios de calidad del aire con el objetivo de generar así una línea de base que permita generar información para la preservación de la salud de la población, la cual aporta un importante sustento en la toma de decisiones. En cuanto a estudios en nuestra región, más precisamente en la ciudad de Concepción del Uruguay, si bien existen investigaciones previas sobre calidad de aire, hasta el momento no se registran antecedentes en evaluación de MPS. Por lo tanto, este trabajo se define como una investigación exploratoria y observacional que genera una línea de base en información sobre concentración de este contaminante en diferentes tipos de uso de suelo de la ciudad.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la concentración de Material Particulado Sedimentable (MPS) en diferentes zonas de la Ciudad de Concepción del Uruguay, conforme al uso de suelo y en distintos períodos estacionales.



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de MPS en diferentes zonas de la ciudad de C. del Uruguay.
- Relacionar el uso de suelo de cada zona con las mediciones realizadas.
- Evaluar las diferencias de concentraciones de MPS entre los diferentes tipos de uso de suelo.

Materiales y Métodos

1. Selección de de zonas y puntos de muestreo

El presente estudio se basa en un diseño observacional y transversal en el tiempo. En primer lugar, se identificaron y seleccionaron puntos de muestreo en cuatro zonas de la ciudad, clasificadas por el Código de Ordenamiento Urbano (COU) como: i) residencial en área consolidada (R1), ii) residencial en área urbana (R2), iii) industrial (I) y iv) área de reserva (RN). La recolección de MPS se efectuó usando contenedores cilíndricos portados sobre una estructura metálica, contruidos conforme a la norma internacional ASTM D 1739-98.

2. Muestreo y análisis en laboratorio

Por cada zona se instalaron cinco muestreadores pasivos comprendidos por un soporte metálico de caño, sobre el cual se asienta un cono que a su vez soporta en su interior el muestreador propiamente dicho, compuesto por contenedor cilíndrico de PVC, donde se depositó la muestra, estos fueron contruidos conforme a la norma ASTM D 1739-98 y dispuestos a 2 metros sobre el nivel del suelo.

El relevamiento se realizó de forma simultánea durante 30 días ininterrumpidos durante En cada una de las estaciones del año, a fin de obtener resultados comparables con la norma nacional N°20.284/73. La cual, en su anexo 2, determina que el valor límite de partículas sedimentables es de 1,0 mg/cm²*30 días.

Una vez obtenidas las muestras y aplicado el procedimiento de trazabilidad establecido, las mismas fueron analizadas por método gravimétrico tanto para material soluble como insoluble, siguiendo nuevamente los



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

lineamientos planteados por la norma ASTM D 1739-98.

3. Determinación de material particulado soluble e insoluble

Para el caso del material insoluble, el procedimiento consistió en recuperar este tipo de material de la muestra a través de un proceso de filtrado, con posterior secado. Se realizaron dos pasajes: un primer pesaje de las cápsulas de cerámica con sus correspondientes papel de filtro, luego de haber pasado por un proceso de secado en horno, antes del proceso de filtración y un segundo pasaje de los mismos pero luego del filtrado y secado del material insoluble; esto permitió luego realizar un cálculo de la diferencia de pesos y obtener así los miligramos (mg) de material insoluble por muestra.

Para la determinación del material soluble, el procedimiento consistió, en primer lugar, en el pesaje de las cápsulas correspondientes de cada muestra. Posteriormente, se concentraron las muestras en estado líquido previamente filtradas, utilizando para ello un

mechero. Luego, cada muestra concentrada se colocó en las cápsulas correspondientes para su posterior evaporación, logrando así dejar en las cápsulas sólo el material de tipo soluble. Finalmente, se pesaron las cápsulas con el material soluble y se calculó el peso en miligramos (mg) de este tipo de material para cada muestra, a través de una diferencia de pesos.

4. Cálculo de ratio de deposición

El valor del ratio de deposición (D) para cada una de las muestras. Este fue calculado sumando la masa insoluble (I) y soluble (S) obtenida para cada muestra, y dividiendo este valor por el diámetro interno del contenedor (\emptyset), expresado en cm², como se muestra en la siguiente ecuación:

$$D = \frac{(I+S)}{\emptyset}$$

Los valores finales se expresaron en mg/cm²*30 días.

Resultados y discusión

Tal como se mencionó en la metodología de este trabajo, en primera instancia, se seleccionaron las zonas y puntos de muestreo en cada zona, de esta forma, se definieron 4 zonas del COU de la ciudad de Concepción del Uruguay

y se se emplazaron 5 muestreadores en cada una, con el propósito de lograr una muestra representativa por zona, en este sentido, la Imagen 1 muestra el mapa con ubicación de muestreadores

Puntos de muestreo segun el COU de Concepción del Uruguay

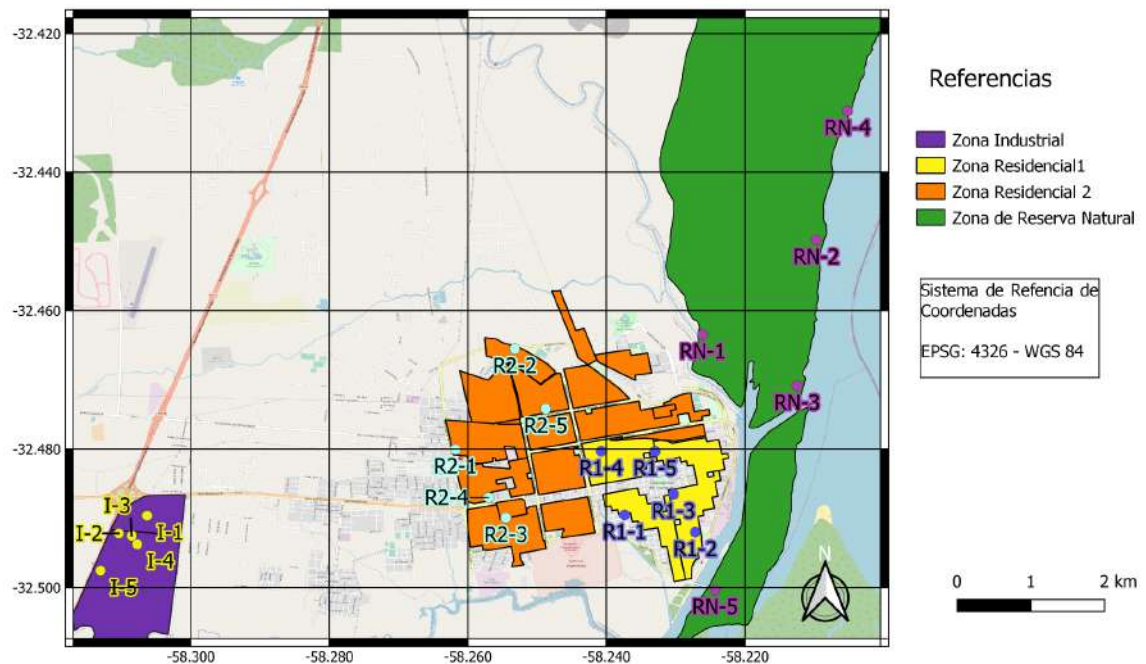


Imagen 1: Mapa de las zonas relevadas y ubicación de puntos de muestreo en las mismas

Este trabajo presenta los resultados de tres de los cuatro relevamientos que se plantean en el proyecto general, los tres relevamientos realizados

corresponden a las estaciones de invierno, primavera y verano, para los 4 tipos de uso de suelo donde se colocaron 5 muestreadores respectivamente, generando así un total de 60 muestras las cuales fueron procesadas en el



laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Entre Ríos.

La tabla 1 presenta los promedios de concentraciones de material

soluble, insoluble y ratio de deposición.

Área según el COU	Concentración medida de MPS en las diferentes estaciones (mg/cm ² *30 días)		
	Invierno	Primavera	Verano
I	0,7695	0,76896	0,54088
R1	0,59532	0,23462	0,42
R2	0,90358	0,42536	0,64916
RN	0,40854	0,40526	0,3005

Tabla 1: Concentración medida de MPS en las diferentes estaciones del año.

A partir de estos resultados, se realizó la observación de datos a partir de la visualización en gráfico de cajas (imagen 2), en análisis estadístico tendiente a evaluar las diferencias de concentración entre cada zona, para ello, se realizó un

análisis de varianzas a través de un ANOVA de un factor, teniendo en cuenta el comportamiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad, condicionantes del test. En este sentido, se establecieron como factores a la zona y estaciones del año y como variable dependiente a las

concentraciones promedio de MPS registradas. Para efectuar el ANOVA de un factor y los gráficos mencionados se utilizó el software

estadístico R, en su interfaz RStudio.

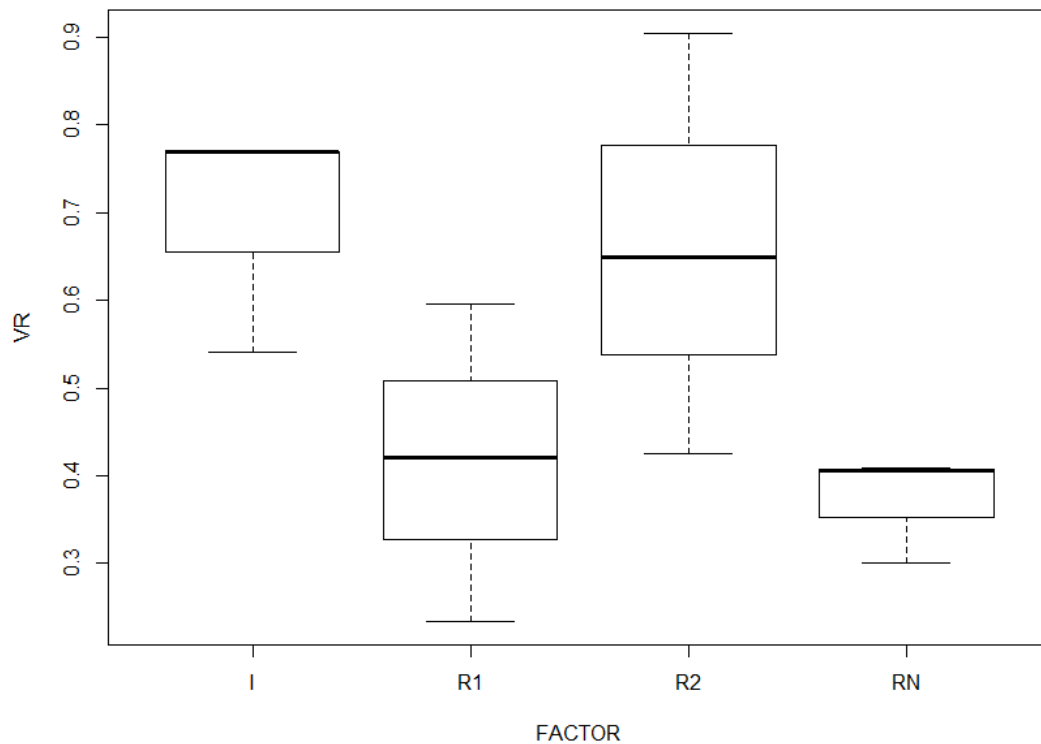


Imagen 2: gráficos de cajas elaborados según las concentraciones relevadas en cada zona

En cuanto al análisis de varianzas de la concentración de MPS entre zonas, se pudo determinar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de concentración del contaminante estimada para las tres estaciones, con un nivel del 95.0% de confianza, en vista de que el p-valor de la prueba-F es mayor a 0.05 (p-valor= 0.09968),

ubicando a todos los niveles del factor en el mismo grupo, por lo tanto no se efectuaron pruebas post hoc al test.

Asimismo, se puede observar que el mayor promedio de concentración de MPS, se encontró en zona industrial, seguido por residencial 2, residencial 1 y de reserva natural, respectivamente.

Por otro lado, las imágenes 3, 4 y 5 presentan los mapas resultados de concentraciones por cada punto de muestreo y estación relevadas, en relación a los valores de

concentración de referencia que establece la normativa provincial y nacional.

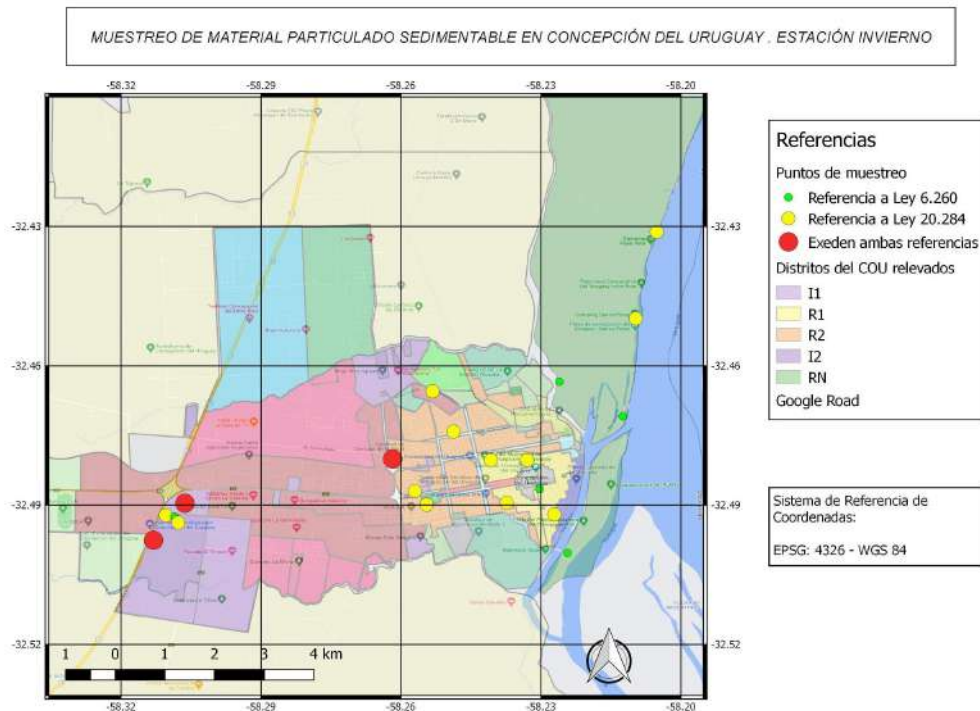


Imagen 3: Mapa en que se contrasta las concentraciones obtenidas en cada punto, durante el muestreo de invierno, con las normativas nacionales y provinciales vigentes

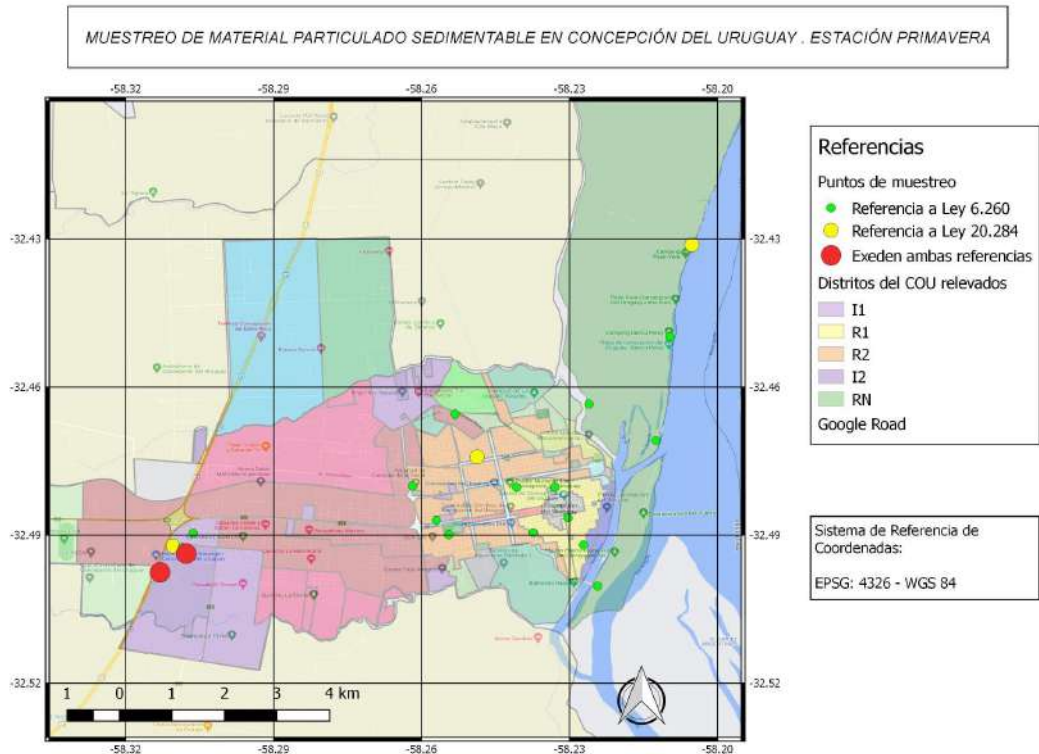


Imagen 4: Mapa en que se contrasta las concentraciones obtenidas en cada punto, durante el muestreo de primavera, con las normativas nacionales y provinciales vigentes

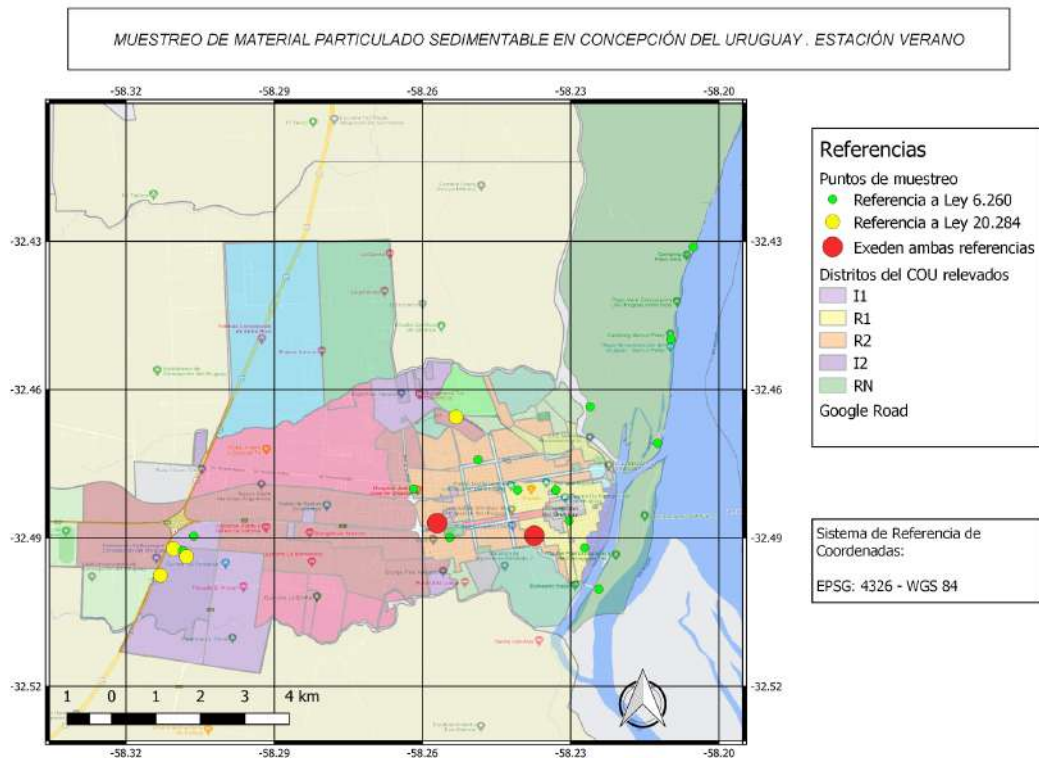


Imagen 5: Mapa en que se contrasta las concentraciones obtenidas en cada punto, durante el muestreo de verano, con las normativas nacionales y provinciales vigentes



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Conclusiones

A partir de este trabajo, fue posible generar un antecedente en el estudio de MPS para la ciudad, aportando así a la generación de información validada y abierta para la toma de decisiones en gestión ambiental urbana.

En este sentido, se pudo determinar que, si bien no existen diferencias significativas para los promedios de concentraciones evaluados por cada zona, este trabajo corresponde a resultados parciales, por lo tanto, será

interesante contar con el relevamiento completo. Por otro lado, se destaca que evaluando los promedios por zonas, se pudo establecer como zona con mayor concentración de MPS a la industrial, seguida por residencial 2, residencial 1 y de reserva natural, respectivamente.

En cuanto a la comparación de las concentraciones obtenidas, con la normativa de referencia, se pudo determinar que en el 11.66 % de los puntos de muestreo para las tres estaciones, se sobrepasaron los niveles límites establecidos por la legislación provincial y nacional.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Bibliografía

Organización Mundial de la Salud . (2018) Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado [Internet];. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>

Organización Panamericana de la Salud. (2016) Calidad del Aire [Internet]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

Romero Placeres M, Diego Olite F, Álvarez Toste M. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. Rev Cubana Hig Epidemiol [Internet]. 2006 [Consultado en abril de 2021];44(2):1-14. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés) [Internet]. Estados Unidos: EPA; [actualizado 4 de junio de 2021; citado en junio de 2021]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles#PM>

Zhang H, Zhao Y. Land use regression for spatial distribution of urban particulate matter (PM₁₀) and sulfur dioxide (SO₂) in a heavily polluted city in Northeast China. Environ Monit Assess [Internet]. 2019 [Consultado en junio de 2021];191(12):1-14. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31676942/>



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Financiamiento

Este trabajo fue financiado por el Fondo de Promoción a la Investigación Científica, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (FONIN); y del Programa de Becas de Estímulo a la Vocación Científica (BEVC) de la Municipalidad de Concepción Del Uruguay. Además del apoyo logístico e institucional de la facultad de ciencias de la salud (UNER)

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin las siguientes personas;

Lic. Mag. Martina Villanova; quien ideó este trabajo, acompañó en el trabajo tanto de campo como de laboratorio y siempre supo mantener motivado al equipo de trabajo.

Tec. Eliana S. Acevedo; quien realizó la mayoría de las determinaciones de laboratorio.

Personal institucional de movilidad **Danilo Bordet;** que se encargó de planificar las rutas más eficientes posibles y de traslado, tanto del personal como de equipo.

La **Dra. Marianela Rodriguez** y la **Dra. Emiliana Orcellet** quienes prestaron su ayuda para la recuperación de muestras durante periodos de grandes inundaciones en la zona.

Por último agradecer a aquellas Instituciones de gestión pública y propietarios de terrenos que nos permitieron realizar este estudio dentro de su propiedad.

Evaluación de la persistencia de cepas de *Escherichia coli*
con impacto en la niñez en un modelo ambiental



D.32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

Evaluación de la persistencia de cepas de *Escherichia coli* con impacto en la niñez en un modelo ambiental

Autor: De la Cuesta, Rocío; rociodelacuesta@live.com.ar

Co-autor(es): Sanin, Mariana; msanin@fvet.uba.ar; Curcio, Micaela; micaelacurcio@yahoo.com; Bentancor, Adriana; aben@fvet.uba.ar;

Profesor/a guía: Blanco Crivelli, Ximena xblancocrivelli@fvet.uba.ar

Universidad de Buenos Aires / Facultad de Ciencias Veterinarias / Cátedra de Microbiología

Resumen

Escherichia coli productora de toxina Shiga (STEC) y *E. coli* enteropatógena (EPEC) constituyen patovares de *E. coli* con impacto en salud infantil. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de STEC y EPEC en matrices de arena sometidas a calor y desecación. Se utilizaron recipientes de vidrio con tapa cribada y filtro con 10 g de arena estéril mediante autoclavado. Cada frasco se inoculó con 10 ml de una suspensión bacteriana en fase log (1 McFarland) cuya carga fue establecida por cuenta viable (CV). Se evaluaron 7 cepas STEC y 2 EPEC. Los ensayos se mantuvieron a 37 °C. La mezcla arena:suspensión bacteriana se evaluó diariamente, determinándose su deshidratación (por pesaje), y la viabilidad y curva de muerte (CM) por CV. Se observó morfología de las colonias, se realizaron pruebas bioquímicas y tinción de Gram. Cuando ya no se detectó crecimiento en placa, se realizó una suspensión 1:5 p/v, 200 µl de la misma se inocularon en caldo triptéina soja e incubaron a 37° ON. Se evaluó desarrollo por turbidez y su identificación, en caso de que lo hubiese se consideró viable no cultivable (VNC). La viabilidad de VNC se evaluó diariamente. Se determinó la presencia de genes de virulencia (*stx1/stx2/eae*) durante los ensayos. Los estudios se realizaron por triplicado. En cepas STEC, las CM alcanzaron 2-18 d pos-inoculación (pi) y su persistencia como VNC varió según la cepa analizada observándose registros de hasta 82 d pi, en EPEC las CM duraron hasta 15 d pi con persistencia como VNC de hasta 2 d según la cepa. Los genes que codifican para toxina Shiga e intimina se mantuvieron presentes durante los ensayos. Los resultados obtenidos permiten considerar el riesgo que constituye la arena seca como fuente de infección de estos patovares de *E. coli*.

Palabras clave: STEC, EPEC, arena



Introducción

Escherichia coli es un microorganismo comensal del intestino del hombre y mamíferos (Donnenberg, 2013). Ciertas cepas han adquirido factores de virulencia mediante mecanismos de transferencia horizontal de genes (Williams, 2010), dando origen a diferentes patovares de *E. coli* dirreogénicos (DEC) como *E. coli* productora de toxina Shiga (STEC) y *E. coli* enteropatógena (EPEC). STEC se caracteriza por producir 1 o 2 toxinas, Shiga toxina 1 y/o Shiga toxina 2, codificadas por *stx1* y *stx2* respectivamente, que causan daño endotelial, y han sido relacionadas a la transducción por fagos. La producción de una adhesina denominada intimina, codificada por el gen *eae*, permite la unión íntima de la bacteria al enterocito, produciéndose una lesión de adherencia y esfacelación (lesión A/E) es característica de cepas EPEC, sin embargo también se encuentra presente en algunas cepas STEC con impacto en salud.

STEC es un patógeno zoonótico de presentación endémica en Argentina cuya patogenia incluye desde cuadros asintomáticos a cuadros de diarrea leve, severa, cuadros neurológicos y síndrome urémico hemolítico (SUH). Este síndrome se caracteriza por presentar la triada anemia hemolítica microangiopática,

trombocitopenia e insuficiencia renal aguda, con un 5% de mortalidad a corto plazo y secuelas graves a mediano o largo plazo (Rivas, 2010). El SUH afecta principalmente a niños menores a 5 años y constituye la primera causa de insuficiencia renal aguda pediátrica y la segunda de insuficiencia renal crónica, responsable de una tasa de trasplante renal de 14,25 para el período 2017 – 2019 (INCUCAI, 2019). Argentina es uno de los países con mayor casuística de SUH a nivel mundial. Durante el 2020 la incidencia fue de 6,33 casos cada 100.000 niños menores de 5 años (Chinen, 2022). Siendo característica su distribución estacional con mayor casuística en primavera – verano, y brotes que involucran a uno o unos pocos individuos.

EPEC es señalado como agente causal de diarrea infantil potencialmente mortal (Trabulsi *et al.*, 2002; Afset *et al.*, 2003; Rivas *et al.*, 2010; Torres, 2017). Se ha reportado que las infecciones por este patógeno constituyen la segunda causa de muerte en niños menores a 5 años y son responsables de 1 – 5 millones de muertes de niños por año (OMS, 1998). En Argentina se han recuperado cepas EPEC de niños con diarrea (Rivas, 2010). En este mismo país, en el marco de la vigilancia epidemiológica por STEC, durante el 2015 – 2018 el Laboratorio



Nacional de Referencia recibió 1047 muestras de las que 485 se asociaron con casos de DEC, donde un 9,9% (48) correspondió a EPEC como patógeno (Blanco Crivelli *et al.*, 2021)

Se ha establecido que la principal vía de transmisión de DEC es la ruta fecal-oral.

Para el caso de STEC el bovino es señalado como el principal reservorio. La Organización Mundial de la Salud señala a la enfermedad que causa como una zoonosis transmitida por alimentos ya que los individuos se contagian a partir del consumo de agua o alimentos contaminados con materia fecal de animales o individuos portadores. En Argentina el 74% de los casos se corresponde con el serogrupo O157 mientras que el 26% restante es causado por serogrupos no-O157. Se ha documentado que la dosis infectiva para STEC O157:H7 es menor a 100 microorganismos presumiéndose aún más baja para cepas STEC no-O157 (Paton *et al.*, 1996). Además, hay otras rutas de contagio como el contacto directo con animales infectados o su hábitat y la transmisión persona-persona la cual se considera de importancia en nuestro país (Rivas *et al.*, 2006).

Las cepas EPEC se clasifican en típicas (tEPEC) y atípicas (aEPEC), en función

del tipo de adherencia que producen *in vivo* e *in vitro*, siendo las cepas típicas las que presentan un patrón de adhesión localizado. El tipo de adhesión se relaciona con la presencia o no de un plásmido denominado factor de adherencia de EPEC (pEAF) en el cual se encuentra el gen *bfp* que codifica para una fimbria de tipo IV conocida como “*bundle-forming pili*” (Bfp) (Monaghan *et al.*, 2012; Kaper *et al.*, 2004). Las cepas tEPEC se han aislado particularmente del hombre, mientras que las aEPEC se encontraron tanto en el hombre como en diferentes especies animales (Gomes & González-Pedrajo, 2010).

En el ambiente urbano, se ha identificado a los perros y gatos como portadores de ambos patógenos lo que determina que los mismos pueden diseminar dichos microorganismos en el ambiente, particularmente por medio de sus heces (Bentancor *et al.*, 2007; Von Wernich Castillo *et al.*, 2017). En lo que a animales sinantrópicos respecta se han detectado cepas STEC y EPEC en roedores pertenecientes al género *Rattus* (Blanco Crivelli *et al.*, 2012; Blanco Crivelli *et al.*, 2018). El estado de portador asintomático se ha observado también en el hombre, en los estudios de brotes llevados a cabo en nuestro país se ha detectado la portación de STEC en niños sanos por



períodos cercanos al mes (Miliwebsky *et al.*, 2007).

E. coli presenta un estilo de vida bifásico: asociado a hospedero y hospedero independiente. La mayoría de las cepas mantienen las claves de adaptación en su genoma *core* que le permiten una gran habilidad para obtener nutrientes de diversas fuentes y sobrevivir en ambientes abiertos. Se ha observado que STEC O157:H7 puede sobrevivir en agua con bajas concentraciones de carbono ya que ha sido aislada de arroyos y ríos (Vital *et al.*, 2008; Tanaro *et al.*, 2010), y de aguas superficiales expuestas y no expuestas a escurrimiento de corrales de *feedlot* (Tanaro *et al.*, 2014). Diferentes autores proponen que STEC O157:H7 podría ser considerado un patógeno ambiental (Strachan *et al.*, 2006; Solecki *et al.*, 2007). La persistencia de STEC O157:H7 en este ambiente es debida a su habilidad para colonizar el intestino del bovino, así como superficies bióticas y abióticas fuera del mismo (Segura *et al.*, 2018).

Se ha documentado que la arena constituye una matriz compleja que alberga microbiota entre la que se destacan los coliformes (Smith *et al.*, 2007; Ishii & Sadowsky, 2007; Byappanahalli *et al.*; 2012; Probandt *et al.*, 2018; Suarez & Mariñelarena, 2019). Además, se registran numerosos estudios

de sobrevivencia de *E. coli* y dinámica de contaminación en playas donde la bacteria se encuentra en arena en contacto con las olas en un ambiente con altas concentraciones de sales (Byappanahalli *et al.*, 2006; Ishii & Sadowsky; 2007). Es interesante señalar que una alta carga de coliformes es detectada en las playas durante la temporada estival que perdura por varios meses, particularmente en arena seca (Ishii *et al.*, 2010). Asimismo, se han documentado estudios en coliformes en arena de parques (Fernandes *et al.*, 2013; Staley *et al.*, 2016). Sin embargo, ninguno de estos trabajos contempla el estudio de patovares de *E. coli* diarreogénicos sometidos a sequedad.

Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de cepas STEC y EPEC en matrices de arena sometidas a calor y desecación.

Materiales y métodos

Se recolectó arena de un arenero en Ciudad Autónoma de Buenos Aires. La misma fue tamizada y se evaluó la presencia de coliformes mediante siembra de 2 g en 4 ml de caldo Mac Conckey (CMC) y la ausencia de cepas STEC y EPEC mediante PCR de los genes *stx1*,

stx2 y *eae* (Leotta *et al.*, 2005; Blanco *et al.*, 2004).

Se utilizaron recipientes de vidrio con tapa cribada y filtro en los que se colocaron 10 g de la arena, se los esterilizó mediante autoclavado (121 °C 20 min) y se los secó en estufa a 37 °C. El estado de sequedad de la matriz se determinó mediante peso constante en 3 días consecutivos. Posteriormente se generaron suspensiones bacterianas en fase log equivalentes a un 1 McFarland en agua bidestilada estéril y cada frasco fue inoculado con 10 ml de la misma en una proporción 1:1 (p/v), cantidad suficiente para asegurar la dispersión del inóculo en la matriz en forma homogénea. Se utilizaron cepas STEC (O26:H11, O103:H2, O111:H8, O121:H19, O145:NM, O157:H7 y O174:H28), EPEC (O88:H25 y #633 aislada de un canino y sin serotipificar) y una cepa no STEC/EPEC *E. coli* NCTC 12900 como control negativo. Los perfiles de virulencia de las cepas en estudio se detallan en la tabla 1. Los inóculos se determinaron mediante cuenta viable (CV). Los ensayos se mantuvieron en ambiente controlado a 37 °C. Cada ensayo se realizó por triplicado.

Tabla 1. Perfil genotípico de las cepas en estudio

ID	Serotipo	Factores de virulencia
FF6 ¹	O26:H11	<i>stx1</i> -/ <i>stx2</i> +/ <i>eae</i> +/ <i>ehxA</i> +
KK11 ¹	O103:H2	<i>stx1</i> +/ <i>stx2</i> -/ <i>eae</i> +/ <i>ehxA</i> +
GG7 ¹	O111:H8	<i>stx1</i> +/ <i>stx2</i> -/ <i>eae</i> +/ <i>ehxA</i> +
CC3 ¹	O121:H19	<i>stx1</i> -/ <i>stx2</i> +/ <i>eae</i> +/ <i>ehxA</i> +
GIV ²	O145:NM	<i>stx1</i> -/ <i>stx2</i> +/ <i>eae</i> +/ <i>ehxA</i> +
D2253 ¹	O157:H7	<i>stx1</i> +/ <i>stx2</i> +/ <i>eae</i> +
F130 ²	O174:H28	<i>stx1</i> -/ <i>stx2</i> +/ <i>saa</i> +/ <i>ehxA</i> +
R27 ²	O88:H25	<i>stx1</i> -/ <i>stx2</i> -/ <i>eae</i> +/ <i>bfp</i> -
#633 ²		<i>stx1</i> -/ <i>stx2</i> -/ <i>eae</i> +/ <i>bfp</i> -
NCTC 12900 ²	O157:H7	<i>stx1</i> -/ <i>stx2</i> -/ <i>eae</i> -

Referencias: ⁽¹⁾ proveniente del Statens Serum Institut

⁽²⁾ proveniente de Laboratorio Microbiología (FCV-UBA)

1, Determinación de la curva de muerte de las cepas en estudio

La mezcla arena:suspensión bacteriana fue evaluada diariamente, determinando su deshidratación mediante pesaje, y la viabilidad y curva de muerte (CM) de los microorganismos por CV. Asimismo, para verificar identidad bacteriana se utilizó bacteriología clásica.



2. Determinación de viabilidad de las cepas en estudio

Cuando ya no se detectó crecimiento en placa, se realizó una suspensión en agua bidestilada estéril 1:5 p/v y 200 µl de la misma se inocularon en caldo tripteína soja (CTS) e incubaron a 37° ON. Se evaluó desarrollo por turbidez y posteriormente se procedió a su identificación. En caso que se confirmase que el desarrollo era por la cepa inoculada se consideró viable no cultivable (VNC). La viabilidad de VNC se evaluó diariamente. Los estudios se realizaron por triplicado

3. Evaluación genotípica de modificaciones en la virulencia en cepas STEC y EPEC sometidas a estrés por desecación

Para cada ensayo se evaluó la presencia de genes de virulencia durante todas las etapas del mismo. Dependiendo del perfil genotípico de la cepa en estudio se evaluaron los genes *stx1* y *stx2* y *eae*.

Resultados y discusión

El análisis de la arena que fue utilizada como matriz en los ensayos permitió determinar que la misma presentó un pH de 6,5; presencia de coliformes (fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas en CMC) y ausencia de STEC y EPEC (*stx1*-/*stx2*-

/eae-). Luego de ser autoclavada se comprobó su esterilidad por cultivo, la misma no presentó formas viables ni VNC.

Los resultados de curvas de muerte y persistencia en la matriz variaron según el serotipo en estudio. En cepas STEC, las CM alcanzaron 2-18 días y su persistencia como VNC varió de 3-82 días pos-inoculación según la cepa analizada. El serotipo O26:H11 presentó una CM de 6 días y persistió posteriormente 1 día como VNC. STEC O103:H2 registró una CM en 15 días pi y permaneció VNC hasta el día 37 pi. Por su parte la cepa O111:H8 presentó una CM de 2 días y no se registraron microorganismos VNC. En STEC O121:H19 la CM fue de 3 días persistiendo luego como VNC por 79 días. En el serotipo O145:NM se registró CM hasta el día 18 pi y permaneció hasta el día 41 pi como VNC. En O157:H7 la CM de 11 días pi sin observarse microorganismos VNC. En el caso de STEC O174:H28 presentó CM hasta el día 15 pi con cantidades de microorganismos menores a 100 UFC/ml a partir del día 3, persistiendo como VNC hasta el día 63 pos-inoculación. En ambas cepas EPEC (O88:H25 y #633) se observó una CM hasta el día 15 y permaneciendo O88:H25 2 días más como VNC. En el caso de NCTC 12900 presentó una CM de 4 días y permaneció como VNC hasta el día 44 pi.



En la evaluación molecular de factores de virulencia de las cepas en estudio se observaron los genes que codifican para toxina Shiga 1 y 2 e intimina durante todos los ensayos, incluso en células VNC resucitadas.

El presente trabajo estudia la persistencia de cepas STEC en una matriz definida, arena, sometida a condiciones ambientales estresantes como calor, desecación y falta de nutrientes. Bajo dichas condiciones, en la matriz sometida a 37 °C en forma constante, se observó que las curvas de muerte y persistencia en la matriz variaron según el serotipo en estudio, siendo la cepa STEC O121:H19 la que persistió más en la matriz (CM 3 días y viabilidad como VNC 79 días más) y la cepa STEC O111:H8 la que duró menos (CM 2 sin observarse microorganismos VNC posteriormente). La persistencia prolongada en la matriz se asoció a formas VNC. Esta persistencia en forma de VNC se observó también en la cepa control negativo, pero no en los serotipos STEC O111:H8 ni O157:H7, tampoco en la cepa EPEC #633. En referencia a STEC O157:H7, Zhao *et al.* (2013) observaron que puede volverse VNC al ser sometido a alta presión de CO₂. Las bacterias VNC constituyen una subpoblación bacteriana que surge frente a condiciones de estrés (Arana *et al.*,

2004). Si bien no está claro si este estadio constituye una forma de resistencia a condiciones adversas o un estadio intermedio previo a la muerte (Ohtomo & Saito, 2001) se ha observado en más de 60 especies bacterianas (Ding *et al.*, 2017).

En la identificación bacteriana de *E. coli* mediante bacteriología clásica no se observaron diferencias en las rutas metabólicas evaluadas entre bacterias viables cultivables y bacterias VNC resucitadas, esto coincide con observaciones de otros autores quienes han señalado que las bacterias VNC mantienen su actividad metabólica (Oliver, 2005; Fakruddin *et al.*, 2013; Oliver, 2010; Pinto *et al.*, 2013).

En el estudio de determinación de virulencia de cepas STEC y EPEC se observó que las cepas en estudio presentaron los genes que codifican tanto para las toxinas Shiga 1 y 2 como para intimina; siendo necesaria la evaluación fenotípica de la expresión de dichos genes. Oliver (2005) observó que las células VNC expresan sus toxinas. Liu *et al.* (2010) detectaron mediante RT-PCR una mayor expresión de *stx1* y *stx2* en el estadio de VNC comparado con el estadio cultivable.



Conclusiones

La presencia de STEC en la arena, incluso en bajas dosis, cobra importancia debido a que la dosis infectiva del patógeno es muy baja. Los resultados obtenidos permiten considerar el riesgo que constituye la arena seca como fuente de infección de STEC y EPEC. En ese sentido surge la necesidad de considerar el ambiente, en particular los areneros, espacios lúdicos que frecuenta el grupo de riesgo de estos patógenos, en la dinámica epidemiológica de las infecciones por STEC y EPEC.

Bibliografía

- 1- Afset, J.E.; Berg, K.; Bevanger, L. (2003) High prevalence of atypical enteropathogenic *Escherichia coli* in Norwegian children with diarrhea. *J. Med Microbiol*, 52:1015-19.
- 2- Arana, I.; Seco, C.; Epelde, K.; Muela, A.; Fernández-Astorga, A.; Barcina, I. (2004) Relationship between *E. coli* cells and the surrounding medium during survival processes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86: 189-99.
- 3- Bentancor, A.; Rumi, M.V.; Gentilini, M.V.; Sardoy, C.; Irino, K.; Agostini, A.; Cataldi, A. (2007) Shiga toxin-producing and attaching and effacing *Escherichia coli* in cats and dogs in a high hemolytic uremic syndrome incidence region in Argentina. *FEMS Microbiology Letters*, 267: 251-6.
- 4- Blanco, M.; Blanco, J.E.; Mora, A.; Dahbi, G.; Alonso, M.P.; González, E.A.; Bernárdez, M.I.; Blanco, J. (2004) Serotypes, virulence genes, and intimin types of Shiga Toxin (Verotoxin)-producing *Escherichia coli* isolates from cattle in Spain and identification of a new intimin variant gene (eae-ξ). *Journal of Clinical Microbiology*, 42: 645-51.
- 5- Blanco Crivelli, X.; Rumi, M.V.; Carfagnini, J.C.; Degregorio, O.; Bentancor, A.B. (2012) Synanthropic rodents as possible reservoirs of shigatoxigenic *Escherichia coli* strains. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2: 50-3.
- 6- Blanco Crivelli, X.; Bonino, M.P.; Von Wernich Castillo, P.; Navarro, A.; Degregorio, O.; Bentancor, A. (2018) Detection and characterization of enteropathogenic and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains in *Rattus* spp. From Buenos Aires. *Frontiers in Microbiology*, 9:199.



- 7- Blanco Crivelli, X.; Bonino, MP; Sanin, MS; Petrina, JF; Disalvo, VN; Massa, R.; Miliwebsky, E.; Navarro, A.; Chinen, I.; Bentancor, A. (2021) Potential zoonotic pathovars of diarrheagenic *Escherichia coli* detected in lambs for human consumption from Tierra del Fuego, Argentina. *Microorganisms*, 9, 1710. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081710>
- 8- Byappanahalli, M.N.; Withman, R.L.; Shively, D.A.; Ting, W.T.E.; Tseng, C.C.; Nevers, M.B. (2006) Seasonal persistence and population characteristics of *Escherichia coli* and enterococci in deep backshore sand of two freshwater beaches. *Journal of water and health*, 04.3: 313-7.
- 9- Byappanahalli, M.N.; Roll, B.M.; Fujjoka, R.S. (2012) Evidence for occurrence, persistence, and growth potencial of *Escherichia coli* and *enterococci* in Hawaii's soil environments. *Microbes Enviroment*, 27 (2): 164-70.
- 10- Chinen (2022) Actualización en estrategias de diagnóstico y vigilancia. 1° Simposio Argentino sobre *Escherichia coli* productor de toxina Shiga (STEC/VTEC), responsable del Síndrome Urémico Hemolítico. Buenos Aires. Abril, 2022.
- 11- Ding, T.; Suo, Y.; Xiang, Q.; Zhao, X.; Chen, S.; Ye, X.; Liu, D. (2017) Significance of viable but nonculturable *Escherichia coli*: induction, detection, and control. *J Microbiol Biotechnol*, 27(3):417-28.
- 12- Donnenberg, M.S. (2013) The ecology of *Escherichia coli*, p.1-20. En Donnenberg, M.S. (Ed.) *Escherichia coli*. Pathotypes and principles of pathogenesis. Edición: 2.
- 13- Fakruddin, M.; Mannan, KSB; Andrews, S. (2013) Viable but nonculturable bacteria: food safety and public health perspective. *ISRN Microbiol*, 2013: 1-6.
- 14- Fernandes, M.C.; Takai, S.; Leite, D.S.; Pinto, J.P.A.N; Brandao, P.E.; Santarém, V.A.; Listoni, F.J.P.; Da Silva, V.A.; Ribeiro, M.G. (2013) Identification of pathogens and virulence profile of *Rhodococcus equi* and *Escherichia coli* strains obtained from sand of parks. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44(2): 485-91.
- 15- Gómes, T.A.T.; González-Pedrajo, B. (2010) Enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC). En



- Torres, A.G. (Ed.) Pathogenic *Escherichia coli* in Latin America. Bentham Science Publishers, USA. Cap 3: 25-47.
- 16- Instituto Nacional Central Único Coordinador de Ablación e Implante (INCUCAI) <https://bancos.salud.gob.ar/recurso/registro-argentino-de-dialisis-cronica-2019> Consultado en mayo 2022.
- 17- Ishii, S.; Sadowsky, M.J. (2007) *Escherichia coli* in the environment: Implication for Water Quality and Human Health. *Microbes and Environments*, 23(2):101-8.
- 18- Ishii, S.; Yan, T.; Vu, H.; Hansen, D.L.; Hicks, R.; Sadowsky, M.J. (2010) Factors Controlling Long-Term Survival and Growth of Naturalized *Escherichia coli* Populations in Temperate Field Soils. *Microbes Environ*, 25(1):8-14.
- 19- Kaper, J.B.; Nataro, J.P.; Mobley, H.L. (2004) Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews. Microbiology*, 2:123-40.
- 20- Leotta, G.; Chinen, I.; Epszteyn, S.; Miliwebsky, E.; Melamed, I.C.; Motter, M.; Ferrer, M.; Marey, E.; Rivas, M. (2005) Validación de una técnica de PCR múltiple para la detección de *Escherichia coli* productor de toxina Shiga. *Revista Argentina de Microbiología*, 37: 1-10.
- 21- Liu, Y.; Wang, C.; Tyrrell, G., Li, X-F (2010) Production of Shiga toxing in viable but not cultivable *Escherichia coli* O157:H7. *Water Reasearch*, 44: 711-8.
- 22- Miliwebsky, E.; Deza, N.; Chinen, I.; Martínez Espinosa, E.; Gomez, D.; Pedroni, E.; Caprile, L.; Bashckier, A.; Manfredi, E.; Leotta, G.; Rivas, M. (2007) Prolonged fecal shedding of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* among children attending day-care centers in Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*, 39(2): 90-2.
- 23- Monaghan, A.; Byrne, B.; Fanning, S.; Sweeney, T.; McDowell, D.; Bolton, D.J. (2012) Serotypes and virulence profiles of atypical enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC) isolated from bovine farms and abattoirs. *J. Appl Microbiol*, 114:595-603.
- 24- Ohtomo, R.; Saito, M. (2001) Increase in the culturable cell number of *Escherichia coli* during recovery from saline stress: posible implication for resuscitation from



- the VBNC state. *Microb Ecol*, 42: 208-14.
- 25-Oliver, JD (2005) The viable but nonculturable state in bacteria. *J Microbiol*, 43: 93-100.
- 26- Oliver, JD (2010) Recent findings on the viable but nonculturable state in pathogenic bacteria. *FEMS Microbiol Rev*, 34: 415-25.
- 27- Organización Mundial de la Salud, OMS (1998) Report of a WHO Scientific Working group meeting. Berlin, Germany.
- 28- Paton, A.W.; Ratcliff, R.M.; Doyle, R.M.; Seymour-Murray, J.; Davos, D.; Lanser, J.A; Paton, J.C. (1996) Molecular microbiological investigation of an outbreak of hemolytic-uremic syndrome caused by dry fermented sausage contaminated with Shiga-like toxin-producing *Escherichia coli*. *Journal of Clinical Microbiology*, 34(7): 1622-7.
- 29- Pinto, D; Santos, M.A.; Chambel, L. (2013) Thirty years of viable but nonculturable state research: unsolved molecular mechanisms. *Crit Rev Microbiol*, 41:61-76.
- 30- Probandt, D.; Eickhorst, T.; Ellrott, A.; Amann, R.; Knittel, K. (2018) Microbial life on a sand grain from bulk sediment to single grains. *The ISME Journal*, 12: 623-33.
- 31- Rivas, M.; Miliwebsky, E.; Chinen, I.; Deza, N.; Leotta, G. (2006) Epidemiología del Síndrome Urémico Hemolítico en Argentina. Diagnóstico del agente etiológico, reservorios, y vías de transmisión. *Medicina*, 66(3):27-32.
- 32- Rivas, M.; Padola, N.L.; Lucchesi, P.M.A.; Masana, M. (2010) Diarrheagenic *Escherichia coli* in Argentina. En Torres, A.G. (Ed) Pathogenic *Escherichia coli* in Latin America. *Bentham Science Publishers*, USA. Cap 10: 142-161.
- 33- Segura, A.; Auffret, P.; Bibbal, D.; Bertoni, M.; Durand, A.; Jubelin, G.; Kerourédan, M.; Brugère, H.; Bertin, Y.; Forano, E.(2018) Factors involved in the persistence of a Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 strain in bovine feces and gastro-intestinal content. *Frontiers in Microbiology*, Vol 9, art 375, 1-14.
- 34- Smith, J.L.; Fratamico, P.M.; Gunther N.W. (2007) Foodborne Pathogens and Disease, 4(2): 134-163. doi:10.1089/fpd.2007.0087.
- 35- Solecki, O.; MacRae, M.; Ogden, I.; Strachan, N. (2007) Can the high levels of human verocytotoxigenic



- Escherichia coli* O157 infection in rural areas of NE Scotland be explained by consumption of contaminated meat?, J Appl Microbiol 103: 2616-21.
- 36- Staley, Z.R.; Robinson, C., Edge, T. (2016) Comparison of the occurrence and survival of fecal indicator bacteria in recreational sand between urban beach, playground and sandbox settings in Toronto, Ontario. Science of total Environment, 541: 520 - 7.
- 37- Strachan, N.J; Dunn, G.M.; Locking, M.E.; Reid, T.M.; Ogden, I.D. (2006) *Escherichia coli* O157: Burger bug or environmental pathogen?. Int J. Food Microbiol 112: 129-37.
- 38- Suarez, J.C.; Mariñelarena, A. (2019) La arena como reservorio de la contaminación fecal en playas de la ribera sur del Río de la Plata. X Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/121503> Consultado 05/2022.
- 39- Tanaro JD, Leotta GA, Lound LH, Galli L, Piaggio MC, Carbonari CC, Araujo S, Rivas M. (2010) *Escherichia coli* O157 in bovine feces and surface water streams in a beef cattle farm of Argentina. Foodborne Pathog Dis;7:475–477
- 40- Tanaro, J.D.; Piaggio, M.C.; Galli, L.; Gasparovic, A.M.C.; Procura, F.; Molina, D.A.; Vitón, M.; Zolezzi, G.; Rivas, M. (2014) Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 in surface water near cattle feedlots. Foodborne pathogens and Disease, 11(12): 960-965.
- 41- Torres A. (2017) *Escherichia coli* diseases in Latin America—a ‘One Health’ multidisciplinary approach. Pathogens and Disease, 75. ftx012, 2017.
- 42- Trabulsi, L.R.; Keller, R.; Gomes T.A.T. (2002) Typical and atypical enteropathogenic *Escherichia coli*. *Emerg Infect Dis* 8:508-13.
- 43- Vital, M.; Hammes, F.; Egli, T. (2008) *Escherichia coli* O157 can grow in natural fresh water at low carbon concentrations. Environ Microbiol, 10: 2387-96.
- 44- Von Wernich Castillo, P.; Bentancor, A.; Blanco Crivelli, X. (2017) Estudio exploratorio de patotipos de *Escherichia coli* enteropatógeno y enteroagregativo en animales de compañía. XXV Jornadas de Jóvenes Investigadores. Organizadas por la Asociación de Universidades del



Grupo Montevideo (AUGM).
Publicado on line
<http://grupomontevideo.org/jji/XXV.pdf>. ISBN 978-99967-884-0-6.

- 45- Williams, N.D.; Torres, A.G.; Lloyd, S.J. (2010) Evolution and epidemiology of diarrheagenic *Escherichia coli*, p. 8-24. En Torres, A.G. (Ed) Pathogenic *Escherichia coli* in Latin America. Bentham Science Publishers, U.S.A.
- 46- Zhao, F.; Bi, X.; Hao, Y.; Liao, X. (2013) Induction of viable but nonculturable *Escherichia coli* O157:H7 by High Pressure Co2 and its characteristics. PLOS ONE, 8(4):1-9. E62388.

Financiamiento

- UBACyT 20020190200418BA.

Evaluación de areneros de espacios recreativos como posibles fuentes de infección de patovares diarregénicos de *Escherichia coli*.

- UBACyT 20020190100320BA.

Análisis de cepas de *Escherichia coli* diarregénica aisladas de diferentes fuentes de infección en tierra del Fuego y su dispersión clonal en la región.

- Rocío De la Cuesta actualmente posee una beca Estímulo a las Vocaciones

Científicas CIN 2020. Convocatoria CIN.
RP N°1612/21. (período 2021 -.2022).

Evaluación de la toxicidad de la vinaza resultante del
crecimiento de *Aspergillus* sp.
V1 empleando *Artemia salina* como organismo indicador



D.32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

Evaluación de la toxicidad de la vinaza resultante del crecimiento de *Aspergillus* sp.

V1 empleando *Artemia salina* como organismo indicador

Autor: Del Gobbo, Luciana Melisa; lucianadelgobbbo@gmail.com

Co-autor: Dra. Colin Verónica; veronicacollin@yahoo.com.ar

Profesora guía: Polti, Marta; marpolti@hotmail.com

Universidad Nacional de Tucumán-PROIMI

Resumen

La vinaza es un efluente industrial líquido muy voluminoso con bajo pH y elevados valores de DQO (Demanda Química de Oxígeno), que resulta de la producción de alcohol etílico. De no ser tratada adecuadamente, la vinaza puede generar problemas de contaminación ambiental, sobre todo en los cuerpos de agua que son los principales receptores de este efluente. La bioeconomía ha ganado importancia debido a la necesidad de transitar hacia formas de producción que minimicen o eliminen la generación de desechos. En este sentido, nuestro grupo de trabajo logró la bioconversión de vinaza sucro-alcoholera en biomasa fúngica con 41% de proteína, la cual podría emplearse como ingrediente económico para piensos acuícolas. El hongo empleado para este propósito, *Aspergillus* sp. V1, produjo un incremento en el pH de la vinaza cercano a la neutralidad, y una reducción del 30% en la DQO del efluente. El objetivo de este estudio fue emplear al crustáceo *Artemia Salina* para estimar la ecotoxicidad de la vinaza, antes (V_0) y después de la producción de biomasa fúngica (V_B). Para esto, nauplios de *Artemia Salina* se incubaron con 100 μ l de diferentes diluciones de V_0 y V_B , durante 24 h a temperatura ambiente. Transcurrido el periodo de incubación, se calculó la concentración letal 50 (CL_{50}), es decir, la concentración de V_0 y V_B que mata al 50% de los organismos de prueba. En nuestras condiciones de ensayo, la CL_{50} fue de 1,9% para V_0 y 25,0% para V_B . Estos resultados demuestran la efectiva reducción en la toxicidad de la vinaza asociada al crecimiento del hongo (V_B) respecto a V_0 , ya que la concentración requerida para matar el 50% de los nauplios de *Artemia salina* fue aproximadamente 13 veces mayor.

Introducción

Las destilerías son industrias altamente contaminantes ya que más del 80% de sus materias primas se convierten en residuos, que se vierten al agua y al suelo (Colin y col., 2018). La fracción líquida

generada por las operaciones de rectificación y destilación del bioetanol producido se conoce como vinaza. La vinaza es un efluente líquido con un pH ácido (pH 3,5–5,0) de color marrón oscuro con olor desagradable, que se caracteriza



por altos niveles de sólidos disueltos y conductividad eléctrica. Su demanda química de oxígeno (DQO) suele variar entre 50 y 150 g/L, determinando en gran medida el nivel de toxicidad de estas aguas residuales (Rulli y col., 2020). La mayoría de los ingenios azucareros coexisten con destilerías utilizando jugo de caña o melaza de la fabricación de azúcar de como materia prima para la producción de bioetanol.

El Noroeste argentino cuenta con numerosas industrias azucareras y sólo en la provincia de Tucumán se encuentran quince ingenios azucareros, de los cuales nueve de ellos poseen destilerías y por lo tanto producen vinaza. Las características ambientalmente indeseables de la vinaza se vuelven preocupantes si se considera que por cada litro de alcohol producido se generan 10-15 L de este residuo (Cavalett y col., 2012). De no ser tratada adecuadamente, la vinaza puede generar problemas de contaminación ambiental, sobre todo en los cuerpos de agua que son los principales receptores de este efluente (Ferreira y col., 2012).

La piscicultura se ha expandido rápidamente en los últimos años para satisfacer la creciente demanda de alimentos asociada con el crecimiento de la población mundial (FAO, 2018). En los sistemas de cultivo intensivo, la

producción de peces depende en gran medida de la suplementación con alimentos ricos en proteínas, ya que este nutriente es el principal componente orgánico del tejido de los peces (Karimi y col., 2019). El elevado costo de las harinas de pescado y soja lleva a que la alimentación llegue a representar el 70% de los costos de producción en los sistemas de cultivo intensivo (Sartori y col., 2015) además de ser recursos limitados. En consecuencia, la transición dietética de alimentos convencionales para peces a fuentes alternativas de proteínas podría contribuir a un mercado futuro más sustentable (De Chaves y col., 2018; Fidelis y col., 2019). La biomasa de algunos microorganismos puede ser fuente de proteína adecuada para su uso en la alimentación de peces. Entre los diferentes microorganismos, los hongos filamentosos se caracterizan por su extraordinaria capacidad de crecer sobre residuos orgánicos como la vinaza, aportando grandes cantidades de biomasa de valor agregado. En este sentido, nuestro grupo de trabajo logró la bioconversión de vinaza sucro-alcoholera en biomasa fúngica con 41% de proteína, la cual podría emplearse como ingrediente económico para piensos acuícolas ya que el requerimiento de proteína de los peces está en el rango de 26-55% (Bandara



2018). El hongo empleado para este propósito, *Aspergillus* sp. V1 fue aislado del noroeste argentino. El crecimiento de este hongo en la vinaza resultó en una reducción del 30% en la DQO, mientras que el pH incrementó a un valor cercano a la neutralidad.

Objetivos

El objetivo de este estudio fue emplear al crustáceo *Artemia Salina* para estimar la ecotoxicidad de la vinaza antes (V_0) y después de la producción de biomasa fúngica (V_B).

Materiales y métodos

La vinaza utilizada en este estudio se obtuvo de una destilería de la provincia de Tucumán durante la campaña agrícola 2017. La muestra se tomó de un recipiente que recibe la vinaza aún caliente, y se envasó para su posterior refrigeración a 4 °C. Las determinaciones analíticas de vinaza se realizaron en el Laboratorio de Efluentes de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, de acuerdo a las normas establecidas por la APHA (2012).

Los recuentos de bacterias totales de la vinaza se obtuvieron cultivando 1 mL de efluente en medio agar nutritivo; las placas se incubaron a 30 °C durante 48 h (APHA, 2012). Para el recuento de

levaduras y hongos se cultivando 1 mL de vinaza en medio de papa dextrosa agar, que se incubó durante 72 h a 25 °C (APHA, 2012). Finalmente, las bacterias termófilas se contaron cultivando 1 mL de vinaza en Agar Dextrosa Triptona y posteriormente se confirmaron en Agar Sulfato de Hierro. La incubación se llevó a cabo a 50-55 °C durante 72 h.

Los quistes de *Artemia salina* se obtuvieron comercialmente y se almacenaron en un lugar seco a 25°C hasta su uso. Se empleó agua de mar artificial preparada según la fórmula Dietrich & Kalle para las diluciones y para la eclosión de los quistes. Para un litro de agua destilada: 23 g NaCl; 11 g $MgCl_2 \cdot 6H_2O$; 4g Na_2SO_4 ; 1,3 g $CaCl_2 \cdot 2H_2O$; 0,7 KCl. El pH se ajustó a 9 con Na_2CO_3 . Para la eclosión de los quistes se empleó una cámara de incubación con dos compartimentos (uno oscuro y el otro iluminado por una lámpara de 18W a una distancia de 30 cm). Las concentraciones analizadas fueron de 1,5-3,0-6,0-9,0-12,0-15,0-18,0-24,0-30,0% tanto para de V_0 y V_B con tres replicas en cada caso. Como control positivo se utilizó $K_2Cr_2O_7$ (1 mg/mL) y agua de mar artificial como control negativo.

Se colocaron 10 μ L de cada una de las diluciones en una placa de 96 microwells y se transfirieron diez neonatos de *Artemia*

Salina de menos de 24 h de nacidos y se dejaron a 25°C por 24 h. Transcurrido el tiempo se registró el número de organismos muertos. La muerte se reconoce por la carencia de movilidad o la ausencia de ritmo cardiaco.

La determinación de la CL50 se realizó por método Probit con un límite de confianza del 95%.

Resultados y discusión

La caracterización físico-química y biológica de la vinaza empleada en este estudio se observan en la tabla 1.

Tabla 1
Características físico-químicas y biológicas de la vinaza

Parámetro	Valor
pH ^a	4,7
Conductividad eléctrica, mS/cm ^b	25,0
Contenido total de sólidos, g/L ^c	71,0
DQO, g O ₂ /L ^d	80,8
DBO, g O ₂ /L ^e	21,7
Nitrógeno total, g/L ^f	1,2
Potasio, g/L ^g	13,0
Recuento de bacterias UFC/ml ^h	6 × 10 ⁵
Recuento de levaduras UFC/ml ⁱ	1 × 10 ⁷
Recuento de hongos UFC/ml ⁱ	53

^a Método electrométrico a 25 °C

^b Método de conductividad eléctrica a 25 °C

^c Secado a 105 °C

^d Método con dicromato de potasio

^e Prueba DBO 5 días

^f Método de Kjeldahl

^g Fotometría de llama

^h Recuento en medio agar nutritivo

ⁱ Recuento en medio agar papa dextrosa

El análisis de la vinaza (Tabla 1) revela su carácter ácido (pH=4,7) y su elevada carga orgánica (DQO=80,8 g O₂/L). El ensayo de ecotoxicidad con *Artemia Salina* es una herramienta útil para detectar la toxicidad general de una muestra compleja. Se basa en la sensibilidad de estos crustáceos a sustancias tóxicas ya que en las primeras horas de vida presentan una cutícula muy fina, lo que lo hace especialmente sensibles a tóxicos. En la Figura 1 podemos observar los resultados de las gráficas del porcentaje de la mortalidad en unidades PROBIT vs el logaritmo de las concentraciones utilizadas para V₀ (A) y V_B (B); cada una con su correspondiente ecuación de recta.

Los valores de CL50 (24 h) para *Artemia Salina* se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2
Valores de CL50 (%) en Artemia Salina

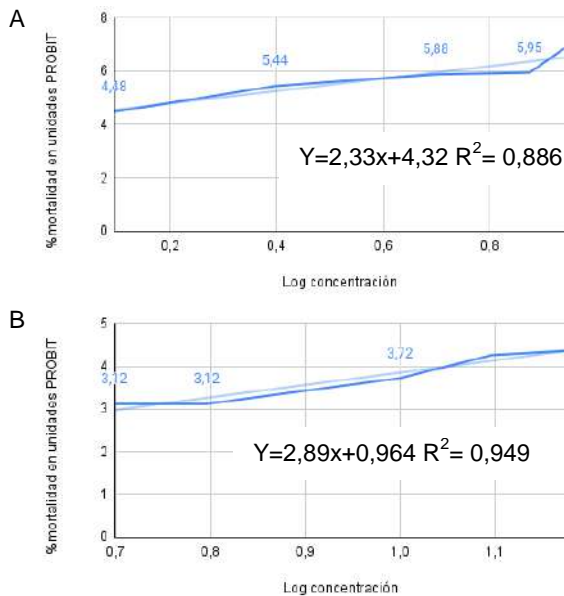
Vinaza	CL50 (%)
V ₀	1,9
V _B	25,0

V₀: vinaza

V_B: vinaza después del crecimiento de *Aspergillus* sp. V1

Figura 1

Gráficas de porcentaje de mortalidad en unidades PROBIT vs logaritmo de la concentración para A: V₀ y B: V_B



La vinaza pura mostró una toxicidad elevada con una CL50 de sólo 1,9% en comparación con la vinaza luego del crecimiento de *Aspergillus sp.* V1 fue del 25%. La concentración requerida para matar el 50% de los nauplios de *Artemia salina* fue aproximadamente 13 veces mayor en la vinaza V_B en comparación con la vinaza V_O. Esto puede deberse al aumento del pH de 4,7 a 7 como al metabolismo de *Aspergillus sp.* V1 al crecer en la vinaza.

Aunque se han realizado pocos estudios de toxicidad con vinaza. En uno de ellos, Botello y col. (2012) determinó la toxicidad de la vinaza con y sin ajuste del pH utilizando diferentes organismos acuáticos: dos crustáceos (*Ceriodaphnia dubia* y *Daphnia magna*) y un pez (*Danio rerio*). Con la vinaza sin ajustar el pH

obtuvieron resultados similares a los obtenidos en este trabajo con una CL50 (%) de 0,67; 0,8 y 2,62 % para *Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia magna* y *Danio rerio*, respectivamente. Mientras que al ajustar el pH a 7 los valores de CL50 (%) aumentaron para todos los organismos obteniéndose valores de CL50 (%) de 2.99; 5.62 y 8.34 %. La disminución de la toxicidad la atribuyen al aumento del pH, lo mismo que podría estar ocurriendo cuando pasamos de V_O a V_B, donde se obtiene un similar cambio de pH aunque la disminución de la toxicidad en el estudio actual es más marcado (13 veces).

En otro trabajo, Ferreira y col. (2011) trataron vinaza con el hongo *Pleurotus sajor-caju* y realizaron pruebas de toxicidad con *P. subcapitata*, *D. magna*, *Daphnia similis* e *Hydra attenuata* antes y después del tratamiento. El valor de CL50 (%) fueron 1,6 %, 3,6 %, 2,2 % y 2,3 % para *P. subcapitata*, *D. magna*, *Daphnia similis* e *Hydra attenuata* respectivamente. La toxicidad se debe principalmente a la presencia de materia orgánica y los compuestos de alto peso molecular que se encuentran en la vinaza (Naik et al., 2008). Después del tratamiento del efluente con el hongo los valores de CL50 (%) aumentaron en todos los casos. Por lo tanto, como en este estudio, el



crecimiento de *Aspergillus sp.* V1 que conlleva a la disminución de la materia orgánica en la vinaza sumada a la neutralización del pH pueden sumar a la disminución de la toxicidad observada.

Además, Matkar y Gangotri (2003) observaron que la toxicidad del efluente depende de su concentración sobre los cangrejos de la especie *Barythephusa guerini*. Kannan y Upreti (2008) relacionan los efectos altamente tóxicos de la vinaza sobre el crecimiento y la germinación de semillas de *Vigna radiate* (frijol mungo) en bajas concentraciones de sus residuos (5% v/v).

Conclusiones

Teniendo en cuenta las cantidades generadas y la toxicidad de la vinaza en el medio ambiente, la reutilización de este efluente para la producción de biomasa fúngica que podría utilizarse para sustituir

las costosas fuentes de proteínas de piensos acuícolas es muy prometedor ya que permitiría, por un lado, obtener alimento piscícola de forma más sustentable, y por otro, la vinaza resultante presenta una reducción sustancial de la toxicidad de la con disminución del 30% en la DQO y la neutralización del pH. De esta manera, la disposición final de este efluente se realizaría de una manera más segura ya que las corrientes de agua son los principales receptores de este. Aunque para ayudar a comprender mejor los efectos y riesgos de la vinaza más estudios son necesarios.

Financiamiento

Este trabajo fue apoyado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) (PICT 2015 N° 0292), y CONICET.

Bibliografía

- A.P.H.A, A.W.W.A, W.E.F. (2012). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22nd ed., American Public Health Association, Washington, p. 1360 ISBN 978-087553-013-0.
- Bandara, T. (2018). Alternative feed ingredients in aquaculture: Opportunities and challenges. *J. Entomol. Zool. Stud*, 6(2), 3087-3094.
- Botelho, R. G., Tornisielo, V. L., de Olinda, R. A., Maranhão, L. A., & Machado-Neto, L. (2012). Acute toxicity of sugarcane vinasse to aquatic organisms before and after pH adjustment. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94(10), 2035-2045.



- Cavalett, O., Junqueira, T.L., Dias, M.O.S., Jesus, C.D.F., Mantelatto, P.E. and Cunha, M.P. (2012). Environmental and economic assessment of sugarcane first generation biorefineries in Brazil. *Agric Ecosyst Environ*, 14, 399-410.
- Colin, V.L., Rulli, M.M., Del Gobbo, L.M. and Amoroso, M.J. (2018). Potential application of an indigenous actinobacterium to remove heavy metals from sugarcane vinasse. R.E. Donati (Ed.), *Heavy Metals in the Environments: Microorganisms and Bioremediation* (pp 47-58). CRC Press Taylor & Francis Grupo, USA.
- De Chaves, P.D.L.C. and Bolivar, R.B. (2018). *Spirulinaplantensis* as an alternative protein sources for the african catfish *Clarias gariepinus*. *AAFL Bioflux*, 11, (2) 481-494.
- F.A.O (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture*, European Commission, Brussels, Belgium. p. 227.
- Ferreira, L.F.R., Aguiar M.M., Messias, T.G., Pompeu, G.B., Lopez, A.M.Q., Silva D.P. and Monteiro, R.T. (2011). Evaluation of sugar-cane vinasse treated with *Pleurotus sajor-caju* utilizing aquatic organisms as toxicological indicators. *Ecotoxicol Environ Saf*, 74, 132-7.
- Fidelis, O.I., Eze, V.C., Nwaugo, R.O and Chikezie-Abba, R.O. (2019). The nutritional values of microbial live feeds and their applications in fish farming. *EC Agric*, 335-339.
- Kannan, A., and R.K. Upreti (2008). Influence of distillery effluent on germination and growth of mung bean (*Vigna radiata*) seeds. *J Hazard Mater*, 153, 609- 15.
- Karimi, S., Soofiani, N.M., Lundh, T., Mahboubi, A., Kiessling, and Taherzadeh, M.J. (2019). Evaluation of filamentous fungal biomass cultivated on vinasse as an alternative nutrient source of fish feed: protein, lipid, and mineral composition. *Fermentation*, 5, 99.
- Matkar, L.S., and M.S. Gangotri. (2003). Acute toxicity tests of sugar industrial effluents on the freshwater crab, *Barytelphusa guerini*. *Pollut Res*, 22, 269-76.
- Naik, N.M., Jagadeesh, K.S and Alagawadi, A.R. (2008). Microbial decolorization of spentwash: a review. *Indian J Microbiol*, 48, 41-48.
- Rulli, M.M, Villegas, L.V., and Colin, V.L. (2020). Treatment of sugarcane vinasse using an autochthonous fungus from the northwest of Argentina and its potential application in fertigation practices. *J Environ Chem Eng* 8 (5).
- Sartori, S.B., Ferreira, L.F.R., Messias, T.G., Souza, G., Pompeu, G.B. and Monteiro, R.T.R.(2015). *Pleurotus* biomass production on vinasse and its potential use for aquaculture feed. *Mycology*, 6, (1) 28-34.

Microorganismos involucrados en la absorción de
fósforo en la Isla Rey Jorge, Antártida



D. 32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

Microorganismos involucrados en la absorción de fósforo en la Isla Rey Jorge, Antártida

Autor: Gonnet, Rebeca; rgonnet@fagro.edu.uy

Profesor/a guía: Bajsa, Natalia; nbajsa@gmail.com; Pezzani, Fabiana;
fabiana@fagro.edu.uy

Universidad de origen: Facultad de Agronomía - Universidad de la República –
Uruguay

Resumen

Deschampsia antarctica es una de las dos especies vegetales que han logrado colonizar y adaptarse en la Antártida. La interacción con microorganismos adaptados al ambiente antártico podría explicar en parte su presencia. Los objetivos fueron: caracterizar la comunidad de bacterias rizosféricas solubilizadoras de fósforo (P), determinar la presencia de micorrizas arbusculares (MA) y hongos septados oscuros (DSE) en *D. antarctica*, evaluar el potencial de colonización micorrícica y cuantificar la presencia de glomalina en suelos. En la Isla Rey Jorge, se tomaron muestras de suelo y raíces de *D. antarctica* en dos sitios con contenidos contrastantes de P: Drake (alto P) y Punta Suffield (bajo P). Se realizaron recuentos de bacterias heterótrofas totales aerobias (BHTA) y bacterias solubilizadoras de P (BSP) de la rizósfera de *D. antarctica*. Se cuantificó la colonización micorrícica y de DSE. También la glomalina fácilmente extraíble (GFE). El potencial micorrícico se estudió en cultivo trampa utilizando suelo de los sitios. Se encontró una mayor relación BSP/BHTA en Drake indicando una relación positiva entre el contenido de P y la presencia de BSP. La presencia de micorrizas en *D. antarctica* fue alta, de 47 y 54% y la de DSE 19 y 30% en Drake y Baliza, respectivamente, sin diferencias significativas entre los sitios. Tampoco se encontraron diferencias en el potencial micorrícico ni en el de DSE. Los resultados obtenidos en cuanto a GFE muestran pequeñas diferencias a favor de Drake (1,4 y 1,2 mg glomalina/g suelo en Drake y P. Suffield, respectivamente). La presencia de bacterias y hongos ligados al ciclo del P en la Antártida representa una posible estrategia de las plantas para adquirir este nutriente y sobrevivir en estas condiciones extremas.



Palabras clave: bacterias solubilizadoras de fósforo, micorrizas arbusculares, hongos septados oscuros.

Introducción

El ecosistema antártico es considerado como uno de los ambientes más extremos para la vida. Es un ecosistema relativamente simple y con baja complejidad trófica, con ciclos de nutrientes y descomposición dominados por actividades microbianas. A pesar de la baja cantidad de lluvias, en la Península Antártica la tasa de precipitación excede la de evaporación, por lo que los suelos tienen un alto contenido de humedad, favorable para el crecimiento microbiano (Teixeira et al., 2010). Los microorganismos son el componente dominante de la biomasa de los ecosistemas antárticos (Wynn-Williams, 1996). Sin embargo, la diversidad microbiana presente en suelos antárticos ha sido poco estudiada.

La vegetación terrestre de la Antártida está compuesta por musgos, líquenes, algas y dos especies de plantas vasculares. *Colobanthus quitensis* (clavel antártico) y *Deschampsia antarctica* (pasto antártico) son las únicas plantas nativas vasculares que habitan el continente antártico. Las áreas costeras libres de hielo otorgan

sustratos húmedos en verano que posibilitan su desarrollo.

El fósforo (P) es el segundo elemento limitante del crecimiento vegetal (luego del nitrógeno), ya que la mayor parte se encuentra en formas no biodisponibles (Gyaneshwar et al., 2002). Por esta razón cobran gran importancia las interacciones de las plantas con otros organismos involucrados en la absorción de P.

Las micorrizas arbusculares son interacciones que se establecen entre hongos del *phylum Glomeromycota* y las raíces de la mayoría de las plantas terrestres (Smith y Read, 2008). Entre los beneficios que dicha simbiosis les otorga a las plantas se destaca el aumento de la absorción de fósforo y agua debido a un incremento en la superficie de exploración radicular gracias al sistema de hifas extraradiculares que desarrollan los hongos (Smith y Smith 2011; Marulanda et al., 2003).

En estudios previos hemos observado además la presencia de estructuras de otro grupo de hongos, endófitos que viven y colonizan tejido vivo en el interior de las plantas sin ocasionar efecto



negativo (Guerrero 2015), los llamados septados oscuros (DSE por su sigla en inglés). Presentan hifas pigmentadas con septos regulares. Se asocian con más de 600 especies vegetales y parecen no tener especificidad de huéspedes, ya que se han aislado de plantas no micorrizógenas y de plantas micorrizógenas (Terra, 2021). Se encuentran en una amplia variedad de ambientes, incluido bosques y pastizales templados. Sin embargo, se cree que están más adaptados que los HMA a ambientes extremos, ya que presentan mayor abundancia en ambientes fríos y hostiles, a altas elevaciones y latitudes, y en hábitats inundados y acuáticos (Terra, 2021). Los DSE cumplen múltiples roles en la planta hospedera, y pueden generar tanto efectos negativos como positivos (Terra, 2021). Algunos estudios sugieren que pueden aumentar la biomasa total (Newsham, 2011), mejorar la captación de nitrógeno y fósforo, aumentar la absorción de agua y aumentar la tolerancia al estrés biótico y abiótico (Addy et al. 2005; Lugo et al. 2018).

Por otro lado, existe un grupo de bacterias, las llamadas solubilizadoras de fósforo (BSP) que pueden ser de vida libre o establecer relaciones de

asociación con las plantas; en este último caso, son capaces de colonizar y persistir en la rizósfera del vegetal y favorecer su crecimiento y desarrollo, al tiempo que se benefician con las sustancias de carbono liberadas por las raíces como exudados. En tal sentido es que se las identifica como bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPB, por sus siglas en inglés (Scattareggia, 2016).

Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivos: a) caracterizar la comunidad de bacterias rizosféricas solubilizadoras de fósforo (P); b) determinar la presencia de micorrizas arbusculares (MA) y hongos septados oscuros (DSE) en *D. antártica*; c) evaluar el potencial de colonización micorrícica y por DSE de suelos antárticos y d) cuantificar la presencia de proteínas asociadas a la glomalina en suelos antárticos.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en la Isla Rey Jorge (Archipiélago Shetland del Sur, Antártida) la cual está ubicada en los 62° de latitud sur y 58° de longitud oeste durante las Campañas Antárticas de verano (CAV) 2019 - 2020 y 2021. Se colectaron 5 ejemplares de la planta nativa *Deschampsia antarctica* y suelo rizosférico de estas plantas (200 grs aprox.) Para cada sitio se determinó la ubicación geográfica mediante GPS.

Las muestras de raíces y suelo fueron refrigeradas a 4°C y acondicionadas para su envío a Uruguay, en bolsas plásticas y tubos Falcon.

La elección de los sitios de estudio fue mediante el contenido de P del suelo, seleccionando dos sitios con situaciones contrastantes: Drake con alto contenido de fósforo y Punta Suffield (Baliza) con bajo contenido de fósforo. Los datos de análisis de suelo, muestran el contenido de nutrientes y características químicas de los sitios seleccionados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas y contenido de nutrientes resultantes en suelos de los sitios seleccionados en la Isla Rey Jorge, Antártida.

	DRAKE	P. SUFFIELD
Nitrógeno total (% N total)	0,16	0,17
Carbono orgánico (%)	1,3	0,4
Fósforo Bray I (ppm P)	13	28
Potasio intercambiable (meq K/100 g)	1,06	1,5
pH (agua)	5,4	5,3



Figura 1. Drake



Figura 2. Punta Suffield (Baliza)



Figura 3. Ejemplar de *Deschampsia antarctica*

Trabajo de campo

Los muestreos de suelo y ejemplares de *D. antarctica* fueron realizados entre enero y febrero de 2019 - 2020 y 2021 durante las Campañas Antárticas de Verano. Se tomaron muestras compuestas de cada sitio, procurando que sean de los primeros 10 cm de suelo, en donde se encuentran la mayor parte de raíces.

Una vez colectadas las muestras, se las mantuvo almacenadas a 4°C en refrigerador para su conservación de manera de evitar su deterioro y/o la pérdida de las características originales para la posterior instalación del ensayo y análisis de raíces.

Trabajo de laboratorio

Procedimiento general para el procesamiento de raíces

Una vez obtenidos los especímenes de *D. antarctica* se procedió a cortar la parte aérea, conservando la parte radicular. Las raíces colectadas en el campo fueron lavadas con agua de canilla para eliminar la mayor cantidad de suelo adherido a las mismas e impurezas. Esto se realiza con mucho cuidado de modo de evitar dañar la estructura e integridad radical. Luego son conservadas en vinagre para su posterior procesamiento.

Ensayo con planta trampa para estudio del potencial

Instalación del ensayo de potencial micorrícico con suelos antárticos

La instalación del experimento tuvo lugar el día 27 de mayo de 2019 en

el laboratorio del Departamento de Sistemas Ambientales en la Facultad de Agronomía. El diseño experimental consistió en 5 macetas (unidad experimental) con suelo proveniente de cada tratamiento en cada uno de los sitios muestreados. Se utilizaron macetas de 200 gr de capacidad, en los que se mezcló suelo proveniente de la Antártida previamente tamizado (se utilizó un tamiz malla N° 10, micrón 2000) y vermiculita estéril en una proporción 3 a 1 para mantener una mayor aireación y evitar la compactación del suelo. Las macetas fueron ubicadas de manera aleatoria sobre bandejas en el laboratorio.

Se sembraron 7 semillas de *Allium cepa* (cebolla) utilizado como cultivo trampa por su fácil micorrización y luego de su emergencia se ralearon a 3 plantas por macetas. Durante todo el período en el que permaneció el cultivo instalado se realizó seguimiento, tanto para control de malezas como de humedad (riego a demanda).

Además de los tratamientos que fueron mencionados

anteriormente, se instaló un tratamiento control en los cuales se utilizó solamente vermiculita. Dado que se trata de un material inerte sin aportes de nutrientes, se debió fertilizar cada 15 días.

Otro aspecto a destacar es que las plantas recibieron un fotoperíodo de 14 horas diarias.

Pasados 70 días post siembra, el día 5 de agosto de 2019 se cosecharon las plantas de cebolla cuidando la integridad de las raíces, se procedió a cortar la parte aérea y guardar las raíces en frascos rotulados con vinagre hasta su procesamiento. Se realizó aclaro y tinción, montaje y observación de las raíces procediendo de igual forma que para las raíces de *D. antarctica* mencionado en puntos anteriores.



Figura 4. Experimento con plantas trampa

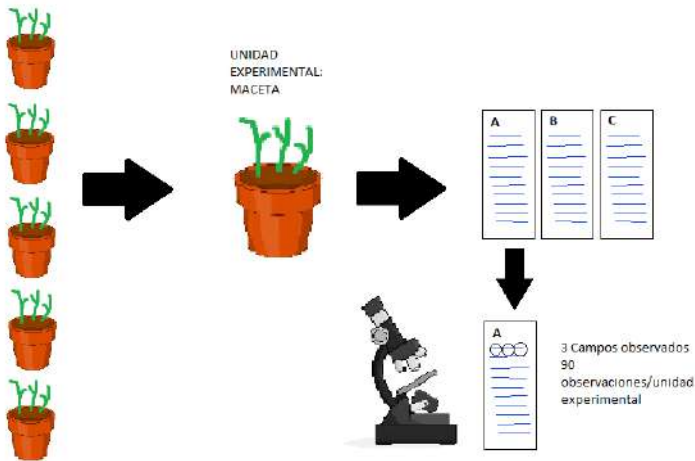


Figura 5. Esquema simplificado del procedimiento aplicado a cada unidad experimental realizado en la etapa de laboratorio para cultivo trampa.

Procesamiento y tinción de las raíces de *D. antartica* y planta trampa para observación de micorrizas

Para el procesamiento de las raíces de las plantas de cebolla se realizó el aclarado y tinción mediante el método de Philips y Hayman (1970) modificado por Koske y Gemma (1989).

Por tratarse de raíces finas, los tiempos establecidos por el método, fueron ajustados al experimento para evitar posibles daños radiculares. Mientras que el método establece que las raíces

deben permanecer en KOH al 10 %, durante 24 horas para su decoloración, en este caso permanecieron solo 5 horas hasta que las raíces se tornen transparentes. Hay que procurar que queden totalmente cubiertas con esta solución para que el clareamiento sea homogéneo. Finalizada esta etapa, las raíces se vuelven a lavar con abundante agua, haciendo uso de un colador para evitar pérdidas de raíces.

Otra modificación al procedimiento fue el tiempo de coloración con azul de tripano al 0.05 %, que, en lugar de permanecer en éste por un lapso de 48 horas, lo hicieron solo 24 horas. Las raíces teñidas se vuelven a lavar con abundante agua para eliminar los excesos de colorante. Luego son conservadas en lactoglicerol hasta realizar el montaje de las mismas en portaobjetos para la observación con el microscopio óptico.

Montaje de raíces

Se procedió a cortar 10 segmentos de 1 cm de largo de cada una de éstas con 3 repeticiones por muestra. Se procede a montar en portaobjetos de manera tal que los segmentos queden paralelos unos

de otros (Sánchez et. al, 2010) y se cubre con cubreobjetos para evitar su deterioro.

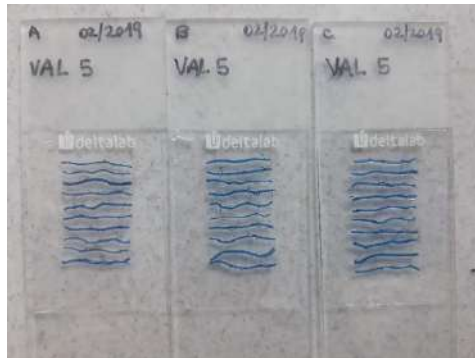


Figura 6. Disposición de segmentos de raíces en portaobjetos.

Observación de raíces en microscopio óptico

Para realizar la evaluación se acude al objetivo 10 X del microscopio. Para cada segmento de raíz se realizaron 3 campos de observación: extremo superior e inferior y parte central, para obtener 90 observaciones por unidad experimental. Para la evaluación en el microscopio se comienza por el extremo de la primera raíz (segmento 1), en este campo visual se indica si existe o no colonización y se identifica las estructuras características de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA): arbuscúlos, hifas, ovillos y vesículas, además de la presencia

de hifas de hongos septados oscuros (DSE por su sigla en inglés). Se pasa al siguiente campo y nuevamente se indica si existe o no colonización. Se continúa hasta recorrer todos los campos y segmentos del portaobjetos.

Se cuantificó el porcentaje de colonización micorrízica total, así como el porcentaje de las diferentes estructuras de los HMA a través del cociente de campos con presencia de alguna estructura fúngica y el número de campos observados. Para cada individuo se cuantificó la intensidad de colonización total, estimada como el cociente entre el número de campos con presencia de alguna estructura fúngica y el número de campos observados (n=90) (Brundrett 1996). También se calculó la intensidad de colonización para cada una de las siguientes estructuras: vesículas, arbuscúlos, ovillos y DSE. Todas las variables fueron expresadas en porcentaje.



Recuentos de Bacterias Heterótrofas Totales Aerobias (BHTA) y Bacterias solubilizadoras de P (BSP) de *D. antartica*

Con ayuda de un bisturí se procedió a separar las raíces de la parte aérea de los especímenes de *D. antartica* en una nave de pesado. Las raíces fueron transferidas a un tubo Falcon el cual contenía 10 mL de solución NaPPi y fueron homogeneizadas mediante agitación en vortex por 10 minutos, obteniéndose la dilución 0. De ésta se tomó una alícuota de 1 mL y se la depositó en un nuevo tubo de ensayo previamente esterilizado con 9 mL de la solución NaPPi, se obtuvo entonces la dilución 1/10 o 10⁻¹. Se procedió de la misma manera hasta llegar a la dilución 1/100 000 o 10⁻⁵.

De las diluciones 10⁻⁴ y 10⁻⁵ se tomaron 0,1 mL para el recuento de BHTA y 0,1 mL de las diluciones 10⁻³ y 10⁻⁴ para las BSP. Para determinar el número de ambas bacterias se utilizó la técnica de las diluciones seriadas y siembra mediante extensión con rastrillo esterilizado en placa de Petri,

utilizando para las primeras el medio Trypto-Casein Soy Agar (TSA) en una dilución 1/10 y para las segundas el medio NBRIP sólido. La composición del medio TSA fue: peptona de soja (5g/L), peptona de caseína (15 g/L), cloruro de sodio (5g/L), agar (15 g/L), pH 7,3 ±0,2 (Nieto et al., 2017); mientras que para el medio NBRIP: glucosa (10 g/L), Ca₃(PO₄)₂ (5g/L), MgCl₂ (2,34 g/L), MgSO₄·7H₂O (0,25 g/L), KCl (0,2 g/L), (NH₄)₂SO₄ (0,1 g/L), H₂O (1 litro), agar (16-18 g/L) (Nautiyal, 1999). Luego de autoclavar ambos medios, se les adicionó antibiótico cicloheximida.

Luego de la siembra en los respectivos medios, se procedió a retirar las raíces de la solución, secarlas con papel absorbente y pesarlas para determinar el peso fresco de las mismas.

Las placas de Petri se llevaron a estufa a 25°C y se incubaron durante 7 días.

Se procedió a contar el número de unidades formadores de colonias desarrolladas en aquellas placas que tenían entre 30 y 300.



Figura 7 y 8. Recuentos de BSP y BHTA

Cuantificación de glomalina fácilmente extraíble

Se realizó la cuantificación de glomalina fácilmente extraíble (GFE) mediante la técnica Método de Bradford (1976) sugerida por Wright y Vpadhyaya (1998). Para ello, se tomaron muestras de 1 g de suelo tamizado a 2 mm y se extrajeron con 8 mL de extractante. De esta manera, la glomalina fácilmente extractable se determinó mediante extracción con un tampón 20 mM de citrato, pH 7,0 a 121°C en autoclave por 30 minutos. Los extractos se centrifugaron a 8000 rpm por 15 minutos y la proteína en el sobrenadante se determinó por la coloración de Bradford con albúmina de suero bovino como patrón.

Análisis estadístico

El modelo utilizado para el análisis de los resultados fue un Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM), familia binomial, utilizando el programa estadístico InfoStat 2015. Se realizó un análisis de varianza con el sitio de muestreo como factor para las variables de respuesta: colonización total; colonización por estructuras de intercambio (arbusculos y ovidios) y colonización por vesículas. Las pruebas a posteriori de comparación de medias se realizaron mediante el test de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) y se trabajó con una significancia de 0,05.

$$Y = \mu + S_i \quad i = 1, 2$$

Y= variable de respuesta

μ =media general

S_i = efecto del sitio de muestreo

Resultados y discusión

Se observó una mayor abundancia de Bacterias Solubilizadoras de Fósforo (BSP) en aquel suelo con menor contenido de P disponible (Drake), pero también la de Bacterias Heterótrofas Totales Aerobias (BHTA), sin alterar la proporción BSP/BHTA entre sitios.

Se encontró una alta presencia de micorrizas en la especie *D. antarctica* (47 % y 54%) y de hongos septados oscuros 19% y 30 % en Drake y Punta Suffield, respectivamente, sin diferencias significativas entre sitios.

No se encontraron diferencias entre sitios en el potencial micorrícico ni en el potencial de DSE de los suelos antárticos analizados. En ambos sitios ese potencial permitió la micorrización de la especie trampa utilizada y se pudieron observar las siguientes estructuras de los hongos micorrícicos: vesículas, ovillos y arbuscúlos lo que indicaría que esta interacción está activa pudiendo ser de gran importancia para la supervivencia y desempeño de *D. antarctica*.

Los resultados obtenidos en cuanto a GFE muestran pequeñas diferencias a favor de Drake (1,4 y 1,2 mg glomalina/g suelo en Drake y P. Suffield, respectivamente).

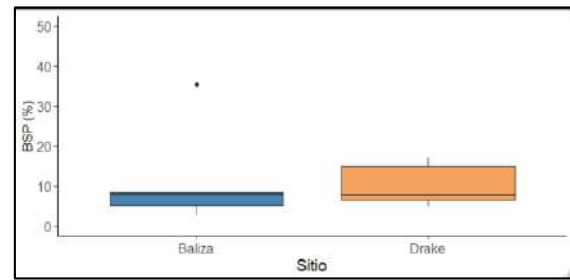


Figura 9. Porcentaje de bacterias solubilizadoras de fósforo según sitio de estudio.

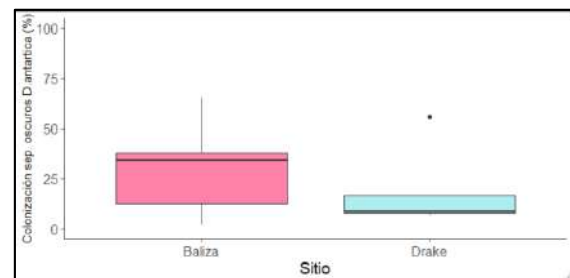


Figura 10. Colonización de hongos septados oscuros en *D. antarctica* según sitio de estudio.

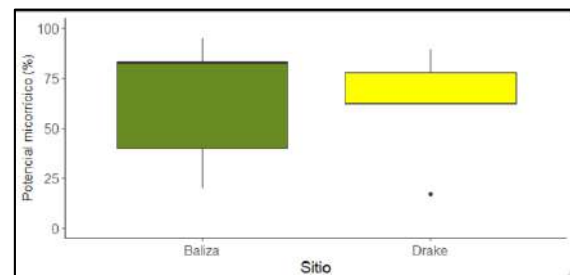


Figura 11. Potencial micorrícico por sitio de estudio.

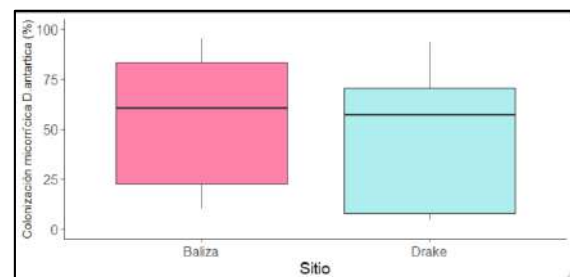


Figura 12. Colonización micorrícica en *D. antarctica* según sitio de estudio.



Conclusiones

En general, es necesario continuar generando estudios para comprender mejor el rol que cumplen estas interacciones entre las comunidades de hongos benéficos y las plantas nativas de la Antártida.

Cabe resaltar que se encontraron micorrizas, hongos septados oscuros y bacterias solubilizadoras de fósforo en la Antártida, donde existen pocos registros previos.

Existió una mayor población de Bacterias Solubilizadoras de Fósforo en aquel suelo que presentaba menor contenido de fósforo disponible, así como también de Bacterias Heterótrofas Totales Aerobias.

Se pudo observar la presencia de hongos septados oscuros y hongos micorrizógenos arbusculares en las raíces de la especie de planta trampa (*Allium cepa*) utilizada en el ensayo evidenciando el potencial de ambos grupos de hongos en suelos procedentes de la Antártida.

Se observaron estructuras características de los hongos micorrizógenos especializadas para el intercambio como vesículas, ovillos y arbusculos, lo que podría indicar que la interacción mutualista planta – hongo está activa y le permite una mejor sobrevivencia a *D. antarctica* en este ambiente tan particular.

Referencias bibliográficas

- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajczvk. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Australian Centre for International Agriculture Research. Canberra, Australia.
- Guerrero, D. (2015). Relación entre la colonización por hongos septados oscuros, hongos micorrizicos arbusculares y factores edáficos presentes en cultivos de banano (*Musa Paradisiaca* L.). (Trabajo de grado). Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá-Colombia.
- Gyaneshwar, P., G. Naresh Kumar, L.J. Parekh y P.S. Poole. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and soil*. 245: 83-93.
- Koske, R. E., & Gemma, J. N. (1989). A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological research*, 92(4), 486.
- Lugo, M. A., Menoyo, E., Allione, L. R., Negritto, M. A., Henning, J. A., & Anton, A. M. (2018). Arbuscular mycorrhizas and dark septate endophytes associated with grasses from the Argentine Puna. *Mycologia*, 110(4), 654-665.



- Marulanda A, Azcón R, Ruiz Lozano JM. 2003. Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. *Physiologia Plantarum*. 119: 526–533.
- Nautiyal, C.S. (1999) An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters* 170, 265-270.
- Scattareggia, J. P. (2016). Aislamiento y selección de Bacterias Solubilizadoras de Fósforo de un suelo cultivado con tomate para industria (*Solanum lycopersicum* L.). San Martín.
- Smith SE., Read DJ. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. New York: Academic Press. 787p.
- Smith SE, Smith FA. 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual Review of Plant Biology*. 62: 227-250.
- Teixeira, L. C., Peixoto, R. S., Cury, J. C., Sul, W. J., Pellizari, V. H., Tiedje, J., & Rosado, A. S. (2010). Bacterial diversity in rhizosphere soil from Antarctic vascular plants of Admiralty Bay, maritime Antarctica. *The ISME journal*, 4(8), 989-1001.
- Terra Trillo, M. S. (2021). Restauración de un pastizal post forestación con *Pinus taeda*: estudio del potencial de hongos micorrizógenos y septados oscuros presentes en el suelo.
- Wright, S. F., & Upadhyaya, A. (1998). A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and soil*, 198(1), 97-107.
- Wynn-Williams, D.D. 1996. Antarctic microbial diversity: the basis of polar ecosystem processes. *Biodiversity and Conservation*. 5: 1271-1293.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

Agradecimientos

Se agradece a Fabiana Pezzani y Natalia Bajsza por la ayuda y seguimiento en todo el proceso del trabajo, a la dotación Antarkos XXXVI de la Base Científica Antártica Artigas por la disposición y por permitir el acceso a los sitios de muestreo, además de la colaboración en el trabajo de campo, al Instituto Antártico Uruguayo, al Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, a Silvina García, Letiana Clavero y Lic. Jacqueline Commatteo por su ayuda en la instancia de laboratorio y apoyo en general.

MIND .Funga -DA PESQUISA COM MA-CROFUNGOS DAS
MATAS NEBULARES DE SANTA CATARINA À POPULARI -
ZAÇÃO E INOVAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES



D.32. Medio Ambiente y contaminación ambiental

MIND.Funga - DA PESQUISA COM MACROFUNGOS DAS MATAS NEBULARES DE SANTA CATARINA À POPULARIZAÇÃO E INOVAÇÃO NA IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

Autor: Leopoldo, Eloisa; eloisa.leopoldo01@gmail.com

Co-autor(es): Titton, Mahatmã; mahatitton@gmail.com; Kossmann-Cardoso, Thiago; thiagokossmann@gmail.com; Martins-Cunha, Kelmer; kelmermartinscunha@gmail.com; Leite-Souza, Edilene; edilene.sl@grad.ufsc.br; Costa-Rezende, Diogo Henrique; diogobio.dh@gmail.com; Karstedt, Fernanda; fernanda.karstedt@gmail.com; Alves-Silva, Genivaldo; genivaldobio@gmail.com.

Profesor/a guía: Drechsler-Santos, Elisandro Ricardo; drechslersantos@yahoo.com.br.

Universidade Federal de Santa Catarina

Resumen: As matas nebulares (MN) catarinenses são ambientes de altitude marcados pela constante presença de nevoeiro entre as matas. Essa condição faz com que a sua funga seja particular. Além de naturalmente fragmentadas, as MN sofrem diversas ameaças de natureza antrópica. Diante deste cenário, muitas das espécies desses locais podem estar sob risco de extinção. Com objetivo de conhecer e divulgar a diversidade da funga das MN catarinenses, foi construído um banco de dados para um aplicativo de reconhecimento de espécies e realizadas publicações em redes sociais. O trabalho foi dividido em três partes: análises macromorfológicas, montagem do banco de imagens e divulgação científica no

Instagram (IG). Dos 1200 espécimes coletados, 269 pertencem ao filo Ascomycota e 927 ao filo Basidiomycota. O treino da inteligência artificial do aplicativo incluiu 400 espécies e 19 mil fotografias, sendo 2.200 tratadas. O IG atualmente tem mais de 2 mil seguidores e 34 postagens são deste projeto. Os resultados gerados ampliaram o conhecimento sobre os fungos das MN catarinenses.

Introducción

Os fungos compreendem organismos que desempenham importantes funções ecossistêmicas sendo um dos principais decompositores de matéria orgânica. Atualmente são reconhecidas aproximadamente 145 mil espécies de fungos (Antonelli et al., 2020), o que compreende um baixo número de espécies quando comparado às estimativas mais conservadoras sobre diversidade do grupo (3.8 milhões de espécies, Hawksworth & Lucking 2017). Muitos destes fungos são ainda desconhecidos em ambientes extremos e sensíveis às mudanças climáticas, como ecossistemas de altitude (Bruijnzeel et al., 2011). As matas nebulares (MN) correspondem a ambientes restritos e naturalmente fragmentados. Sua principal



característica é a presença constante de nuvens na vegetação, abrigando grande diversidade biológica e alto nível de endemismos (IBGE, 2012; Olmo-Ruiz et al., 2017). Em Santa Catarina, as MN podem ser encontradas na Floresta Ombrófila Densa e na Floresta Ombrófila Mista (Falkenberg & Voltolini, 1995). No Brasil, além da crise climática global, as MN sofrem ameaças de natureza antrópica (Falkenberg & Voltolini, 1995; Still, Foster & Schneider, 1999), com muitas espécies da flora, fauna e funga sob risco de extinção. Diante dessa situação, é necessário conhecer a diversidade fúngica das matilhas nebulares catarinenses.

Além das pesquisas, ações de divulgação que promovem acesso ao conhecimento sobre a diversidade e conservação desses fungos a população em geral são fundamentais. As últimas décadas têm sido marcadas pela geração massiva de conteúdo científico nos diversos meios, sendo o uso de ferramentas digitais no ensino básico uma das estratégias utilizadas para modernizar o ensino e estimular o interesse por ciência nos alunos (Greenfield, 2009; Patiño et al. 2017). Esse conhecimento científico precisa também extrapolar a sala de aula. Nesse sentido as atividades de divulgação

científica são uma importante ferramenta para difusão desse saber, pois através dela é feita uma ponte entre os cientistas e a sociedade em geral (Lordêlo & Porto, 2012).

Com isto, este trabalho tem como objetivo conhecer e divulgar a diversidade da funga das MN catarinenses, construindo um banco de dados para o uso em um aplicativo de reconhecimento de espécies e promovendo ações de divulgação científica sobre os fungos através de redes sociais, com o intuito de estimular a conscientização da população sobre a existência e conservação da Funga.

Materiales y métodos

O trabalho está dividido em três frentes: i) análise das coletas de campo; ii) desenvolvimento do banco de imagens para o aplicativo e iii) divulgação científica dos trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa.

Nas expedições de campo, realizadas entre os anos de 2020 e 2021, os macrofungos foram fotografados em seu substrato, coletados, etiquetados e acondicionados em caixas plásticas. Como metadados associados, foram anotados o número de coleta, a data, o tipo de substrato e as coordenadas geográficas do local aferidas por meio de



GPS. As análises filogenéticas moleculares, e as fotografias foram passadas para o banco de dados no computador com registro em planilha eletrônica, onde foi anotada uma identificação prévia dos espécimes coletados. Posteriormente, os fungos foram desidratados à 40 °C durante 1-2 dias. Após completa secagem, os espécimes foram acondicionados em sacos plásticos *ziplock* juntamente com a sua etiqueta de identificação.

A pandemia de COVID-19 tornou inviável algumas das atividades planejadas, o que impediu o uso do laboratório para análises morfológicas e moleculares, sendo preciso adaptação ao trabalho remoto. As análises foram realizadas através das fotografias detalhadas dos espécimes, as quais foram incorporadas na nuvem (Google Drive). Os espécimes foram determinados e planilhados de acordo com o seu grupo morfológico (morfogrupos) e filo (Ascomycota ou Basidiomycota). Os morfogrupos são determinações prévias.

Para o aplicativo de reconhecimento de espécies foi construído um banco de dados com imagens de macrofungos. Esse banco contém fotografias divididas em pastas para cada espécie, o qual foi utilizado para

treinar uma rede neural convolucional, que compõe o conjunto de inteligência artificial

(IA) capaz de reconhecer táxons a partir do padrão de imagens dos esporomas. A base foi curada para o treino da IA, as fotografias

escolhidas foram identificadas por especialistas, editadas para um fundo especial de treinamento da rede, enquadradas e analisadas perante a qualidade. Também foi montado uma planilha com informações levantadas sobre cada espécie que serão apresentadas ao usuário juntamente com o resultado e a sugestão de nome dada pelo aplicativo.

A divulgação científica consistiu em apresentar ao público os trabalhos realizados pelo GP MIND.Funga/MICOLAB, além de levar informação e conhecimento sobre a diversidade da funga em geral. A divulgação desses trabalhos se deu através do Instagram do MIND.Funga. As postagens foram desenvolvidas na plataforma online de design gráfico Canva© (<https://www.canva.com/>), em formato de carrossel, fotos, vídeos curtos ou vídeos longos para IGTV e stories.

Resultados y discusión

As expedições de campo no âmbito do projeto foram realizadas nas seguintes áreas de MN: RPPN Campo do Zinco



(Benedito Novo/SC), Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (São Bonifácio/SC), RPPN Portal das Nascentes (Urubici/SC), Parque Nacional de Aparados da Serra Geral (Cambará do Sul/RS-SC), Parque Nacional de São Joaquim (SC), RPPN Prima Luna (Nova Trento/SC) e Reserva São Francisco (Nova Veneza/SC). Foram coletadas 1200 amostras, sendo 269 Ascomycota e 927 Basidiomycota. Quatro espécimes, diante da dificuldade de determinação, foram marcadas como "Não Identificadas". Dos 14 morfogrupos de Basidiomycota, os mais representativos foram "Ressupinados/Efuso-reflexo" com 277 espécimes, seguido de "Estipitado Lamelar" com 238 espécimes e "Séssil poroide" com 235 espécimes. Já em Ascomycota, dos cinco morfogrupos os mais representativos foram "Xylarioides" com 103 espécimes, seguido de "Discoides" com 82 espécimes e "Hypocreioide" com 72 espécimes.

As análises morfológicas por imagens foram bastante desafiadoras, os fungos são organismos onde a delimitação de grupos perpassa por análises multifatoriais (macro e micromorfologia, biologia molecular, ecologia da espécie etc.). Mesmo com as limitações, os resultados são bastante promissores. O montante de espécimes coletados nas matas nebulares catarinenses é superior ao já informado,

de 740 espécies para as matas nebulares brasileiras, por Olmo-Ruiz et al. (2017). Neste mesmo artigo, o número de registros de fungos de Ascomycota e Basidiomycota em MN brasileiras é de 286 espécimes e 452 espécimes, respectivamente, o que evidencia a enorme lacuna existente. Além disso, o único trabalho a descrever fungos em uma MN de Santa Catarina é de Silveira & Guerrero em 1991 (Falkenberg & Voltolini 1995) há 27 anos atrás. Desde então o projeto ao qual este trabalho está inserido é o único com significativa amostragem de macrofungos em diversas áreas de MN na Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa de Santa Catarina.

A primeira versão do banco de dados com as imagens para o treinamento da rede neural convolucional contou com 19 mil fotografias de 400 espécies de macrofungos, sendo 2.200 dessas imagens enquadradas e tratadas seguindo as regras de curadoria para um melhor aproveitamento da rede neural. Após esta primeira versão, o banco de imagens continua sendo alimentado para que cada vez mais se tenha uma maior variabilidade morfológica de cada espécie, melhorando assim o reconhecimento a partir da IA. Um dos grandes diferenciais do aplicativo MIND.Funga, que está em desenvolvimento, é a curadoria das



imagens, onde especialistas em taxonomia de fungos analisam imagens e contribuem para a ampliação e precisão da base de dados (Dhillon et al., 2020). Ajustes, adequações e incorporação de imagens estão sendo realizadas para que o desempenho seja ainda mais vantajoso. Ainda, está em andamento a implementação do layout oficial do aplicativo. A utilização de métodos de inteligência artificial para reconhecimento de espécies em diferentes grupos de organismos é bastante promissora e vêm obtendo resultados positivos (Rosa, 2018; Barros et al., 2021; Noceli, Coelho & Baffa, 2021).

Os primeiros dados gerados sobre a divulgação científica do grupo de pesquisa são de março de 2021, onde o perfil apresentava 104 publicações, 1200 seguidores e uma média de 3000 contas alcançadas. Em agosto de 2022, o número total de seguidores é de 2250, com 164 publicações feitas e um alcance que já passou de 10 mil contas. Ao total foram publicadas 126 postagens ao longo dos últimos 2 anos (setembro 2020/ agosto 2022), das quais 34 são deste projeto, do total 74 foram do tipo carrossel, 25 fotos, 9 vídeos curtos e 5 vídeos longos para Instagram. As publicações com maior alcance orgânico (ou seja, sem promoção paga) foram os vídeos curtos com a média

de 840 contas alcançadas, seguido dos vídeos longos com média de 668 contas. A chegada da pandemia de COVID-19 reafirmou a importância da divulgação científica, com o deslocamento para o trabalho remoto e as crescentes desinformações sobre conteúdos científicos nas redes sociais, ficou clara a necessidade dos grupos de pesquisa utilizarem novas ferramentas para dialogar e informar a população em geral. Além de estabelecer esse diálogo com o público, o uso da divulgação científica em redes sociais se mostrou uma nova ferramenta para o ensino em sala de aula, onde os professores utilizam esses materiais para inovar e atualizar suas aulas, permitindo uma significação dos conceitos científicos pelos alunos (Colpo, Wenzel & Scherer, 2021; Miceli & Rocha, 2022).

Conclusiones

Os dados dos 1.200 espécimes de macrofungos das matas nebulares catarinenses representam uma grande diversidade ainda por ser descrita e útil para mapear as espécies e avaliá-las segundo os critérios de ameaça da IUCN, sendo este um passo importante para a conservação da funga das MN catarinenses. A primeira versão do banco de dados permitiu o primeiro treino da



rede neural convolucional. Assim que as novas versões forem testadas e aprovadas, o aplicativo estará disponível para utilização em programas de educação científica e de ciência cidadã (PCC), sendo este PCC, o primeiro com fungos no Brasil. Com as publicações, a divulgação científica se mostrou estratégica para a difusão do conhecimento também gerado pelo GP MIND.Funga, pois vem alcançando diferentes setores da sociedade.

Bibliografía

Antonelli, A., Fry, C., Smith, R. J., Simmonds, M. S. J., Kersey, P. J., Pritchard, H. W., Abbo, M. S., Acedo, C., Adams, J., & Ainsworth, A. M. (2020). State Of The World's Plants And Fungi 2020. Royal Botanic Gardens, Kew, 100.

Barros, C. M., Freitas, E. D. G. de, Braga, A. R., Bomfim, I. G. A., & Gomes, D. G. (2021). Aplicando Redes Neurais Convolucionais em Imagens para Reconhecimento Automatizado de Abelhas Melíferas (*Apis mellifera* L.). Anais do XII Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais (WCAMA 2021).

Bruijnzeel, L., Kappelle, M., Mulligan, M., & Scatena, F. (2011). Tropical Montane Cloud Forests: State Of Knowledge And Sustainability Perspectives In A Changing World. Em L. Bruijnzeel, F. Scatena, & L. Hamilton (Org.), Tropical Montane Cloud Forests: Science For Conservation And Management (p. 691–740). Cambridge University Press.

Colpo, C. C., & Wenzel, J. S. (2021). Uma revisão acerca do uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências: inferências e possibilidades. Alexandria, 14(1), 3–23. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2021.e67344>

Dahlberg, A., & Mueller, G. M. (2011). Applying IUCN red-listing criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. Fungal Ecology, 4(2), 147–162. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2010.11.001>

Dhillon, A., & Verma, G. K. (2020). Convolutional neural network: a review of models, methodologies and applications to object detection. Progress in Artificial Intelligence, 9(2), 85–112. <https://doi.org/10.1007/s13748-019-00203-0>



Falkenberg, D. D. B., & Voltolini, J. C. (1995). The Montane Cloud Forest In Southern Brazil. Em L. S. Hamilton (Org.), Tropical Montane Cloud Forests (p. 425). Springer-Verlag.

Greenfield, P. M. (2009). Technology and informal education: what is taught, what is learned. *Science* (New York, N.Y.), 323(5910), 69–71.
<https://doi.org/10.1126/science.1167190>

Hawksworth, D. L., & Lücking, R. (2017). Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology Spectrum*, 5(4).
<https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUN K-0052-2016>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, I. (2012). Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico: inventário das formações florestais e campestres: técnicas e manejo de coleções botânicas: procedimentos para mapeamentos. IBGE.

Lordêlo, F. S., & Porto, C. M. (2012). DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURA CIENTÍFICA: CONCEITO E APLICABILIDADE. *Revista Ciência em Extensão*, 8(1), 1–18.

Miceli, B. S., & Rocha, M. B. (2022). Percepções de professores de ciências naturais sobre divulgação científica: análise de um curso de extensão. *Revista Cocar*, 16(34), 1–17.

Noceli, D. N., Coelho, A. M., & Baffa, M. de F. O. (2021). Uma Abordagem Multiclasse para a Caracterização de Flores Utilizando Redes Neurais Convolucionais. *Anais do VIII Encontro Nacional de Computação dos Institutos Federais (EnCompIF 2021)*.

Olmo-Ruiz, M. D., García-Sandoval, R., Alcántara-Ayala, O., Véliz, M., & Luna-Vega, I. (2017). Current knowledge of fungi from Neotropical montane cloud forests: distributional patterns and composition. *Biodiversity and Conservation*, 26(8), 1919–1942.
<https://doi.org/10.1007/s10531-017-1337-5>

Patiño, M. de L. B. J. P. G. L. M. (2017). Diagnóstico de la divulgación de la ciencia en América Latina: Una mirada a la práctica en el campo. *Fibonacci*.

Rosa, R. D. P. (2018). Método De Classificação De Pragas Por Meio De Rede Neural Convolucional Profunda. *Universidade Estadual De Ponta Grossa*.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



30
AÑOS

Silveira, R.M.B., And R.T. Guerrero. (1991). Aphylophorales Poliporoides (Basidiomycetes) Do Parque Nacional De Aparados Da Serra, Rio Grande Do Sul. Boletim Do Instituto De Biociências, 48, 121.

Still, C. J., Foster, P. N., & Schneider, S. H. (1999). Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. *Nature*, 398(6728), 608–610. <https://doi.org/10.1038/19293>

Financiamiento

Este trabalho obteve financiamento do projeto “MIND.Funga - da Pesquisa com Macrofungos Ameaçados de Extinção das Matas Nebulares de Santa Catarina à Inovação na Identificação das Espécies”, PRONEM N°4/2019 - FAPESC/CNPq 2020TR733.

Agradecimiento

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e a FAPESC pelo apoio financeiro. A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Laboratório de Micologia (MICOLab – UFSC) e ao laboratório LAPIX-UFSC, pelo apoio à pesquisa.

Subsídios aos estudos de clima urbano para o
planejamento ambiental em cidades latino-americanas



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D.32. Meio Ambiente e Poluição Ambiental

Subsídios aos estudos de clima urbano para o planejamento ambiental em cidades latino-americanas

Autor: Mello, Tiago Augusto Gonçalves; tiagoaugustogm@gmail.com

Orientadora: Moura, Ana Clara Mourão; anaclara@ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo

Estima-se que cerca de 60% da população mundial atual viverá em cidades até o final deste século. Quando considerados os desafios globais de ordem ambiental, como o caso das mudanças do clima, entende-se a referida tendência como um grande desafio. A situação mostra-se ainda mais inoportuna no caso de países latino-americanos, em detrimento de seu contexto urbano e da escassez de recursos. Nesse sentido, estratégias de planejamento que privilegiem práticas responsivas a tais condicionantes podem favorecer a assertividade na tomada de decisões. O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia replicável fundamentada em dados de acesso livre para a caracterização (i) de padrões de comportamento climático de diferentes arranjos morfológicos, (ii) da variação do campo térmico urbano, e (iii) da intensidade e localização de Ilhas de Calor. Para tanto, foram utilizadas como estudo de caso as cidades de Belo Horizonte (Brasil), e Santa Cruz de la Sierra (Bolívia), com o intuito de reforçar o caráter adaptativo e escalável da proposta. Para a elaboração dos dados climáticos foram recuperadas capturas dos sensores termais MODIS e Landsat-8 em períodos de atmosfera estável para ambas as localidades. As paisagens foram caracterizadas a partir de um mapeamento global de Zonas Climáticas Locais – que elucida critérios funcionais e de repercussão termodinâmica. Os modelos elaborados possibilitaram a compreensão de fenômenos climáticos na escala urbana para ambas as localidades, bem como sua relação com atributos físicos relacionados a tais padrões de comportamento. Trata-se de um fluxo metodológico reproduzível e com potencial de fundamentação ao planejamento urbano orientado ao clima baseado em evidências.

Palavras-Chave: Ilhas de Calor, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto.



1. INTRODUÇÃO

O comportamento do sistema climático sofreu alterações em diversos momentos ao longo da história em consequência de causas naturais. Entretanto, em anos recentes, pesquisadores têm observado perturbações extremas em todo o mundo, e evidências apontam ao fato de muitos desses eventos e dinâmicas não terem precedentes. Dessa forma, a aceitação da atividade antropogênica como crucial forçante em relação às mudanças do clima é hoje quase unânime entre pares (BASTOS e RIBEIRO, 2020; IPCC, 2021).

Ainda que eventos extremos¹ sejam também consequências das alterações globais, sua ocorrência pode ser motivada por modificações em outras escalas. No ambiente urbano, por exemplo, mudanças do uso do solo alteram significativamente o comportamento das variáveis climáticas, produzindo condições atmosféricas que redefinem o comportamento local (BARRY e CHORLEY, 2013).

A dimensão urbana é a escala da ação e da percepção humanas. As atividades agressivas ao meio ambiente, como queima de combustíveis fósseis, emissões de gases de efeito estufa e o desmatamento de florestas, tendem a acontecer ou a serem demandadas por

assentamentos urbanos, onde, hoje vive a maior parte da sociedade. Ao se considerar a estimativa de que nas próximas décadas mais de 60% da população atual viverá em cidades, tem-se posto que uma parcela muito considerável da humanidade irá viver e trabalhar sob a influência de condições de habitabilidade não desejáveis sob o ponto de vista ambiental (MARANDOLA JR., 2013; LI *et al.*, 2019).

Com vistas à melhor compreensão das dinâmicas existentes entre os seres humanos e o clima, surgiu na Europa, em meados do Séc. XX, a chamada Climatologia Urbana, sendo a Alemanha o país precursor. Todavia, ainda hoje, há uma lacuna no que diz respeito à incorporação desses estudos ao planejamento nas zonas tropicais e subtropicais em geral, e na América Latina em particular (FERREIRA *et al.*, 2017).

Em contraste com as estatísticas mundiais, cerca de 80% da população do continente vive em áreas urbanas; e o quadro pode chegar a quase de 90% até 2050 (ONU-Habitat, 2012). Na região - em detrimento de migrações rurais massivas motivadas por transformações de mercado, industrialização de grandes cidades ou por reformas agrárias - foram observados processos de expansão urbana muito

¹ Episódios de ondas de calor, chuvas torrenciais concentradas etc.

intensos nas últimas décadas. Tal fenômeno foi marcado por desigualdade, exclusão espacial e concentração de renda (CARRIÓN e DAMMERT, 2016). Assim, tem-se aqui um quadro peculiar em termos de crescimento urbano e escassez de recursos associado a um ainda incipiente conhecimento acerca do clima local.

2. OBJETIVOS

Consideradas as questões supracitadas, sobretudo no que concerne à carência de dados e conhecimento a respeito do clima urbano no contexto latino-americano, o objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia replicável fundamentada em dados de acesso livre. O fluxo metodológico passa por processos de caracterização (i) de padrões de comportamento climático de diferentes arranjos morfológicos, (jj) da variação do campo térmico urbano, e (iii) da intensidade e localização de Ilhas de Calor. Com o intuito de reforçar o caráter adaptativo e escalável da proposta, parte-se do uso de duas cidades enquanto recortes espaciais: Belo Horizonte, no Brasil, e Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

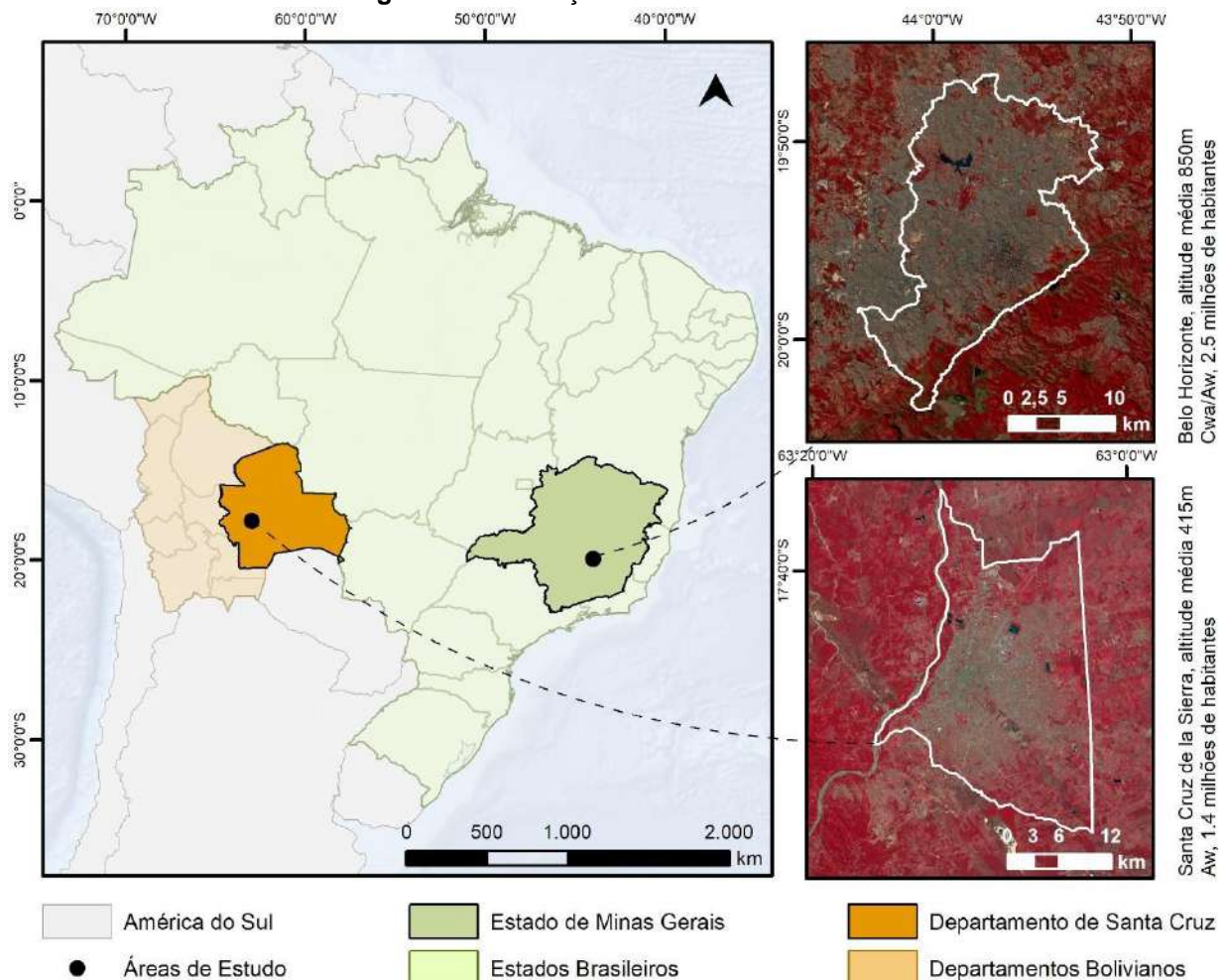
Belo Horizonte (19° 54'46.79"S, 43° 56'27.35"O) é a capital do estado de Minas

Gerais, e está localizada na região Sudeste brasileira. É uma relevante metrópole em termos de economia e cultura, com uma população de 2,5 milhões de habitantes. Com base em Köppen-Geiger, seu clima é classificado como Cwa - caracterizado por invernos secos e frios, e verões temperados e úmidos ao sul; e Aw ao norte. Santa Cruz de la Sierra (17° 47'10"S, 63° 10'52"O) é o centro comercial da Bolívia, e é a capital do departamento de Santa Cruz. A cidade detém uma população de 1,4 milhões de habitantes, e tem como destaque sua importância econômica. Seu clima é classificado como Aw - definido por invernos secos, com verões quentes e úmidos (BECK et al., 2018; MARIANO, 2014).

Projeções associadas ao RCP8.5² indicam que ambas as localidades poderão sofrer alterações representativas em suas condições climáticas, passando a apresentar temperaturas mais intensas no verão (BECK et al., 2018). A Figura 1 identifica os objetos de estudo no contexto da América do Sul. Ressalta-se aqui o fato de Belo Horizonte ser quase inteiramente urbana, e Santa Cruz de la Sierra apresentar considerável porção rural.

² Os Representative Concentration Pathways (RCPs) são cenários estimados para o clima global com base em modelos de emissão e concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. O RCP8.5 é o cenário mais pessimista, no qual é considerado um aumento contínuo de emissões e altos níveis de concentração de GEE. Para este modelo são considerados aumentos de temperatura superiores a 4°C até o 2100 (IPCC, 2014).

Figura 1: Localização das áreas de estudo.



Fonte: Autor, a partir de Esri, IBGE e GeoBolívia, 2022. R(5)G(4)B(3), Landsat-8, 2020.

O fluxo metodológico proposto parte do uso de dados de acesso livre de diferentes origens e estruturas, conforme indicado na Tabela 1. Inicialmente, faz-se necessária a recuperação de uma base cartográfica vetorial, como limites político-administrativos (bairros, cidades, setores censitários etc.) ou quaisquer outras delimitações a depender do estudo. O dado

servirá como referência espacial para as demais etapas. Neste artigo, foram utilizados os limites municipais dos municípios supracitados, obtidos em Infraestruturas de Dados Espaciais (IDEs) nacionais. Posteriormente, demanda-se o *download* do mapeamento global de Zonas Climáticas Locais (LCZ)³, elaborado por Demuzere *et al.* (2022). O dado então

³ As variáveis urbanas tendem a interagir e se comportar de maneira semelhante no contexto das cidades. A correspondência espacial entre essas variáveis urbanas configura modificações climáticas distintas que podem ser relacionadas a tipos de paisagem. As Zonas Climáticas Locais são um esquema universal de classificação de áreas urbanas e rurais na escala da vizinhança, com base em controles típicos (materiais de construção, estruturas urbanas, atividades humanas, cobertura da terra etc.) que, por consequência, criam situações térmicas espacialmente uniformes (Oke *et al.*, 2017).

precisa ser recortado a partir da base de referência anteriormente citada. O processo deverá ser repetido também no caso das imagens de satélite, sendo essas relativas às informações climáticas. São usadas capturas da Landsat-8 (*Collection 2 Level-1*: bandas 4 – verde, 5 –

infravermelho próximo, e 10 – termal) e dos sensores *MODIS* dos satélites *Aqua* e *Terra* (*MOD11A2* versão 6, *8-day L3 average LST*). As imagens de satélite demandam processamentos (Tabela 1) realizados a partir de equações em ambiente SIG.

Tabela 1: *Inputs* necessários para a realização dos estudos e informações complementares.

Dado	Estrutura e Resolução	Recuperação	Processamento	Dado Derivado
Limites de referência	Vetorial, N/A	INDE (IDE Brasileira) GeoBolívia (IDE Boliviana)	N/A	N/A
LCZ	Matricial, 100m	Demuzere <i>et al.</i> , 2022	N/A	N/A
LANDSAT-8 B4, B5 e B10	Matricial, 30m	Earth Explorer, USGS	Correções atmosféricas e radiométricas ⁴	LST
MOD11A2	Matricial, 1km	Earthdata Search, NASA	Correção de escala; Conversão para Celsius	LST

Fonte: Autor, 2022.

O produto de *LST* da *Landsat-8* é dotado de melhor resolução espacial em comparação ao dado derivado dos sensores *MODIS*, mas carece de informações noturnas. Dessa forma, parte-se aqui do uso de ambos os dados para diferentes finalidades, conforme indica o fluxograma da Figura 2. Por apresentar células mais compatíveis com o

mapeamento global de *LCZ*, o cálculo de Ilhas de Calor derivado do dado de *LST* da *Landsat-8* será associado às tipologias de paisagem para a análise das respostas climáticas por configuração morfológica. No caso dos produtos *MODIS*, será calculada a variação da intensidade das Ilhas de Calor e analisada a inversão térmica entre o dia e a noite.

Figura 2: Fluxo metodológico.



Fonte: Autor, 2022.

⁴ Para o cálculo de *LST*, são gerados subprodutos ($L\lambda$, T_B , $NDVI$, P_V e E) partir das bandas supracitadas.

Para que as análises sejam representativas, é necessário que as captura selecionadas correspondam a períodos de estabilidade atmosférica. Apesar de apresentarem condições físicas distintas, as áreas de estudo têm similaridade em termos de latitude. Em ambos os casos, agosto apresenta baixos índices pluviométricos em comparação ao restante do ano, sendo assim o mês de referência adotado (INMET, 2022; SENAMHI, 2022). Os dados Landsat-8 são de 29/08/2020 e 23/08/2020, e os dados MODIS correspondem aos intervalos de 24-31/08/2021 e de 21-28/08/2021 para Belo Horizonte e Santa Cruz de la Sierra, respectivamente.

Para as correções e cálculo de *LST* de ambos os dados de satélite são utilizadas rotinas padronizadas muito difundidas na literatura (MAGAR *et al.*, 2021; MARTINS *et al.*, 2014; SOUZA e SILVA, 2005; USGS, 2017; AIRES e BEZERRA, 2021). Dessa forma, aqui somente serão apresentadas as equações para estimativa de Ilhas de Calor (a partir do índice *SUHI*) e da Variação do Campo Térmico Urbano (índice *UTFVI*), que partem do uso dos valores numéricos de *LST*, em função de seu uso pouco expressivo localmente.

O índice *SUHI* (*Surface Urban Heat Islands*) parte do uso de valores numéricos

de *LST* de forma a estabelecer uma relação entre áreas mais quentes e mais frias num dado local a partir da Equação I (NAIM e AL KAFY, 2021; AL KAFY *et al.*, 2021; SOBRINO e IRAKULIS, 2020).

$$I: SUHI = (LST - LST_{\bar{x}}) / LST\sigma$$

Onde:

SUHI = Ilhas de Calor

LST = Temperatura de Superfícies

\bar{x} = Média Aritmética

σ = Desvio Padrão

O Índice *UTFVI* (*Urban Thermal Field Variance Index*) favorece a visualização da intensidade e concentração de Ilhas de Calor; e é definido a partir da reclassificação dos valores numéricos de *LST* com o uso da Equação II (NAIM; AL KAFY, 2021; AL KAFY *et al.*, 2021; SOBRINO; IRAKULIS, 2020; RENARD *et al.*, 2020). A Tabela 2 indica a normalização adotada na literatura para a compreensão do efeito e suas respectivas respostas ecológicas.

A associação das *LCZ* com as Ilhas de Calor deve ser feita a partir da combinação de ambos os dados. O estudo da inversão térmica parte da análise da variabilidade da distribuição espacial de *hotspots* de calor do período diurno para o período noturno.

$$II: UTFVI = (LST - LST_{\bar{x}}) / LST_{\bar{x}}$$

Onde:

UTFVI = Índice de Variação do Campo Térmico Urbano

LST = Temperatura de Superfícies

\bar{x} = Média Aritmética

Tabela 2: UTFVI e respectivas respostas ecológicas.

Valores Numéricos	Intensidade das Ilhas de Calor	Resposta Ecológica
< 0	Fenômeno Não Identificado	Mais Positiva
0 - 0.005	Fraca	Positiva
0.005 - 0.010	Mediana	Neutra
0.010 - 0.015	Forte	Negativa
0.015 - 0.020	Muito Forte	Muito Negativa
> 0.020	Mais Intensa	Mais Negativa

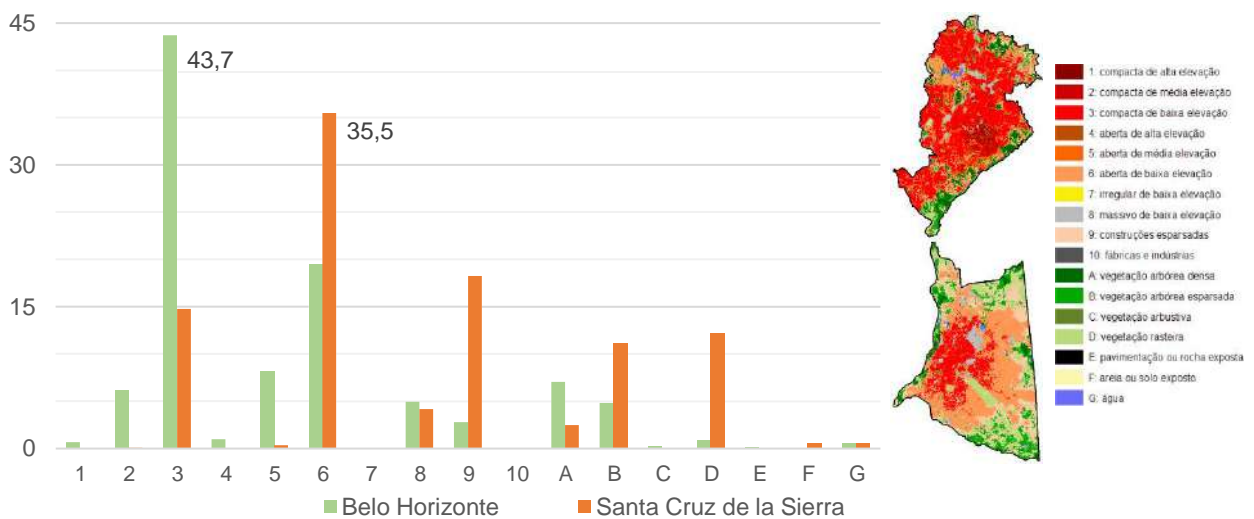
Fonte: Tradução do autor, 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da caracterização do tecido urbano das cidades estudadas, é possível identificar a composição morfológica no que tange às tipologias predominantes de paisagem; e inferir seus atributos físicos principais (Fig. 3). No caso de Belo Horizonte, desconsideradas as superfícies naturais (LCZ de A a G), mais da metade do território é classificado como LCZ3 - arranjos densos de edificações de baixa

elevação (1 a 3 pavimentos). A tipologia é associada à escassez de vegetação, a altos índices de impermeabilização e à presença de materiais como concreto, tijolo etc. Santa Cruz de la Sierra, por outro lado, tem como paisagem predominante a LCZ6. A tipologia também apresenta edificações de baixa altimetria, mas é associado à melhor qualidade ambiental (maior permeabilidade do solo, presença de arborização).

Figura 3: Composição urbana por tipo de paisagem a partir da caracterização LCZ.



Fonte: Autor, 2022.

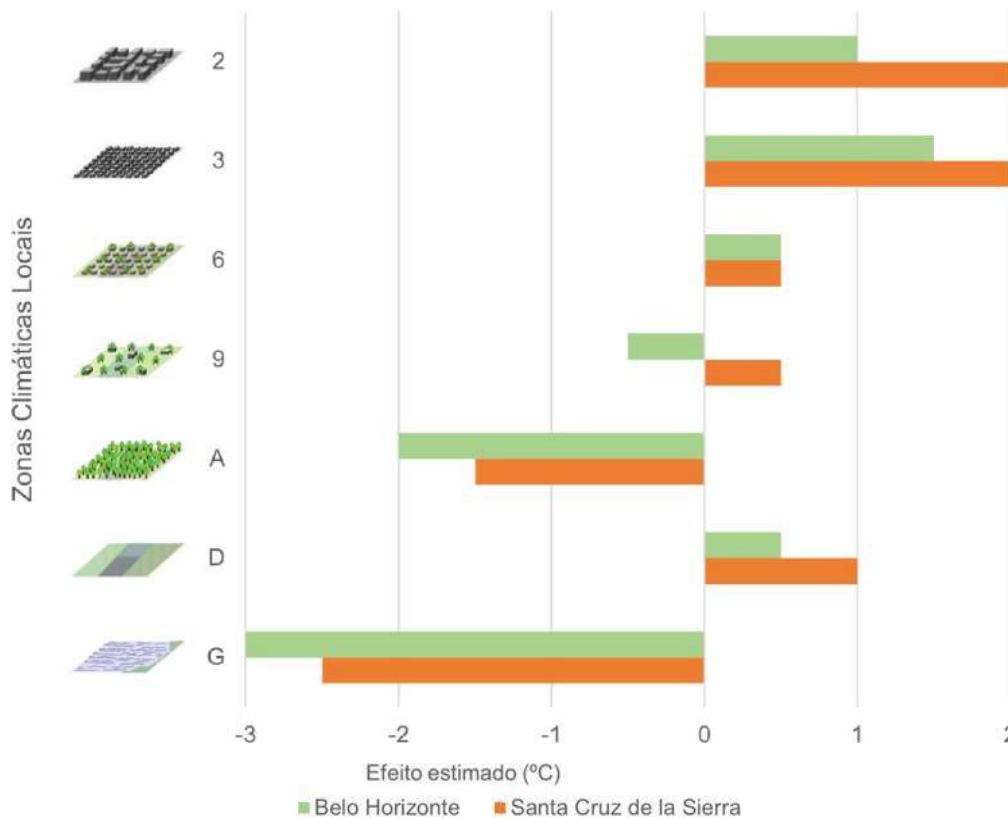
Posteriormente, a partir do cálculo para identificação de Ilhas de Calor (SUHI) e da associação com as tipologias

predominantes, torna-se possível estimar – no contexto do período de análise, o efeito de cada arranjo tipológico sob o clima local

(Fig. 4). De forma geral, as paisagens mais antropizadas provocam aumento da ordem de 1º a 2ºC em relação às temperaturas médias observadas, com pequenas variações de uma cidade para a outra. Ressalta-se aqui que a resposta climática da paisagem urbana que majoritariamente compõe Belo Horizonte (LCZ3) é mais

impactante do que que a tipologia predominante em Santa Cruz de la Sierra (LCZ6). Além disso, as superfícies naturais, sobretudo a vegetação mais densa (LCZA) e a água (LCZG) foram associadas a atenuação de temperaturas da ordem dos -3º C.

Figura 4: Resposta climática (SUHI) por tipologia de paisagem (LCZ).



Com base nas análises dos dados originados dos sensores MODIS, pode-se observar a variação do campo térmico nas áreas de estudo ao longo do dia (Fig. 5 e Fig. 6). Em Belo Horizonte, ocorre uma inversão térmica: o *hotspot* de Ilhas de Calor no período da noite é uma região

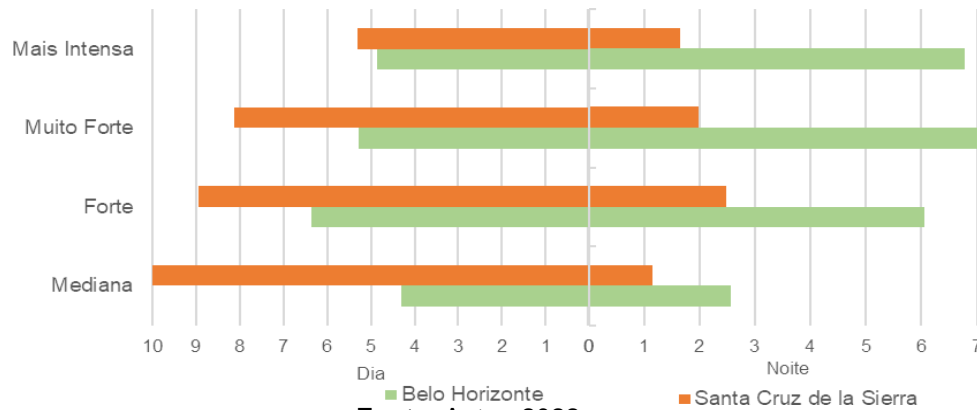
ambientalmente estável durante o dia. O fenômeno é mais intenso durante o período noturno. Em Santa Cruz de la Sierra, de forma geral, o padrão observado é de intensificação do efeito ao longo do dia, sendo as anomalias mais intensas durante o período da manhã.

Figura 5: Variabilidade dia (esq.) – noite (dir.) de *hotspots* de Ilhas de Calor.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 6: Percentual da presença e intensidade de Ilhas de Calor (dia e noite).



Fonte: Autor, 2022.

5. CONCLUSÕES

A partir da aplicação da proposta torna-se possível refletir a respeito das condições locais como resultado de escolhas conscientes (ou de sua falta) no planejamento urbano. Além disso, com a perspectiva de mudanças no sistema climático global, os dados obtidos servem como indicadores de áreas prioritárias para intervenção. A comparabilidade do processo pode ainda facilitar o intercâmbio de informações e estratégias entre cidades latino-americanas.

As resoluções têmporo-espaciais dos satélites utilizados são pontos de fragilidade, uma vez que cada produto, a sua maneira, apresenta desvantagens inerentes. O esforço para a combinação de duas fontes teve como intuito explorar as

potencialidades de cada tipo de dado. Cabe ressaltar, porém, que as geotecnologias têm evoluído com considerável rapidez e que a qualidade das informações tende a ser aprimorada. Ademais, a técnica ainda é mais vantajosa em termos orçamentários quando comparada às demais possibilidades para estudos desta natureza (uso de dados de estações meteorológicas, transecto com equipamentos portáteis etc.).

O fluxo proposto serve como subsídio para estudos em climatologia urbana; e têm o potencial de favorecer a tomada de decisões com base em evidências. A metodologia apresentada tem como principal vantagem seu caráter escalável, reproduzível e gratuito.



Bibliografía

Aires, Adriano Araújo. Bezerra, Joel Medeiros. Mapeamento do índice de vegetação e temperatura de superfície da cidade de Pau dos Ferros - RN. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 17, n. 48, p. 113-131, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3895/rts.v17n48.12459>

Al Kafy, Abdulla. Al-Faisal, Abdullah. Rahman, Md. Shahinoor. Islam, Muhaiminul. Al Rakib, Abdullah. Islam, Md. Arshadul. Khan, Md. Hasib Hasan. Sikdar, Md. Soumik. Sarker, Md. Hasnan Sakin. Mawa, Jannatul. Sattar, Golam Shabbir. Prediction of seasonal urban thermal field variance index using machine learning algorithms in Cumilla, Bangladesh. **Sustainable Cities and Society**, n. 64, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102542>

Barry, Roger Graham. Chorley, Richard J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. Ed. Bookman, Porto Alegre, 9a ed., 2013. ISBN: 9780415465700

Bastos, Maria Rosário; Ribeiro, João Pedro Cunha. Climate Change in Human History. (in) **Climate Action: Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals**. 190-200. Springer Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9>

Beck, H. Zimmermann, N. McVicar, T. Vergopolan, N. Berg, A. Wood, E. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, 2018. **Sci. Data**. 5:180214. DOI: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

Carrión, F Dammert, M. Los estudios urbanos en América Latina: Un espejo donde mirarse. In P. Metzger, J. Rebotier, J. Robert, P. Urquieta, P. Vega (Eds.), **La cuestión urbana en la región andina: miradas sobre la investigación y la formación**, 2016. (pp. 241-280). Quito: Babel. Disponível em: <https://www.cidur.org/2016-los-estudios-urbanos-en-america-latina-un-espejo-donde-mirarse/>

Demuzere, M. Kittner, K. Martilli, A. Mills, G. Moede, C. Stewart, I. van Vliet, J. Bechtel, B. (2022). **Global map of Local Climate Zones** (1.0.0) [Data set]. Zenodo. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6364594>

Ferreira, Daniele Gomes. Lobo, Carlos Fernando Ferreira. Assis, Wellington Lopes. Temperatura do Ar, Densidade de Volume Construído e Topografia em Belo Horizonte/MG. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, v. 37, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/rdg.v37i0.144667>

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers**. Cambridge University Press, Cambridge, UK/New York. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf

_____. IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Summary for Policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, UK. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

Li, X., Zhou, Y., Eom, J., Yu, S., & Asrar, G. R. (2019). Projecting global urban area growth through 2100 based on historical time series data and future Shared Socioeconomic Pathways. **Earth's Future**, 7. DOI: <https://doi.org/10.1029/2019EF001152>

Mandarola Jr., Eduardo. **As escalas da vulnerabilidade e as cidades: interações trans e multiescalares entre viabilidade e mudança climática**. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós- Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:marandola_2011.pdf



Mariano, Glauber Lopes. Curso de Climatología – Unidade V: **Classificações Climáticas**. Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/glaubermariano/files/2014/01/Unidade-V-Classifica%C3%A7%C3%B5es-Clim%C3%A1ticas.pdf>

Martins, Paulo André da Silva. Querino, Carlos Alexandre Santos. Pavão, Vagner Marques. Querino, Juliane Kayse Albuquerque da Silva. Machado, Nadja Gomes. Biudes, Marcelo Sacardi. Verificação da turbidez atmosférica em Humaitá - AM. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, Humaitá, LAPESAM/GISREA/UFAM/CNPq/EDUA. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4731010.pdf>

Mello, Tiago Augusto Gonçalves. **Planejamento Orientado ao Clima: uma abordagem multiescalar**. 160 f. Monografia (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

Moura, Ana Clara M. Escolhas Conscientes em Tecnologias de Geoinformação para Representação, Análise, Simulação e Proposição para um Território: Suporte ao Geodesign. In.: SUTIL, Thaíse, PEREIRA, Jori R.; LADWIG, Nilzo I.; ZOCCH, Jairo J.; PEREIRA, Jader L. **Geoprocessamento na análise ambiental**. Criciúma (SC): Unesc, 2020. Cap. 1, p. 11-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/geop01>

Naim, Md. Nazmul Huda. Al Kafy, Abdulla. Assessment of urban thermal field variance index and defining the relationship between land cover and surface temperature in Chattogram city: A remote sensing and statistical approach. **Environmental Challenges**, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100107>

Organização das Nações Unidas – ONU-Habitat. **Estado de las ciudades de América Latina y El Caribe: Rumbo a una nueva transición urbana**. 2012. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/estado-das-cidades-da-america-latina-e-caribe-2012.pdf>

Renard, Florent. Alonso, Lucille. Fitts, Yasmin. Hadjiosif, Adeline. Comby, Jacques. Evaluation of the Effect of Urban Redevelopment on Surface Urban Heat Islands. **Remote Sensing**, v. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/doi:10.3390/rs11030299>

Sobrino, José Antônio. Irakulis, Itziar. A Methodology for Comparing the Surface Urban Heat Island in Selected Urban Agglomerations Around the World from Sentinel-3 SLSTR Data. **Remote Sensing**, v. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12122052>

Souza, Juarez Dantas. Silva, Bernardo Barbosa. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: LANDSAT-5. **Rev. Bras. Geof.**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 23, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000400002>

United States Geological Survey – USGS. **Nasa Earthdata: Getting started with MODIS LST Data**. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/resources/e-learning/>

Financiamento

Ao CNPq (401066/2016-9) e à FAPEMIG (PPM-00368-18), projeto “Geodesign e Modelagem Paramétrica da Ocupação Territorial: Geoprocessamento para a proposição de um Plano Diretor da Paisagem para a região do Quadrilátero Ferrífero, MG”. O artigo parte de resultados e estratégias metodológicas desenvolvidos na monografia “Planejamento orientado ao clima: uma abordagem multiescalar”, desenvolvida no âmbito do projeto de pesquisa supracitado.

Uso de consorcios de actinobacterias como estrategia para
biorremediar sistemas impactados con atrazina



D.32. Eje Ciencias de la vida. Medio ambiente y contaminación

Uso de consorcios de actinobacterias como estrategia para biorremediar sistemas impactados con atrazina

Autor: Bazán, Lucas Ariel. lucasarielbz@gmail.com

Profesoras guía: Fuentes, María Soledad. soledadfs@gmail.com; Benimeli, Claudia Susana; cbenimeli@yahoo.com.ar

Universidad Nacional de Tucumán; PROIMI-CONICET

Resumen

La industria azucarera es uno de los pilares de la economía en Tucumán; por lo que, la obtención de buenos rindes en cultivos de caña de azúcar es fundamental. Para lograrlo, se usan herbicidas como atrazina (ATZ), capaz de generar beneficios productivos, pero también contaminación debido a su persistencia. Lo expuesto denota la importancia de desarrollar estrategias de biorremediación adecuadas, para lo cual, el uso de consorcios de actinobacterias, metabólicamente versátiles, resulta atractivo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la capacidad de cuatro consorcios definidos de actinobacterias para remover ATZ en sistemas líquidos contaminados. Para ello, se inocularon 2 g L⁻¹ de cada consorcio (C1, C2, C3, C4) en medio mínimo contaminado con 25 o 50 mg L⁻¹ de ATZ y se incubaron durante 168 h a 30 °C, con agitación. Al final del ensayo se realizaron determinaciones de crecimiento microbiano (peso seco) y concentración de ATZ residual (GC-μECD). El crecimiento de los consorcios en las condiciones evaluadas presentó el siguiente orden: C4 > C2 > C1 = C3 en controles bióticos sin contaminar, C1 > C2 > C4 > C3 y C1 > C4 > C3 > C2 en sistemas con 25 y 50 mg L⁻¹ de ATZ, respectivamente. Los mayores valores de remoción se detectaron en sistemas inoculados con C1 y C3, para ambas concentraciones de ATZ evaluadas, con porcentajes de remoción de 56,0 % y 56,7 %, y 74,0 % y 71,6 %, para C1 y C3 en presencia de 25 mg L⁻¹ y 50 mg L⁻¹ del herbicida, respectivamente. Considerando la eficiencia del consorcio C1, constituido por *Streptomyces* sp. A2, A5, A11 y M7, para crecer y remover ATZ a partir del medio de cultivo, se propone su uso como una herramienta prometedora para biorremediar sistemas regionales impactados con este herbicida de uso local.

Palabras clave: biorremediación, consorcios microbianos, atrazina



1. INTRODUCCIÓN

La industria azucarera es uno de los pilares de la economía en Tucumán; por lo que, la obtención de buenos rindes en los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es fundamental. Para lograrlo, se usan diferentes herbicidas a fin de controlar malezas, y entre ellos, la atrazina (ATZ) ha sido ampliamente utilizada a nivel regional (Portocarrero y col., 2014). Este herbicida perteneciente al grupo de las triazinas, se caracteriza por tener alta eficiencia, bajo costo y baja toxicidad, al ser aplicado en las dosis recomendadas (Yang y col., 2018); sin embargo, puede generar no solo beneficios productivos, sino también contaminación, debido a su persistencia en el ambiente. Por ello, la presencia ambiental de ATZ y/o sus metabolitos representa un riesgo para el ecosistema y la salud (Chamberlain, 2011), resultando imperativo el desarrollo de estrategias de remediación adecuadas, capaces de restaurar sitios impactados con dicho herbicida. Entre ellas, la biorremediación resulta prometedora, ya que permite sanear ambientes contaminados explotando las capacidades metabólicas de los microorganismos, y es ambientalmente aceptable y menos invasiva y costosa que los métodos físico-químicos convencionales (Kidd y col.,

2008 Rama Krishna y col., 2011; Mani y Kumar, 2014). La biorremediación incluye técnicas como la bioaumentación, reportada como efectiva para la remoción de plaguicidas y sus residuos (Cycón y col., 2016). La misma puede aplicarse utilizando cultivos microbianos puros; sin embargo, el uso de cultivos mixtos o consorcios microbianos posibilita la sinergia entre sus microorganismos constituyentes e incrementa las rutas metabólicas disponibles para degradar contaminantes (Aguilar-Paredes y col., 2020; Fuentes y col., 2011). Entre los microorganismos empleados se destacan las actinobacterias, debido a su versatilidad metabólica y gran capacidad para remover una amplia gama de contaminantes (Álvarez y col., 2017). Las mismas, combinadas constituyendo consorcios microbianos definidos, demostraron gran capacidad para biorremediar diferentes sistemas contaminados con plaguicidas persistentes (Fuentes y col., 2011; 2013; 2017).

Ante lo expuesto, el **objetivo** del presente trabajo fue evaluar la capacidad de cuatro consorcios definidos de actinobacterias para remover ATZ en sistemas líquidos contaminados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Conorcios microbianos

Se utilizaron cuatro consorcios definidos de actinobacterias: C1, constituido por *Streptomyces* sp. A2, A5, A11, M7 (Fuentes y col, 2011), C2, constituido por *Streptomyces* sp. A6, A12, A14, M7 (Fuentes y col., 2013), C3, constituido por *Streptomyces* sp. A5, M7, MC1, *Amycolatopsis tucumanensis* DSM 45259 AB0^T (Antezana, 2017) y C4 constituido por *Streptomyces* M7, cepa ER1.

Medios de cultivo y reactivos

Medio Tripteína Soja Caldo (TSB) expresado en g L⁻¹: Tripteína (15); peptona de soja (3); NaCl (5); K₂HPO₄ (2,5); glucosa (2,5).

Medio Mínimo (MM) expresado en g L⁻¹: (NH₄)₂SO₄ (4), MgSO₄·7H₂O (1), K₂HPO₄ (0,5), FeSO₄ (15). En los controles bióticos el MM se adicionó con glucosa (10).

Los medios de cultivo se esterilizaron en autoclave a 1 atm. de sobrepresión (121 °C), 15 min.

Herbicida: Se empleó una formulación comercial de atrazina (90% p/p). A partir de la misma se preparó una solución madre de 2.000 mg L⁻¹, la cual se utilizó para contaminar los medios de cultivo correspondientes.

Evaluación de la capacidad de diferentes consorcios definidos de actinobacterias para crecer en presencia de atrazina, y remover dicho herbicida, a partir de sistemas líquidos contaminados

Preparación del inóculo

Las actinobacterias pertenecientes a los diferentes consorcios microbianos fueron pre-cultivadas individualmente en medio TSB durante 72 h, a 30 °C, con agitación constante (150 rpm). Los cultivos resultantes fueron centrifugados (8500 rpm, 10 min, a 4 °C), se descartaron los sobrenadantes, y la biomasa microbiana obtenida se lavó, pesó y resuspendió en un volumen de agua destilada estéril adecuado para obtener un inóculo final de 2 g L⁻¹ de cada consorcio, formulado con cada una de sus cepas integrantes, en partes iguales.

Condiciones de ensayo

Los cuatro consorcios microbianos en estudio, fueron inoculados en frascos de vidrio de 125 mL de capacidad, con 30 mL de MM contaminado con 25 o 50 mg L⁻¹ de ATZ. Los cultivos resultantes se incubaron durante 7 días, a 30 °C, con agitación (150 rpm). Luego de la incubación, fueron centrifugados (8500 rpm, 10 minutos, 4 °C), determinándose a partir de los precipitados la concentración

de biomasa microbiana mediante la técnica de peso seco, y a partir de los sobrenadantes la concentración residual del herbicida, por cromatografía gaseosa (GC- μ ECD). Los ensayos se realizaron por triplicado, incluyendo los controles bióticos (inoculados con el correspondiente consorcio, sin contaminar) y abióticos (contaminados con el herbicida, sin inocular) correspondientes.

Determinación de biomasa

Se determinó empleando la técnica de peso seco. Para ello, la biomasa obtenida a partir de la centrifugación de los cultivos (8.500 rpm, 10 min, 4 °C) se lavó con agua destilada estéril, se centrifugó nuevamente descartando el sobrenadante y se dispuso en cápsulas de aluminio, previamente taradas. Las canastas se secaron a 80 °C, hasta peso constante y se determinó el peso de la biomasa de interés por diferencia de pesadas.

Determinación de la concentración de atrazina residual

A fin de determinar la concentración de ATZ residual, se realizó la recuperación del herbicida a partir de muestras del medio de cultivo correspondiente, mediante ultrasonificación. Para ello, se colocaron 3 mL del sobrenadante en tubos de vidrio con tapa a rosca, se agregaron 3

mL de metanol de grado plaguicida y se sonicaron durante 30 minutos. Se tomó una alícuota de 0,75 mL y se evaporó a sequedad. Los residuos obtenidos se resuspendieron en un volumen apropiado de n-hexano, para luego tomar 1,5 mL del extracto, el cual se colocó en un vial adecuado, para su posterior inyección en un cromatógrafo gaseoso (Agilent 7890A), equipado con una columna capilar HP-5 (5%-fenil metilpolisiloxano; 30 m, 0,32 mm, 0,25 mm), con detector de microcaptura de electrones (μ ECD), inyector split/slitless y software *Chemstation* para manejo, operación, recolección y análisis de datos. La cuantificación del herbicida se llevó a cabo utilizando una curva de calibración, realizada con diluciones apropiadas de soluciones patrón para cromatografía gaseosa (AccuStandard). El límite de detección del método fue de 0,01 μ g L⁻¹.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de la capacidad de diferentes consorcios definidos de actinobacterias para crecer en presencia de atrazina, y remover dicho herbicida, a partir de sistemas líquidos contaminados

Al evaluar el crecimiento de cuatro consorcios definidos de actinobacterias en

presencia de diferentes concentraciones de ATZ, se observaron valores de biomasa que oscilaron entre $4,62 \pm 0,03$ y $2,18 \pm 0,16$ g L⁻¹ (Tabla 1). Al analizar dichos valores, se determinó que el crecimiento de los consorcios evaluados,

presentó el siguiente orden descendente: C4 > C2 > C1 = C3 en controles bióticos sin contaminar, C1 > C2 > C4 > C3 y C1 > C4 > C3 > C2 en sistemas con 25 y 50 mg L⁻¹ de ATZ, respectivamente.

Tabla 1. Crecimiento de consorcios definidos de actinobacterias en presencia de diferentes concentraciones de atrazina.

Consortio	Biomasa (g L ⁻¹)		
	Control Biótico	ATZ (25 mg L ⁻¹)	ATZ (50 mg L ⁻¹)
C1	4,03 ± 0,15	3,00 ± 0,02	2,98 ± 0,13
C2	4,52 ± 0,64	2,77 ± 0,28	2,18 ± 0,16
C3	4,03 ± 0,02	2,50 ± 0,04	2,46 ± 0,04
C4	4,62 ± 0,03	2,52 ± 0,02	2,51 ± 0,04

C1: consorcio *Streptomyces* sp. A2, A5, A11, M7

C2: consorcio *Streptomyces* sp. A6, A12, A14, M7

C3: consorcio *Streptomyces* sp. A5, MC1, M7, *Amycolatopsis tucumanensis* DSM 45259 cepa AB0^T

C4: consorcio *Streptomyces* sp. M7, cepa ER1

ATZ: atrazina

En este caso se pudo observar que el consorcio microbiano C1, constituido por las cepas *Streptomyces* sp. A2, A5, A11 y M7, registró los mayores valores de crecimiento, en presencia de las dos concentraciones de ATZ evaluadas, y en ausencia de glucosa. Cabe destacar que, estudios previos realizados por Fuentes y col. (2011, 2013, 2017) demostraron la capacidad de dicho consorcio para crecer en presencia de diferentes plaguicidas, solos o combinados constituyendo mezclas, empleándolos como única fuente de carbono. En el caso particular de la mezcla de clorpirifos y pentaclorofenol,

Fuentes y col. (2013) detectaron, al igual que en el presente estudio, los mayores valores de biomasa para el consorcio cuádruple C1, al evaluar su crecimiento en relación al de un consorcio doble formulado con *Streptomyces* sp. AC5 y AC7 y las cepas puras, en sistemas contaminados. En el caso de estudios realizados en sistemas contaminados con una mezcla de plaguicidas organoclorados (lindano, clordano y metoxicloro), se demostró la capacidad de C1 para crecer en sistemas adicionados simultáneamente con dichos plaguicidas, a través del tiempo, y la ausencia de su crecimiento en

sistemas sin contaminar y sin adicionar con una fuente de carbono alternativa (Fuentes y col., 2017). Lo expuesto demuestra la versatilidad del consorcio constituido por *Streptomyces* sp. A2, A5, A11 y M7, para crecer a expensas de diferentes plaguicidas, que poseen como característica común, la presencia de átomos de cloro en sus moléculas.

Al analizar la remoción del herbicida por parte de los consorcios microbianos en

estudio, se detectaron los mayores valores en sistemas inoculados con C1 y C3, para ambas concentraciones de ATZ evaluadas, con porcentajes de remoción de 56,0 % y 56,7 %, y 74,0 % y 71,6 %, para C1 y C3, en presencia de 25 y 50 mg L⁻¹ del herbicida, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Remoción de diferentes concentraciones de atrazina, a partir de sistemas líquidos contaminados, por parte de consorcios definidos de actinobacterias.

	ATZ 25 mg L ⁻¹		ATZ 50 mg L ⁻¹	
	R (mg L ⁻¹)	R (%)	R (mg L ⁻¹)	R (%)
CA	0,60 ± 0,09	2,2	0,00 ± 0,00	0,0
C1	15,48 ± 2,27	56,0	31,73 ± 1,96	74,0
C2	3,70 ± 0,20	13,4	26,01 ± 0,26	21,8
C3	15,67 ± 2,75	56,7	30,69 ± 0,82	71,6
C4	11,61 ± 2,80	42,0	16,78 ± 7,44	39,1

CA: control abiótico

C1: consorcio *Streptomyces* sp. A2, A5, A11, M7

C2: consorcio *Streptomyces* sp. A6, A12, A14, M7

C3: consorcio *Streptomyces* sp. A5, MC1, M7, *Amycolatopsis tucumanensis* DSM 45259 cepa AB0^T

C4: consorcio *Streptomyces* sp. M7, cepa ER1

ATZ: atrazina

R: Remoción

Los presentes resultados ponen de manifiesto la capacidad de los consorcios microbianos evaluados, para crecer en presencia de ATZ, y removerla a partir de sistemas líquidos contaminados. Cabe destacar que dichos consorcios están constituidos por actinobacterias, metabólicas versátiles y con habilidades

demostradas para crecer, metabolizar y degradar varias familias químicas de plaguicidas, incluyendo organofosforados, organoclorados y triazinas, entre otros (Alvarez y col., 2017; Mawang y col., 2021). Entre las triazinas se encuentra la ATZ, para la cual se han reportado especies bacterianas capaces de

dechlorinar su molécula, llevando a la formación de hidroxiatrazina, desisopropilatrazina y desetilatrazina (Singh y col., 2018). Considerando lo expuesto, y la presencia de actividad específica de dechlorinasa detectada en los consorcios de actinobacterias en estudio, en sistemas contaminados con plaguicidas organoclorados (Fuentes y col., 2011), no resulta extraño observar remoción de ATZ por parte de los mismos. Entre ellos se destacan los consorcios C1 y C3, para los cuales se registraron valores de remoción superiores al 50% en sistemas contaminados con 25 mg L⁻¹ de herbicida, los cuales incrementaron en sistemas adicionados con mayor concentración de ATZ, alcanzando remociones superiores al 70%.

4. CONCLUSIONES

Considerando la eficiencia del consorcio C1, constituido por *Streptomyces* sp. A2, A5, A11 y M7, para crecer y remover ATZ a partir del medio de cultivo contaminado, se propone su uso como una herramienta prometedora para biorremediar sistemas regionales impactados con este herbicida de uso local.

5. FINANCIAMIENTO

Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PICT 2016-0493, PICT 2019-2825), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP 2021-670).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Paredes A., Valdés G., Nuti M., (2020). Ecosystem Functions of Microbial Consortia in Sustainable Agriculture. *Agronomy*, 10(12): 1902. doi:10.3390/agronomy1012190
- Antezana P.E., (2017). Diseño de un consorcio de actinobacterias como herramienta de depuración de sistemas artificiales co-contaminados. Tesis de grado. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.
- Alvarez A., Saez J. M., Davila Costa J. S., Colin V. L., Fuentes M. S., Cuozzo S. A., Benimeli C. S., Polti M. A., Amoroso, M. J., (2017). Actinobacteria: Current research and perspectives for bioremediation of pesticides and heavy metals.



- Chemosphere*, 166: 41-62.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.070>
- Chamberlain K., (2011). Effects of the herbicide atrazine on the behavior of the checkered gartersnake (*Thamnophis Marcianus*). *Biology Theses*. Paper 5.
<http://hdl.handle.net/10950/45>
- Cycoń M., Mroziak A., Piotrowska-Seget Z., (2016). Bioaugmentation as a strategy for the remediation of pesticide-polluted soil: A review. *Chemosphere*. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.12.129.
- Fuentes M.S., Raimondo E.E., Amoroso M.J., Benimeli C.S., (2017). Removal of a mixture of pesticides by a *Streptomyces* consortium: Influence of different soil systems. *Chemosphere*, 173: 359-367. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.01.044
- Fuentes M.S., Alvarez,A., Saez J.M., Benimeli C.S., Amoroso M.J., (2013). Methoxychlor bioremediation by defined consortium of environmental *Streptomyces* strains. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 11, 1147-1156.
<https://doi.org/10.1007/s13762-013-0314-0>
- Fuentes M.S., Saez J.M., Benimeli, C.S., Amoroso M.J., (2011). Lindane biodegradation by defined consortia of indigenous *Streptomyces* strains. *Water, Air, & Soil Pollution* 222:217-231.
<https://doi.org/10.1007/s11270-011-0818-5>
- Kidd P.S., Prieto-Fernández A., Monterroso C., Acea M.J. (2008). Rhizosphere microbial community and hexachlorocyclohexane degradative potential in contrasting plant species. *Plant Soil* 302, 233-247.
<https://doi.org/10.1007/s11104-007-9475-2>
- Mani D., Kumar C., (2014). Biotechnological advances in bioremediation of heavy metals contaminated ecosystems: an overview with special reference to phytoremediation. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*,11:, 843-872.
<https://doi.org/10.1007/s13762-013-0299-8>
- Mawang C.I., Azman A.S., MohdFuad A.S., Ahamad M., (2021). Actinobacteria: An eco-friendly

- and promising technology for the bioaugmentation of contaminants. *Biotechnology Reports*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2021.e00679>
- Portocarrero R., Aparicio V.C., de Gerónimo E., Morales C., Lizondo M., Costa J.L., (2014). INTA. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-presencia de ametrina y atrazina en los sistemas hidricos superficiales y subterranos en el este canero de la provincia de tucuman.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-presencia_de_ametrina_y_atrazina_en_los_sistemas_hidricos_superficiales_y_subterranos_en_el_este_canero_de_la_provincia_de_tucuman.pdf)
- Rama Krishna K., Philip L., (2011). Bioremediation of Single and Mixture of pesticide-contaminated soils by mixed pesticide-enriched cultures. *Appl Biochem Biotechnol.*, 164: 1257-1277. <https://doi.org/10.1007/s12010-011-9211-5>
- Singh S., Kumar V., Chauhan A., Datta S., Wani A.B., Singh N., Sing J., (2018). Toxicity, degradation and analysis of the herbicide atrazine. *Environ. Chem. Lett.*, 16:211-237. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0665-8>
- Yang X., Wei H., Zhu C., Geng B., (2018). Biodegradation of atrazine by the novel *Citricoccus* sp. strain TT3. *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, 147: 144-150. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.08.046

Análisis comparativo entre la generación de la energía fotovoltaica y energía eólica, enfocada en la producción de hidrógeno verde en Paraguay.



D.33. Energía

Análisis comparativo entre la generación de la energía fotovoltaica y energía eólica, enfocada en la producción de hidrógeno verde en Paraguay.

Autor: Olmedo Ibarra, Yessica; yessiolmedo98.yo@gmail.com

Co-autor: Martínez Bernal, Preciosa; pre170198@gmail.com

Profesor/a guía: Barrientos Mujica, Luis; luisbarrientos@fpune.edu.py

Lindstrom Frankz, Peter; frankz.lindstrom@gmail.com.

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este

Resumen

La Ruta de hidrógeno verde en Paraguay, pretende utilizar los excedentes hidroeléctricos para su consolidación, sin tomar en cuenta que, a futuro, las centrales hidroeléctricas ya no contarán con estos, debido a la creciente demanda del Sistema Interconectado Nacional. Como respuesta a esta problemática, el presente trabajo de investigación propone evaluar la factibilidad técnica del uso de la generación de energía fotovoltaica y la energía eólica, para la producción de hidrógeno verde en Paraguay, mediante el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica eólica y fotovoltaica y el análisis del comportamiento de ambos sistemas. El trabajo en estudio se llevó a cabo, a través de una exhaustiva investigación, cálculos analíticos y la simulación del comportamiento de ambas centrales, teniendo como propósito comprobar que el sistema de generación fotovoltaico requiere menor superficie que el sistema eólico para producir la misma cantidad de energía. Asimismo, comprobar que la generación de energía fotovoltaica es superior al de la energía eólica, en cuanto a rendimiento, mantenimiento y operación, en la localidad de caso de estudio. Al finalizar con las actividades propuestas se realizó un contraste, en donde quedó en evidencia que el rendimiento de producción anual del sistema de generación de energía fotovoltaica es mayor en porcentaje que el sistema eólico, de la misma manera se constató que este último requiere mayor superficie para alcanzar la misma cantidad de producción eléctrica. De acuerdo a los resultados obtenidos, mediante los cálculos y simulaciones realizadas, se concluye que, para la producción de hidrógeno verde en Paraguay, el sistema de generación fotovoltaico presenta mayores ventajas técnicas frente al sistema de generación eólico.

Palabras clave: 1. Hidrógeno verde, 2. Energía fotovoltaica, 3. Energía eólica.

1. Introducción

La propuesta del estudio “Hacia la Ruta del hidrógeno verde en Paraguay”, propone al hidrógeno verde como un vector energético que puede contribuir al desarrollo del sector energético del país, principalmente para el sector de transporte. Para llevar a cabo La Ruta de hidrógeno verde, se requiere energía eléctrica renovable, esto se contempla dentro del proyecto, mediante los excedentes de hidroelectricidad, sin considerar el crecimiento del consumo eléctrico nacional, que dejaría en los próximos años sin holgura de energía eléctrica al país. Por lo tanto, resulta pertinente buscar alternativas de generación para la consolidación del mencionado proyecto.

1.1. Exploración de la importancia del problema.

El hidrógeno verde ha cobrado fuerza en la búsqueda de la descarbonización mundial, siendo una alternativa para los combustibles fósiles y almacenamiento de energía eléctrica. Actualmente Paraguay cuenta con el proyecto de una ruta de hidrógeno verde, mas, para llevar a cabo dicho proyecto es necesaria la producción de energía eléctrica de origen renovable, no obstante, la misma no está contemplada en el plan maestro de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) (ANDE, 2021).

El proyecto de Ruta de hidrógeno verde

prevé utilizar el excedente de energía eléctrica en horario fuera de punta de carga, sin embargo, la creciente demanda eléctrica del país no permitirá utilizar estos excedentes.

Por ello, en busca de dar una solución a la problemática planteada, este trabajo se centra en la obtención del hidrógeno, mediante fuentes renovables no convencionales, específicamente la energía fotovoltaica (figura 1) y la energía eólica (figura 2).



Figura 1: Energía Fotovoltaica (Collado, 2020).



Figura 2: Energía Eólica (Efrain, 2020).

1.2. Objetivos.

Evaluar la factibilidad técnica del uso de generación de energía fotovoltaica y energía eólica, para producción de hidrógeno verde en Paraguay, tomando



como caso de estudio la localidad de Yguazú, del departamento de Alto Paraná.

1.2.1. Objetivos específicos

1. Determinar las fuentes de generación de hidrógeno.
2. Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica eólica y fotovoltaica para la localidad de Yguazú, del departamento de Alto Paraná.
3. Analizar el comportamiento de los sistemas propuestos para la localidad de Yguazú, del departamento de Alto Paraná.

1.3. Hipótesis

El sistema de generación de energía fotovoltaica es cinco veces superior a un sistema de generación de energía eólica que utiliza la misma superficie, destinada a la producción de hidrógeno verde en la localidad de Yguazú, del departamento de Alto Paraná.

2. Método.

Esta investigación está dividida en tres etapas, en la primera etapa se busca determinar la fuente de generación de hidrógeno. El trabajo realiza un enfoque cualitativo, de carácter descriptivo-exploratorio utilizando un tipo de diseño documental en donde se recoge informaciones, mediante un procesador de texto electrónico Word. Para el desarrollo de todo esto se emplea una técnica no probabilística, incluyendo el levantamiento

de datos sobre las fuentes de energía eólica y fotovoltaicas para la producción de hidrógeno verde, mas no así, el análisis profundo del proceso electroquímico. En la segunda etapa, la investigación tiene un enfoque mixto para el diseño de un sistema de generación eólica y fotovoltaica para la producción de energía eléctrica en la localidad de Yguazú. Este estudio es de índole descriptivo con un diseño no experimental de características transversales, en el cual se recopilan datos en los Softwares de ingeniería, AutoCAD y diseño de sistema de generación. Para el desarrollo se emplea una técnica no probabilística. Aborda los sistemas desde su potencia instalada hasta el dimensionamiento de las centrales, concretamente las tecnologías a ser utilizadas para su operación. El estudio económico de flujo de caja, no será incluido.

La tercera y última etapa de este trabajo, es también de enfoque mixto, en la cual se efectuará un análisis del comportamiento de los sistemas propuestos para la localidad de caso de estudio, que tendrá un alcance descriptivo correlacional y un diseño experimental puro, en donde la recolección de datos será a través de la observación, dichos datos serán almacenados en un procesador de texto Word y una plantilla de cálculos profesionales Excel. Para llevar a cabo este análisis se utiliza una técnica no probabilística. Esta etapa comprende el



modo de funcionamiento de las tecnologías de las centrales, la comparación entre ellas. No obstante, no se tendrá en cuenta el impacto en la comunidad a ser instalada.

2.1. Diseño.

Se ejecutará cada una de las especificaciones a continuación, para el posterior contraste y análisis de los sistemas propuestos.

1. Las formas y medios de obtención de los diferentes tipos de hidrógeno, serán recabados mediante una exhaustiva investigación, a través de una revisión bibliográfica.
2. La demanda energética (D) se designa de acuerdo a la cantidad de hidrógeno que se requiere, según el proyecto Ruta de hidrógeno verde.
3. Los datos de las condiciones climatológicas sobre la irradiación solar y potencial eólico, en la localidad de Yguazú, Alto Paraná, se extrae de las páginas de Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) y Parque Tecnológico Itaipu (PTI).
4. La selección de equipos de los sistemas de generación, se efectúa de acuerdo al modelo, eficiencia en la zona, potencia entregada, rendimiento, etc. Comparando los diferentes tipos de tecnologías que ya fueron utilizadas en investigaciones similares.
5. Para el dimensionamiento y diseño de las centrales, los datos necesarios se

obtienen mediante cálculos.

6. Las variables de generación eléctrica a ser analizadas en las centrales, son seleccionadas de acuerdo a su relevancia, y estas podrían ser operación, estabilidad, instalación y mantenimiento.
7. El contraste de los sistemas de ambas centrales se realiza mediante la observación de las variables seleccionadas.

3. Resultados.

Los resultados principales de las simulaciones de las centrales fotovoltaica y eólica, así como el contraste entre ambas, se detallan en este apartado.

3.1. Sistema de generación de energía fotovoltaica- Simulación

La simulación realizada con el software de simulación PVsyst (versión gratuita), contempló una potencia de 100MW, siendo la misma de carácter escalable, por lo que los resultados obtenidos se consideraron 6 veces mayores, desde la cantidad de módulos fotovoltaicos, inversores y espacio a utilizar.

En la tabla 1 se puede observar los resultados obtenidos de la simulación del comportamiento de la planta fotovoltaica a lo largo del año. Cabe destacar que, el software utilizó los datos de PVGIS para la irradiación solar, otro dato relevante es la temperatura ambiente, ya que esta tiene una influencia directa en la eficiencia del panel fotovoltaico,

de este modo se logró los resultados pertinentes como la energía efectiva a la salida del FV, la energía entregada y el factor de calidad.

Mes	Irradiación horizontal global (KWh/m ²)	Temperatura ambiente (°C)	Energía efectiva a la salida del FV (MWh)	Energía entregada (MWh)	Factor de calidad (PR)
Enero	196,2	28,78	14.911	14.695	0,797
Febrero	160,1	26,86	12.742	12.556	0,791
Marzo	173,5	25,51	14.983	14.765	0,793
Abril	133,4	22,18	12.985	12.795	0,821
Mayo	88,6	16,93	9.475	9.322	0,855
Junio	86,4	16,99	9.700	9.548	0,856
Julio	90,4	16,22	10.006	9.849	0,855
Agosto	134,7	20,04	13.916	13.714	0,836
Septiembre	146	22,98	13.327	13.132	0,812
Octubre	180,2	23,03	15.102	14.878	0,805
Noviembre	191,2	24	14.769	14.551	0,798
Diciembre	187,8	25,74	14.385	14.174	0,807
Anual	1.768,5	22,44	156.302	153.978	0,815

Tabla 1: Resultados de Simulación fotovoltaica

3.1.1. Diagrama de pérdidas

En el siguiente diagrama (figura 3) se puede observar una distribución de las distintas pérdidas.

En el primer bloque en la parte superior se encuentra la energía nominal sin pérdidas del campo fotovoltaico (181.536MWh), posteriormente están las pérdidas entre ellas debido al nivel de irradiación, a la temperatura, a desajustes, conexión en serie de las cadenas y pérdidas del cableado, en este bloque se puede observar +0,80 % correspondiente a la calidad del módulo. Con estas pérdidas y calidad del módulo, se obtuvo en cuanto al módulo FV una salida de 157.360 MWh, lo que representa un total de pérdidas de 13,31 %. En el segundo bloque se muestran las pérdidas del inversor, el cual

consta en un principio de 157.360 MWh, que es entregada por el campo fotovoltaico, las pérdidas son durante la operación del inversor, debido a la corriente de entrada máxima y debido a la tensión existente, con estas pérdidas, el inversor logra entregar al sistema 153.978 MWh, lo que representa un total de pérdidas de 2,15 %.

Tanto el inversor como el campo fotovoltaico manifiestan pérdidas que deben ser contempladas, en este análisis las pérdidas totales representan 15,46 % de la energía nominal.

Además, se debe considerar pérdidas ocasionadas por las sombras, reflexiones de la matriz fotovoltaica y factor de pérdida por suciedad que corresponde 3,04 % de pérdida

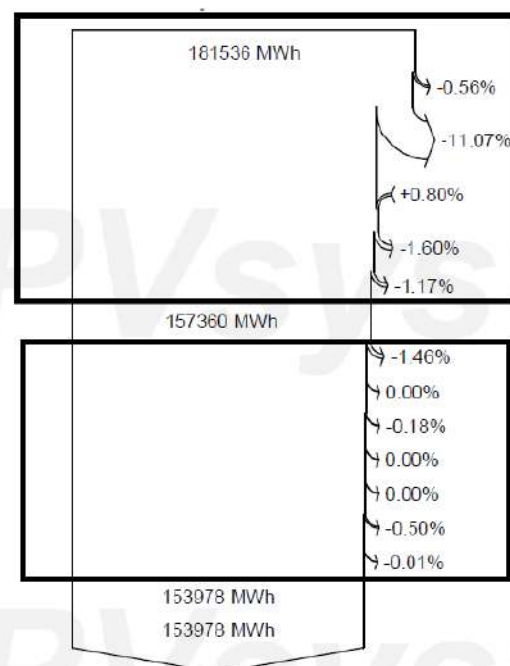


Figura 3: Diagrama de pérdida

3.2. Sistema de generación de energía eólica - Simulación

En la figura 4, se puede observar la variación de potencia a medida que transcurre el tiempo, siendo esta correspondiente a la variación de la velocidad del viento en la zona, a lo largo de los doce meses del año.

La menor potencia entregada se registra en febrero y la mayor en julio, en cuanto a la media, se registra una potencia entregada de 6,82 MW equivalente al 75 % de su capacidad.

Por en cuanto, siendo el valor de potencia entregada promedio de cada aerogenerador de 1,14 MW.

Este resultado se debe a que, en la mitad de los meses del año la velocidad del viento no llega a los 6,2 m/s, repercutiendo directamente en la potencia producida.

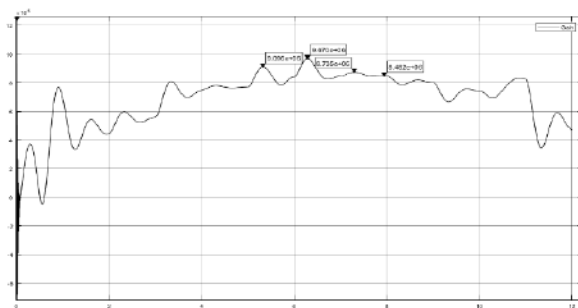


Figura 4: Potencia entregada y los picos más pronunciados

Siendo los picos más pronunciados en los meses de mayor velocidad del viento, junio con 9,096 MW, julio 9,67 MW, agosto 8,73 MW y septiembre con 8,482 MW respectivamente.

Se han utilizado datos del aerogenerador HW82 de 1.5MW para realizar los cálculos para la superficie del Parque Eólico. Fueron considerados la altura de la góndola ($h = 80m$) y el diámetro del aerogenerador ($d = 82,63m$).

Distancia vertical entre aerogeneradores:

$$Dv = 3 \times d = 247,89m \quad (1)$$

Distancia horizontal entre aerogeneradores:

$$Dh = 8 \times d = 661,04m \quad (2)$$

Distancia del aerogenerador a una zona habitada:

$$Dz = 10 \times h = 800m \quad (3)$$

Entonces, en la siguiente figura 5 se representa la ubicación de 7 aerogeneradores con sus respectivas distancias:

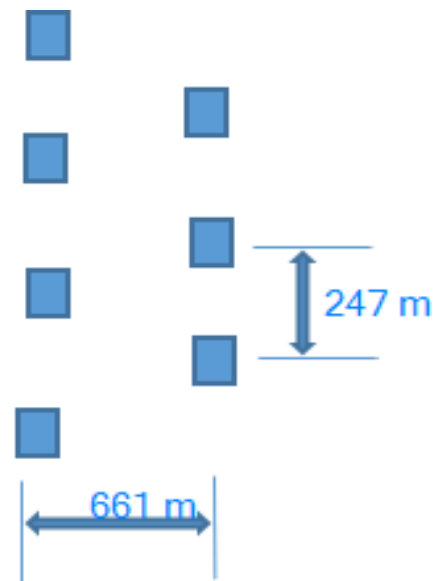


Figura 5: Polígono de 7 aerogeneradores

Área ocupada por 7 aerogeneradores:

$$A = 3 \times Dv \times Dh = 491,6e^3 m^2 \quad (4)$$

Entonces 530 aerogeneradores ocuparán un área total de: $37,2e^6 m^2$

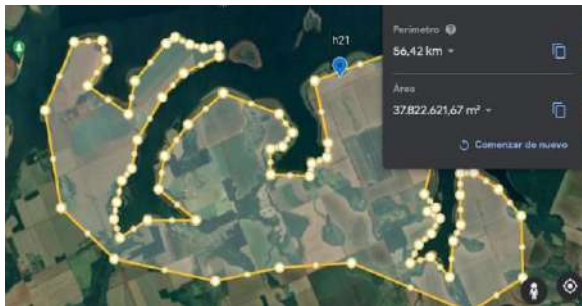


Figura 6: Superficie a ser utilizada para el parque eólico de 600 MW.

La figura 6 ilustra la superficie total que ocupa el parque eólico en la localidad de Yguazu, Alto Paraná, siendo esto 3.782 ha.

3.3. Contraste entre los sistemas de generación

En la tabla 2 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de ambas centrales:

El sistema de generación eólico ocupa una superficie 10,65 veces mayor que la planta fotovoltaica lo que significa una diferencia de 3427 ha entre ambas centrales. Por lo tanto, la central eólica abarca un equivalente al 4.34 % de la superficie total de Yguazú - Alto Paraná. En la producción de potencia por metro cuadrado, se observa que la planta fotovoltaica genera $168 W/m^2$ en contraste a un $15,8 W/m^2$ del sistema eólico.

En cuanto al rendimiento de la producción de energía anual, la planta fotovoltaica es 6.5

% superior a la del sistema de generación eólico, ya que por la región se tiene mayores periodos con flujo de energía solar en comparación a la velocidad del viento, siendo 4 meses de mayor aprovechamiento para el eólico y 8 meses de mayor aprovechamiento de energía solar.

Variables	Plantas	
	Fotovoltaica	Eólica
Superficie ocupada	355ha	3782ha
Potencia por metro cuadrado	168 W/m ²	15,8W/m ²
Rendimiento de la producción de energía	81,5 %	75 %
Vida útil	25 años	25 años
Mantenimiento preventivo	66.51hs/año (por panel)	226hs/año
	4,3hs/año (por inversor)	
	Tiempo de parada:	
	4hs/año	226hs/año
Operación	Monitoreo de variables que impactan directamente a la producción de energía eléctrica:	
	Irradiación solar	Velocidad del viento
	Temperatura ambiente	Dirección del viento
	Temperatura relativa	
	Supervisión del sistema:	
	Histórico de producción de energía	Histórico de producción de energía
	Producción energética en tiempo real	Producción energética en tiempo real
	Rendimiento de los inversores	Curva de potencia del aerogenerador
	Granizos	Granizos
	Desechos de aves	Aves
	Polvos/sombras	Polvos
	Alarmas para detectar fallas	Alarmas para detectar fallas
	Protecciones de sistema	
Irradiación/corriente instantánea	La velocidad del viento: ráfagas de viento	

Tabla 2: Contraste entre los sistemas de generación

Por otro lado, no hay diferencias con la vida útil de los equipos a utilizar en ambos sistemas de generación, sin embargo, esto está estrechamente vinculado con un plan de mantenimiento adecuado a las necesidades de cada sistema.

El plan de mantenimiento preventivo del



sistema de generación eólico prevé un total de 226 horas anuales destinadas a acciones de inspección y control de cada aerogenerador. Estas acciones, requieren la parada total del equipo en cuestión, lo que se traduce a su vez a 226 horas/año de parada por aerogenerador.

El plan de mantenimiento preventivo del sistema de generación fotovoltaico, prevé por un lado 66,51 horas anuales por módulo fotovoltaico y 4,3 horas/año por cada inversor. Con respecto a la cantidad de horas de parada, la planta contempla un total de 4 horas/año donde cesa el funcionamiento de los equipos y por consiguiente la producción de energía.

Para la operación resulta necesario controlar varios factores, siendo los factores que ambos sistemas comparten: el histórico de producción de energía, la producción energética en tiempo real, el efecto del impacto de los granizos en los equipos, la presencia de polvo en los sistemas e incluso las posibles alarmas por fallas. Sin embargo, existen factores particulares de cada sistema, para la planta fotovoltaica se requiere controlar el efecto en la producción de los desechos de aves, las sombras de elementos cercanos y el rendimiento de los inversores. Para el sistema eólico se requiere supervisar el impacto de las aves en las hélices y la curva de potencia del aerogenerador.

Para la protección de la planta fotovoltaica se requiere el monitoreo constante de la

irradiación solar y su relación con la corriente instantánea. En contraste a ello, la central eólica precisa el monitoreo continuo de la velocidad del viento y las posibles ráfagas que pueden afectar al sistema.

3.4. Comprobación de la hipótesis

La planta fotovoltaica para generar una potencia de 600 MW ocupa una superficie de 3.555.967m², y según plantea la hipótesis de la presente investigación, la planta fotovoltaica debería de producir energía eléctrica cinco veces más que el parque eólico, ocupando la misma superficie, por lo que tomando en cuenta los resultados del apartado 3.2, dicha afirmación se podrá o no constatar a continuación:

Se afirma que, 7 aerogeneradores ocupan un área de 491.600 m², entonces, tomando el tamaño del área ocupada proporcional a la cantidad de aerogeneradores, en una superficie de 3.555.967m² podrán caber:

$$Aerog. = (7 \times 3.555.967)/491.600 = 50 \quad (5)$$

Considerando que cada aerogenerador tiene una capacidad de 1,5 MW, y que producen en promedio el 75 % de su capacidad anual, esto resultaría en que la producción de 50 aerogeneradores es equivalente a:

$$Potencia = (50 \times 1,5 \times 0,75) = 56MW \quad (6)$$

Este resultado lanza una diferencia de más de 9 puntos, con respecto a la producción de la planta fotovoltaica de



600MW, ocupando la misma superficie. Por lo que, se puede afirmar que, la planta fotovoltaica no solo produce cinco veces más, sino 9 veces más que un parque eólico que ocupa la misma superficie.

4. Conclusiones y Logros alcanzados

- Se consiguió examinar las fuentes y formas de obtención del hidrógeno.
- Se obtuvo el rendimiento de cada central y la visualización de los meses de mayor y menor producción, y con esta se pudo constatar que, en cuanto a porcentaje de producción de energía anual, es superior la central fotovoltaica que la central eólica.
- Se obtuvo la cantidad de metros cuadrados que ocuparía cada central, dando como resultado que la superficie ocupada por la central fotovoltaica es notablemente menor que la central eólica.
- Se determinó la cantidad de energía producida por metro cuadrado de cada sistema, resultando la fotovoltaica ampliamente superior que la eólica.
- Además, en cuanto a mantenimiento preventivo requerido en los sistemas de generación propuestos, se concluyó que, el sistema eólico requiere mayor tiempo de parada de producción para la realización eficiente de la inspección y control de los equipos, frente a un sistema fotovoltaico el cual precisa

cesar sus funciones solo cuando el mantenimiento se lleva a cabo en los inversores.

Después de todo lo expuesto se puede concluir, que el sistema de generación fotovoltaico presenta mayores ventajas técnicas frente al sistema de generación eólico.

4.1. Solución del Problema de Investigación.

El problema de la investigación consistió en analizar la factibilidad técnica del uso de generación de energía fotovoltaica y energía eólica para la producción de hidrógeno verde, este problema se originó debido a que el proyecto de la Ruta de hidrógeno verde en Paraguay contemplaba como fuente de energía el excedente de las centrales hidroeléctricas, sin tener en consideración el crecimiento de la tasa de consumo anual, por lo que este trabajo buscó como alternativa para la producción de dicho hidrógeno, la factibilidad técnica del uso de dos centrales de energía renovables no convencionales.

Como resultado de esta investigación se pudo comprobar que ambos sistemas de generación la fotovoltaica y la eólica son técnicamente factibles para la producción de hidrógeno en la localidad de Iguazú del departamento de Alto Paraná ya que se cuenta con los requerimientos técnicos mínimos para implementación de cada central.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Una vez concluido con la presente investigación, se pudo constatar la hipótesis, el sistema de generación de energía fotovoltaica es superior al sistema de generación de energía eólica, en cuanto a producción de energía ocupando la misma superficie. No obstante, a diferencia de lo propuesto en la hipótesis en donde se presume una discrepancia de cinco veces, los resultados dictan que la planta fotovoltaica genera 10 veces más energía que una central eólica ocupando la misma superficie.

Referencias bibliográficas.

ANDE. (2021) *"Plan Maestro de la ANDE 2016-2025"*, ANDE. Disponible en: https://www.ande.gov.py/documentos/plan_maestro/PLAN%20MAESTRO%20DE%20GENERACION%20%202021-2040.pdf

Collado Martín, F. (2020). *"La macroplanta solar de Elon Musk en España es, por ahora, una fantasía, 2022"*, Universidad de Chile. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3Oi1Mdc>

Efrain, M. (2020) *"Arranca instalación de 2 parques eólicos en Tamaulipas"*, Energy and Commerce. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3rAQ17Y>

Distribución de carga de los alimentadores de la nueva SE-KM 8
para atender la demanda de la zona de influencia



D.33. Energía

Distribución de carga de los alimentadores de la nueva SE-KM8 para atender la demanda de la zona de influencia

Autor: Vergara Riveros, Carlos Miguel; carlitosvergarariveros@gmail.com; Agüero Kunkel, Poliana Judith; polianakunkel@gmail.com; Galeano Arias, Lis Rossana; ingrossanagaleano@gmail.com;

Profesor/a guía: Ramírez Vergara, Luis Carmelo; luisramirezvergara100@gmail.com
Universidad de origen: Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este

Resumen

El propósito del presente trabajo de investigación es proponer una distribución de carga de los alimentadores de la nueva SE-KM8 - Alto Paraná, Paraguay que atienda satisfactoriamente la demanda de su zona de influencia. El método aplicado consiste en identificar los parámetros pertenecientes a la zona de influencia de la nueva SE-KM8, elaborar opciones de distribución de carga de los alimentadores existentes, alimentados por la nueva SE-KM8 y calcular la propuesta óptima de distribución de carga para atender la demanda de la zona de influencia, bajo condiciones de energía eléctrica de calidad y trabajando dentro del régimen de operación normal deseado. Como principal resultado se logró plantear una propuesta para disminuir las pérdidas de los alimentadores de la zona de influencia, al mismo tiempo de contribuir a que el Sistema Eléctrico de Distribución sea más confiable, pues se dispone de capacidad para absorber cargas en caso de contingencia, operando dentro del régimen normal adoptado por la ANDE.

Palabras claves: distribución de carga, 2. alimentadores, 3. subestación, 4. ANDE, 5. pérdidas eléctricas.

1. Introducción.

El abastecimiento de energía eléctrica se da a través de 3 etapas principales que son, generación, transmisión y distribución, ligando la comercialización a esta última. La distribución es la encargada de llevar la

energía eléctrica hacia los consumidores finales en forma eficiente y bajo estándares de calidad de servicio. Este proceso se realiza mediante redes de alimentación y subestaciones de distribución, estas deben ser continuamente adaptadas a los



reiterados cambios de la demanda.

En este trabajo de investigación se busca una propuesta de distribución de carga de los alimentadores de la nueva SE-KM8 ubicada en el Departamento Alto Paraná, Paraguay, para atender la demanda de la zona de influencia entregando energía eléctrica de calidad y trabajando dentro del régimen de operación normal deseado.

1.1. Problema de investigación

En 2017, Paraguay demandó 221 veces más energía eléctrica que en 1961, con un crecimiento promedio de la demanda de energía eléctrica igual a 10,1 % anual. Este acelerado crecimiento de la demanda de energía eléctrica condiciona a implementar con urgencia planes que posibiliten abordar ese crecimiento de forma adecuada en el futuro cercano (Marimoto, 2020). Una solución a esta urgencia planteada es la construcción de la nueva SE-KM8 que incorpore al sistema una capacidad de transformación igual a 160 MVA (ANDE, 2021).

En instancias de la ANDE, ente que provee el servicio de energía eléctrica a todos los sectores del país, a causa del constante incremento de la demanda de energía que se viene registrando, se estima necesaria prever en el corto plazo, la necesidad de evitar dificultades mayores en el abastecimiento normal de energía eléctrica, asociado a gradientes de tensión

o súbitas caídas de tensión. La importancia técnica de esta investigación radica en que responde a la necesidad de evitar problema en el abastecimiento de energía eléctrica, motivo por el cual también se prevé la implementación de red aislada de baja y media tensión para áreas con elevada densidad de cargas (ANDE, Plan Maestro de Distribución 2021-2030, 2021). En el aspecto social este proyecto se fundamenta en los beneficios socio económicos para la comunidad, y en una mayor calidad de vida para la población afectada en el futuro, mediante el desarrollo industrial y productivo del sector (M. S. Gaona, 2015).

En el sistema de distribución de la zona Este, Alto Paraná, la ANDE contaba en el año 2020 con 108 alimentadores, sin embargo, en el periodo 2021/2025 se prevé la construcción de 70 nuevos alimentadores de distribución, además de las obras de refuerzos para atender el crecimiento vegetativo y las expansiones. De este plan surge la necesidad de la construcción de la SE-KM8 para atender el crecimiento de la demanda de los distritos de Ciudad del Este y Minga Guazú (ANDE, Plan Maestro de Distribución 2021-2030, 2021).

1.1. Objetivos.

1.1.1. Objetivo General.

Proponer la distribución de carga de los



alimentadores de la nueva SE-KM8 para atender la demanda de la zona de influencia.

1.1.2. Objetivos Específicos.

1. Identificar los parámetros de los alimentadores pertenecientes a la zona de influencia de la nueva SE-KM8.
2. Seleccionar la opción óptima de distribución de carga de los alimentadores existentes, alimentados por la nueva subestación SE-KM8, basada en la provisión de energía eléctrica de calidad, a partir del análisis de opciones posibles.

2. Método.

El enfoque empleado es de índole cuali-cuantitativa, basado recolección de datos. Los conceptos de las variables eléctricas conforman el aspecto cualitativo, mientras que las estimaciones de sus valores numéricos conforman el aspecto cuantitativo del conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación desde la recolección y el análisis de datos, así como su integración y descripción conjunta, para realizar inferencias como producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento de fenómeno bajo estudio (Sampieri, 2010).

Los datos recolectados fueron empleados en la simulación realizada aplicando el recurso para modelar de sistemas de distribución Cymdist. Similarmente, se

estimó la demanda de cada alimentador de la zona de influencia durante el periodo de un año. También se han obtenido datos de los centros de distribución que abastecen la zona, mediante entrevistas realizadas a Ingenieros de la ANDE.

3. Resultados y discusión.

3.1. Parámetros de los alimentadores pertenecientes a la zona de influencia de la nueva SE-KM8.

Con el objetivo de recolectar los datos necesarios para presentar la situación actual de la zona de influencia, se realizaron entrevistas a profesionales que se desempeñan dentro de la ANDE. Dichas entrevistas fueron realizadas a los ingenieros encargados del Levantamiento de Datos de Líneas de Distribución: al Jefe de la Sección de Estudios Eléctricos de Distribución y al Jefe del Centro de Despacho Regional de la Zona Este.

La demanda de la zona de influencia es abastecida por la Subestación Acaray, la Subestación Kilometro 15 y la Estación Presidente Franco, que en total suman seis de sus alimentadores para atender la provisión del servicio eléctrico.

Se llama Escenario 0 al estado actual de la distribución de carga y el trazado de los alimentadores con que se provee la demanda de la zona de influencia.

Simulación del Escenario 0

Para conocer los parámetros actuales de

los alimentadores pertenecientes a la zona de influencia se empleó el aplicativo Cymdist para simular el flujo de carga con la distribución de carga y trazado actual. Los datos utilizados para la realización de la simulación provinieron del sistema informático de gestión de redes SmallWorld y de las entrevistas realizadas.

En la simulación se empleó el aplicativo de modelado de sistemas Cymdist para generar el Reporte de Carga de los Alimentadores, el Perfil de Tensión, el Perfil de Carga y el Reporte Sumario por Red.

Los únicos alimentadores de la zona de influencia que operan dentro del Régimen de Operación Normal contemplado por la ANDE, son los alimentadores PFO – 14 y K15 – 09, por estos circula una corriente máxima de 202,14 A y 170,62 A respectivamente. Los demás alimentadores operan con corriente superior al valor normal, lo que contribuye a que las pérdidas en la zona de influencia lleguen a la cifra de 1869,88 kW (Fig. 1).



Figura 1. Pérdidas en el escenario 0.

3.2. Opciones de distribución de carga

de los alimentadores existentes siendo estos alimentados por la nueva SE – KM8

Luego de conocer los parámetros actuales (antes de la entrada en operación de la SE – KM8) de los alimentadores pertenecientes a la zona de influencia de la nueva SE – KM8, se presentan tres opciones de trazado de distribución de carga posibles, a partir de las cuales se debe seleccionar la óptima, en busca de lograr el segundo objetivo específico mencionado precedentemente.

3.2.1. Opción 1.1

Esta opción se realizó modificando la distribución de carga y el trazado de los alimentadores del Escenario 0.

Todos los alimentadores se encuentran operando dentro del régimen de operación normal contemplado por la ANDE, con capacidad para absorber carga de otros alimentadores en caso de emergencia. La mayor parte de los alimentadores tienen sus intensidades de corrientes balanceadas, los que no, se deben a que algunos de sus tramos son monofásicos, lo que dificulta realizar el balance con precisión.

La sumatoria total de la longitud de sus alimentadores es igual a 119,22 km. En este caso, las pérdidas registradas es igual a 614,80 kW.

3.2.2. Opción 1.2

En esta opción todos los alimentadores se encuentran dentro del régimen de operación normal contemplado por la ANDE, con capacidad para absorber carga de otros alimentadores en caso de emergencia. La mayor parte de los alimentadores tienen sus intensidades de corrientes balanceadas, los que no, se deben a que algunos de sus tramos son monofásicos, lo que dificulta realizar el balance con exactitud.

La sumatoria total de la longitud de sus alimentadores es igual a 126,80 km. En este caso las pérdidas registradas llegan al valor de 559,48 kW.

3.2.3. Opción 1.3

La sumatoria total de la longitud de sus alimentadores da 115,78 km. En este caso las pérdidas registradas suman 531,61 kW. En esta opción todos los alimentadores se encuentran operando dentro del régimen de operación normal contemplado por la ANDE, con capacidad para absorber carga de otros alimentadores en caso de emergencia. La mayor parte de los alimentadores tienen sus intensidades de corrientes balanceadas, los que no, se deben a que algunos de sus tramos son monofásicos, lo que dificulta realizar el balance con exactitud.

3.3. Determinación de la opción óptima de la distribución de carga para atender la demanda de la zona de influencia.

Luego de realizar las tres opciones de distribución de carga de los alimentadores existentes siendo los mismos alimentados por la nueva SE – KM8 y evaluar los resultados obtenidos en dichas opciones, se vio que la mejor opción en cuanto a pérdida de potencia medida en kW se refiere, resulto ser la opción 1.3 como se muestra en la figura 2.

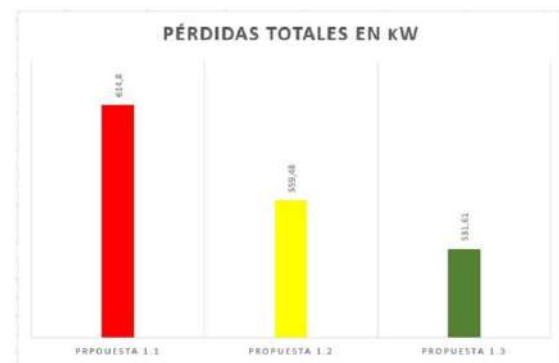


Figura 2. Perdidas en kW de las Opciones 1.1, 1.2 y 1.3.

Por lo que la opción 1.3 fue la elegida como el modelo de trazado y distribución de carga que en este trabajo de investigación se propone como el óptimo para atender la demanda de la zona de influencia.

Una vez seleccionada la propuesta óptima, se procede a realizar cambios para reducir aún más las pérdidas simuladas por Cymdist para dicha propuesta, esta es la propuesta mediante la cual se alcanza el segundo objetivo. El cambio con relación a la opción 1.3 radica en los conductores utilizados para las troncales y las fronteras de los alimentadores de la nueva SE – KM8, ya que los conductores utilizados

para la nueva simulación son los conocidos como “Red Protegida”, con la que se reduce a 351,44 kW el valor de las pérdidas simuladas por Cymdist. Este valor representa el 66,2% de las pérdidas registradas en la Propuesta 1.3, lo que significa que al realizar el cambio de la Red Desnuda por la Red Protegida se consigue reducir las pérdidas en un 33,8 % (figura 3).

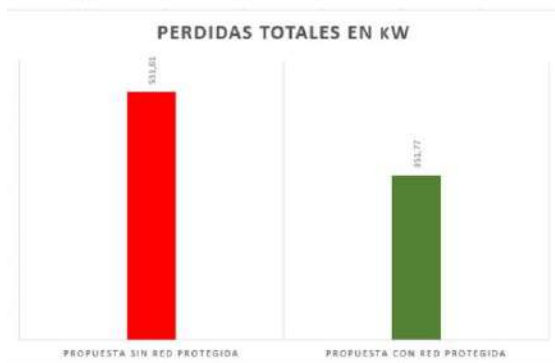


Figura 3. Comparación de las Pérdidas entre la Propuesta 1.3 antes y después del cambio de conductores.

En la figura 4 se observa el trazado de los alimentadores, la sumatoria total de la longitud de sus alimentadores es igual a 115,78 km. Para identificar cada alimentador de la figura 4, se puede observar la codificación por colores que se muestra en la figura 5.

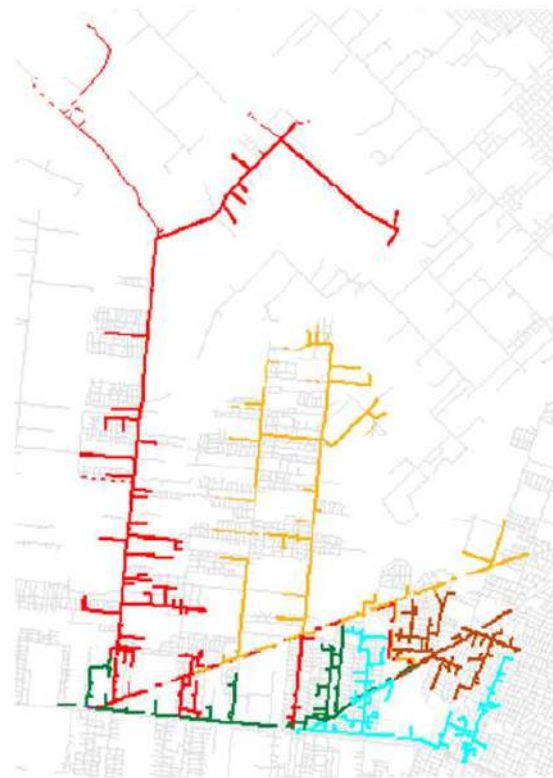


Figura 4. Trazado de los Alimentadores de la nueva SE-KM8.



Figura 5. Codificación por colores de los Alimentadores de la nueva SE-KM8.

4. Conclusión.

Según los resultados obtenidos se puede afirmar que:

- La nueva SE-KM8 es importante para reducir las pérdidas de los alimentadores de la zona de influencia, y también para alimentar nuevas cargas que vayan surgiendo a causa del crecimiento demográfico e industrial.
- Se logró encontrar una propuesta de distribución de carga de los alimentadores



que atienda la demanda de la zona de influencia con niveles bajos de pérdidas, lo que también significa mayor confiabilidad en el suministro de energía eléctrica y por ende una mejor calidad de vida para los usuarios.

- Además de la distribución de carga de los alimentadores, otro factor importante para la reducción de pérdidas es el tipo de conductor utilizado. Ya que se evidenció que las pérdidas se reducen al utilizar conductores del tipo Red Protegida, que además contribuye a que en la zona se tenga un menor impacto visual por parte de las redes de distribución.

- Una nueva subestación representa para las subestaciones aledañas un alivio de carga, lo que posibilita que el sistema de distribución se vuelva más confiable y tenga capacidad para alimentar nuevas cargas o las mismas, pero con mayor calidad.

- Se ha logrado desarrollar métodos y técnicas para realizar una propuesta de la distribución de carga de una nueva SE. En el esquema propuesto se describe en orden los diversos procedimientos requeridos para este tipo estudio.

Solución del Problema de Investigación.

El problema de investigación consistió en la necesidad de proponer una distribución de carga de los alimentadores de la nueva SE-KM8 que atienda la demanda de la zona de

influencia. Esto se originó debido a que el Plan Maestro de Transmisión 2021 – 2030 contempla la construcción de dicha SE, lo que dio lugar a la duda de cómo se haría de una manera óptima la redistribución de la carga de los alimentadores existentes en la zona, cuando esta carga sea atendida por los 5 alimentadores de la nueva SE-KM8 contemplados por el Plan Maestro de Distribución 2021 - 2030.

Se pudo encontrar la solución al problema mediante las tareas realizadas para alcanzar los objetivos propuestos precedentemente. Se logró presentar una propuesta de distribución de carga de los alimentadores de la nueva SE-KM8 que incluye el trazado de cada alimentador, el nivel de pérdidas totales esperadas, el cambio de conductores en las trocales de los alimentadores y el alivio de carga de los centros de distribución que actualmente alimentan la zona de influencia.

Cabe señalar que los resultados coinciden con los valores esperados. Además de lograr encontrar la propuesta de la distribución de carga para los alimentadores, se ha logrado un alto nivel de comprensión de las funcionalidades de los aplicativos informáticos utilizados en este tipo de estudios.

Referencias Bibliográficas.

ANDE. (2021). Plan Maestro de Transmisión y Plan Maestro de



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

Distribución 2021-2030.

M. S. Gaona. (2015). Relatorio de impacto ambiental - Proyecto construcción de la Subestación.

Marimoto, S. (2020). Informe Nacional sobre desarrollo humano. Energía y desarrollo humano.

Sampieri, C. y. (2010). Metodología de la Investigación, 5 ed. McGraw-Hill.

Evaluación de un sistema de disco parabólico -Stirling -diésel-baterías
para electrificación rural : Un estudio de caso del altiplano
boliviano



D.33. Energía

Evaluación de un sistema de disco parabólico-Stirling-diésel-baterías para electrificación rural: Un estudio de caso del altiplano boliviano

Autor: Jimenez Zabalaga, Pablo;

p.jimenez@umss.edu.bo

Profesor/a guía: Balderrama, Sergio;

sbalderrama@doct.uliege.be; Cardozo, Evelyn; evelyncardozo.r@fcyt.umss.edu.bo

Universidad Mayor de San Simón,

Cochabamba, Bolivia

Resumen

En las últimas décadas, la creciente demanda de energía, la variabilidad de los precios de combustibles fósiles, el agotamiento del petróleo y las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero han incentivado la integración de demanda, almacenamiento y fuentes renovables y convencionales de generación energética a través de microredes. En este artículo, se propone y evalúa una microred híbrida de disco solar parabólico, motor Stirling, generador diésel y baterías. Referido a estos componentes, el sistema disco solar-motor Stirling (PSDS) funge como fuente de generación eléctrica principal, mientras que el generador diésel y las baterías proporcionan respaldo cuando la fuente principal no está disponible. De esta forma, la novedad del estudio se basa en una comparación entre el sistema mencionado y microredes aisladas convencionales, como

son los sistemas diésel-baterías y FV-diésel-baterías, para ello se hace uso de un simulador de código abierto para microredes y se realiza un estudio de caso hipotético para electrificación rural en la comunidad de 100 hogares de Pojo Pata, Bolivia. Los resultados indicaron que la microred propuesta es muy competitiva, a pesar que el sistema FV-diésel-baterías posea un costo nivelado de energía (LCOE) y costos operativos ligeramente más bajos. Puesto que, el sistema PSDS representa un total de 16% y 21% de ahorros en términos de LCOE y costos operativos en comparación con el sistema común diésel-baterías. Asimismo, se evalúan dos estrategias de control para la microred PSDS (Optimización y reglas fijas). Así, el controlador basado en optimización (MPC) alcanzó cerca al 4% de ahorros totales operativos en comparación al controlador tradicional basado en reglas fijas.

Palabras clave: Disco solar parabólico, Generador diésel, Baterías.

1. Introducción

El papel de la electricidad es fundamental para el desarrollo económico y social de una comunidad, ya que se ha convertido en un bien fundamental para las actividades humanas cotidianas. Un aumento en la tasa de acceso a la electricidad aumenta las oportunidades de desarrollo industrial y mejora la calidad de los



servicios de salud y educación (Banco Mundial, 2021). En este contexto, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha establecido el acceso a energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos como un objetivo de desarrollo sostenible para su agenda 2030 (Nerini et al., 2018). Para lograr este objetivo, los países en desarrollo están realizando grandes esfuerzos que incluyen la transición de la generación centralizada tradicional hacia la introducción de una gran cantidad de recursos de energía renovable distribuidos (DER). Estos sistemas pueden reducir las pérdidas a lo largo de las líneas de transmisión y distribución cuando se conectan a líneas de distribución de baja tensión (Colombo et al., 2013). Además, la modularidad de estos sistemas presenta una mejor alternativa para cubrir los requerimientos de electricidad en lugares remotos donde el suministro es tecnológico o financieramente desafiante por las largas distancias de las líneas eléctricas, la topología o los cortes frecuentes debido a condiciones climáticas severas (Chowdhury et al., 2009; El Bassam, 2001). Por el contrario, los sistemas antes mencionados también enfrentan problemas, incluidos los costos de fabricación, la lenta sustitución de los sistemas energéticos actuales y la falta de políticas adecuadas de comercialización e implementación (Chu & Majumdar, 2012). Relacionado con los desafíos técnicos, la integración de diferentes

tipos de tecnologías introduce un grado de complejidad, generalmente en cuestiones de operación y control de estos sistemas (Rekioua, 2019).

La población rural boliviana está dispersa, y así, la red eléctrica principal no siempre se extiende a todas las áreas pobladas, las cuales llegan a ser principalmente dependientes de los combustibles fósiles como sus principales fuentes de energía para la generación de electricidad actualmente (Fernandez et al., 2020). Según la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), la capacidad instalada de generación eléctrica en el país era de 3,71 GW para el año 2020, de los cuales el 72% proviene de centrales termoeléctricas, 20% de centrales hidroeléctricas y 8% de otras fuentes renovables como energía eólica y sistemas fotovoltaicos. Por su parte, el diésel, la gasolina y otros derivados son combustibles importados y provistos a precios subsidiados en el país (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013). De este modo, el gobierno boliviano ha estado impulsando proyectos para llevar a cabo una transición del mix energético actual hacia la generación distribuida, con el objetivo de alcanzar un 22% de uso de combustibles fósiles, un 74% de hidroeléctrica y un 4% de otro tipo de fuentes renovables para el año 2025 (Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear, 2020). Sin embargo, el país tiene un alto potencial



solar debido a su posición cercana a la línea ecuatorial y su gran altitud con respecto al nivel del mar, alcanzando un nivel de irradiación promedio que supera el valor promedio global (Fernandez et al., 2020). Prácticamente el 97% del territorio nacional es apto para utilizar la energía solar como fuente primaria, el 3% restante ha sido identificado como áreas de nubosidad densa, ubicadas al este de la región de los Andes (Fernandez, 2012). Según el Atlas Solar de Bolivia, la irradiación global horizontal diaria en las tierras bajas del país (Santa Cruz, Beni, Pando y norte de La Paz) alcanza un máximo de 5.1 kWh/m²/día, mientras que en la región de los valles (Cochabamba, Chuquisaca y Tarija) este valor varía de 5.1 a 6.7 kWh/m²/día y en la zona del altiplano (La Paz, Oruro y Potosí) el potencial de energía solar puede fluctuar entre 6.7 a 9.5 kWh/m²/día (Lucano & Fuentes, 2010).

Al presente, las tecnologías que aprovechan la energía solar para suministrar energía eléctrica podrían dividirse en dos grandes categorías: Energía fotovoltaica (FV) y energía solar de concentración (CSP). Los módulos fotovoltaicos transforman la radiación solar directamente en electricidad. No obstante, los módulos de silicio típicos disponibles comercialmente poseen una eficiencia en el rango de 15 a 20% (Everett et al., 2021). Por

otro lado, los sistemas CSP usan espejos para concentrar la luz solar y producir calor a alta temperatura para luego generar electricidad. Hay cuatro tipos de tecnologías CSP comerciales: Reflector fresnel lineal (LFR), colector cilindro-parabólico (PTC), torre central solar (SCT) y disco solar parabólico (PSD) (Fernández et al., 2019). En relación con los dos primeros tipos, la luz solar se concentra en un receptor lineal, que suele ser un tubo dentro de un recipiente de vidrio para aislarlo del ambiente y alcanza temperaturas de alrededor de 400 °C (Twidell & Weir, 2015). Además, la eficiencia solar-eléctrica de estas tecnologías se encuentran entre el 8% y el 18%, las cuales están altamente relacionadas con la densidad de energía debido a la concentración y características geométricas (Relación de concentración) (Van Sark & Corona, 2020). Para el resto de tipos de PSDS (SCT y PSD), la luz solar se concentra en un receptor puntual, que alcanza temperaturas en torno a los 800 °C (PSD) y 600 1200 °C (SCT) (Islam et al., 2018). Además, su eficiencia solar-eléctrica varían del 20% al 30%, lo que incluye todos los componentes del sistema, como la turbina de vapor o el motor Stirling (Van Sark & Corona, 2020). De esta forma, los sistemas de disco solar parabólico-motor Stirling (PSDS) han sido considerados como los sistemas más eficientes utilizados para convertir la energía solar en electricidad entre todas las tecnologías solares (29.4% de eficiencia)



(Punnathanam & Kotecha, 2016). Asimismo, el motor Stirling ha sido analizado a través de los años y ha sido considerado como una tecnología prometedora para la electrificación remota debido a su versatilidad de combustibles, mecanismo simple, bajo nivel de ruido, bajo impacto ambiental, alta eficiencia teórica y fácil mantenimiento (Arashnia et al., 2015; Bachelier, 2009).

2. Revisión bibliográfica

Las microredes son redes eléctricas de pequeña escala compuestas por diferentes generadores que aprovechan tecnologías tanto renovables como de combustibles fósiles junto con sistemas de almacenamiento y consumo flexible. La operación de este tipo de sistemas se realiza localmente y su distribución no suele estar regulada (Balderrama et al., 2020). Por lo tanto, su sistema de gestión de energía (EMS) proporciona la clave para garantizar una operación económica y segura a través de la aplicación de un enfoque de control. Una gran cantidad de estudios de microredes se han centrado en la generación de electricidad en áreas rurales remotas (Mandelli et al., 2016; Munthe, 2009; Muralikrishna & Lakshminarayana, 2008).

Aunque los sistemas PSDS son adecuados para la hibridación (Guo et al., 2018), pocos trabajos de investigación han abordado su

integración con otras tecnologías. Además, no se ha encontrado literatura que evalúe la implementación de una microred aislada de PSDS con grupo electrógeno a diésel y baterías, ya que la mayoría de los estudios se han centrado en el modelado y simulación de sistemas de energía híbridos que incluyen un disco solar parabólico y una turbina eólica (TE). Shariatpanah et al. (2013) introdujeron una nueva configuración de microred híbrida conectada, que estaba compuesta por un sistema PSDS y una pequeña turbina eólica. Los resultados de este estudio indicaron que la configuración proporcionó un alto rendimiento en comparación con otras microredes, evaluando a su vez el modelado de los componentes eléctricos, controladores y cargas en Simulink para verificar la estabilidad del voltaje. Rahman et al. (2017), analizaron el control automático de generación de un sistema PSDS-TE mediante la evaluación de la tasa de generación y la restricción de banda muerta del regulador de velocidad. Shboul et al. (2021) realizaron un análisis técnico-económico de un nuevo sistema PSDS-TE y compararon esta configuración con el sistema FV-TE tradicional para la generación de energía. El artículo establecía que el sistema era muy competitivo con un LCOE entre 0,13 y 0,15 USD/kWh, y un costo horario aproximado de 4 USD/h. Otro estudio realizado por Kadri y Hadj Abdallah (2016), presentó un análisis de rendimiento relacionado con un sistema



aislado de PSDS-baterías ubicado en las costas de Túnez. El mencionado trabajo evaluó la microred a través de varias condiciones de radiación solar durante el año y mostró que el EMS propuesto era muy eficiente y permitía un equilibrio entre los subsistemas de generación solar y batería debido a la estabilidad de la tensión del bus de CC con respecto a su valor de referencia.

3. Objetivo

Como resultado de la revisión de la literatura más reciente, se demostró que existe un vacío de conocimiento en la investigación de microredes que incluyan a un sistema PSDS como parte de su configuración. Además, la mayoría de los artículos evaluaron configuraciones PSDS comerciales a gran escala y casi no se prestó atención a los sistemas PSDS independientes a pequeña escala (Lashari et al., 2021). El presente estudio tiene como objetivo general evaluar el desempeño de un sistema híbrido de generación eléctrica conformado por disco parabólico solar, motor Stirling, grupo electrógeno a diésel y banco de baterías, en comparación, en comparación con una microred fotovoltaica-diésel-baterías y un sistema diésel-baterías, ya que estas son soluciones comunes para la generación de energía en áreas rurales. De esta forma, se pretende llenar este vacío de conocimiento y adoptar un enfoque

integral en la evaluación de la nueva microred propuesta.

3.1. Objetivos específicos

- Realizar una optimización económica para encontrar las configuraciones de menor costo por parte de los sistemas PSDS-diésel-baterías, FV-diésel-baterías y Diésel-baterías.
- Modelar matemáticamente los componentes de las configuraciones de microredes que reflejen el funcionamiento de las mismas.
- Modelar una estrategia tradicional y otra optimizada para el mando y control de la microred principal estudiada que permitan alcanzar un funcionamiento estable y económico.
- Evaluar la integración de los sistemas completos en base a datos dinámicos de temperatura, radiación solar y demanda eléctrica.

4. Métodos

La metodología presentada puede dividirse en tres partes importantes: Optimización de las microredes híbridas, modelamiento y simulación de los sistemas completos y evaluación final de desempeño. Así, se presentó un caso de estudio y se tuvo en cuenta la carga eléctrica de una comunidad rural de Bolivia denominada Pojo Pata. Además, la finalización del trabajo condujo a evaluar dos estrategias de despacho (algoritmos MPC y basado en reglas fijas) para el sistema híbrido estudiado. Debido a la complejidad de las microredes híbridas, se

seleccionaron dos softwares, uno para dimensionamiento (HOMER) y otro para simulación de microredes (MicrogridRLsimulator).

El artículo ha propuesto una metodología que parte de una optimización económica. A continuación, se realizó un modelamiento de los diferentes componentes utilizando las ecuaciones matemáticas definidas en MicrogridRLsimulator y agregando el modelado del sistema PSDS, que incluye los fenómenos ópticos y de transferencia de calor relacionados con su funcionamiento. Posteriormente se realizaron dos simulaciones de los sistemas, una durante el peor día en radiación solar y otra durante todo un año. Finalmente, la evaluación del desempeño se ejecutó considerando el costo nivelado de energía (LCOE) y el costo total de operación de las diferentes configuraciones de microredes y estrategias de control. Por lo tanto, la metodología y el enfoque general del presente estudio se presentan en la Figura 1.

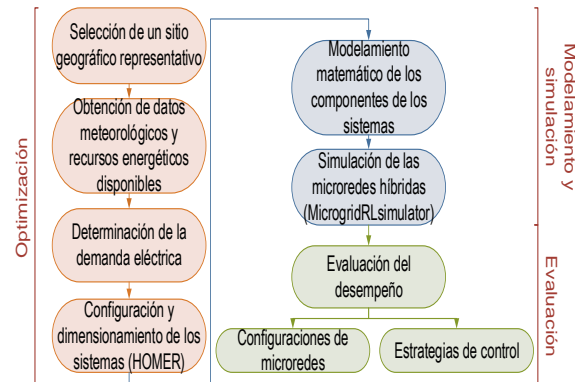


Figura 1. Métodos y enfoque general de la evaluación de los sistemas.

5. Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados del trabajo. En la primera parte, se evalúan los datos más importantes para realizar el caso de estudio mencionado. Posteriormente, se analizan los resultados de la optimización y, por último, se describe el análisis de la simulación de microredes.

5.1. Caso de estudio

Las siguientes secciones presentan una descripción detallada de los datos meteorológicos, la demanda eléctrica, los componentes y sus respectivos costos relacionados con un sistema aislado PSDS-diésel-baterías.

5.1.1. Selección del sitio geográfico

Según el último Censo de Población y Vivienda de Bolivia realizado en 2012, los departamentos con menor tasa de electrificación fueron Chuquisaca (69%), Potosí (71%) y Pando (72%), donde se concentraron la mayor parte de esos porcentajes en las áreas rurales (Instituto

Nacional de Estadística [INE], 2012). La brecha entre el acceso a la electricidad urbana y rural es mayor como consecuencia de las pérdidas en la transmisión y distribución, lo que afecta el costo de la extensión de la red eléctrica (Branisa et al., 2016). En consecuencia, se seleccionó la comunidad ubicada que tenía el mayor número de hogares sin acceso a energía eléctrica de Potosí. Así, el pueblo elegido fue Pojo Pata con una tasa de electrificación de menos del 5% del total de hogares, dependiendo casi la total de la generación del uso de pequeños generadores diésel (INE, 2012).

5.1.1.1. Características geográficas y demográficas

Pojo Pata se encuentra en el departamento de Potosí, a 42 kilómetros al norte de su capital (19.197, 65.744). Su altitud media sobre el nivel del mar es de 3532 m, lo que propicia un clima caracterizado por bajas temperaturas (VYMaps, 2021). Teniendo como principal actividad económica a la agricultura y una población de 451 habitantes y 100 viviendas que se estimaron para el año 2021 (Instituto Nacional de Estadística, 2012).

5.1.2. Características climatológicas

Esta comunidad tiene una radiación solar promedio anual elevada debido a su ubicación en el Altiplano, que es una región de tierras altas en Bolivia. De esta forma,

tiene una radiación solar normal directa (DNI) estimada de 6.85 kWh/m²/día, con variaciones entre 5.47 kWh/m²/día en invierno y 8.18 kWh/m²/día en verano (Gelaro et al., 2017; Pfenninger & Staffell, 2016). La Figura 2 presenta la radiación solar normal directa promedio mensual de esta comunidad.

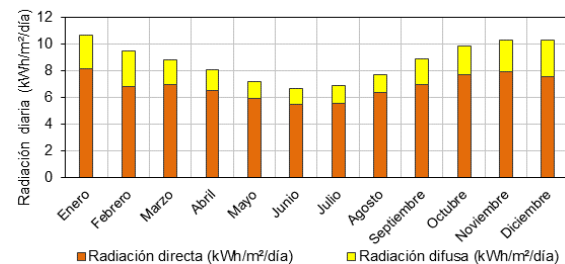


Figura 2. Irradiación media diaria solar en la comunidad de Pojo Pata.

El clima seco y frío de esta comunidad es consecuencia de la escasa precipitación fluvial y de la presencia de la cordillera de los Andes en la parte oriental, que actúa como barrera al flujo de aire húmedo proveniente del Océano Atlántico y la cuenca del Amazonas (Andressen et al., 2007). La temperatura promedio anual es 13.3 °C, y las temperaturas extremas están entre 10.1 °C y 15.3 °C, en las estaciones fría y cálida respectivamente, como se indica en la Figura 3.

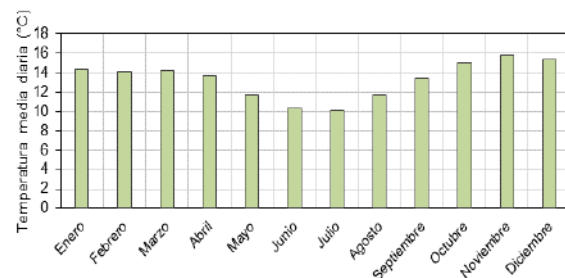


Figura 3. Temperatura promedio diaria en Pojo Pata.

5.1.3. Consumo de energía eléctrica

La demanda eléctrica de Pojo Pata se basa en un estudio previo a una comunidad de similares características, ubicada en la zona del Altiplano y realizado por Fernández et al. (M. Fernández et al., 2021). Esta base de datos contempla comunidades integradas por habitantes de bajos y altos recursos, una escuela, un centro de salud, alumbrado público y una iglesia. Los perfiles de carga diarios generados se proporcionan en la Figura 4.

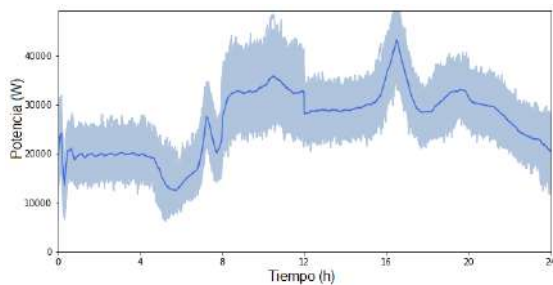
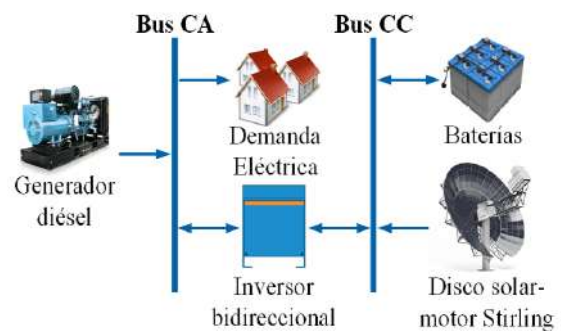


Figura 4. Perfil de carga diaria promedio mensual en Pojo Pata.

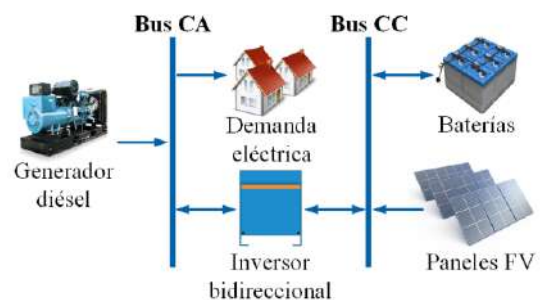
5.1.4. Configuraciones

La arquitectura de todos los sistemas se basó en un bus de corriente alterna (CA) centralizado debido a que esta configuración permite el desarrollo de sistemas modulares y adaptables a cambios potenciales en la demanda. Estos sistemas también se consideran robustos y más fáciles de operar (Reddy et al., 2012). Además, la arquitectura del bus CA permite una interconexión más fácil con una red eléctrica cuando se requiere (Palizban & Mekhilef, 2012). Relacionado con las

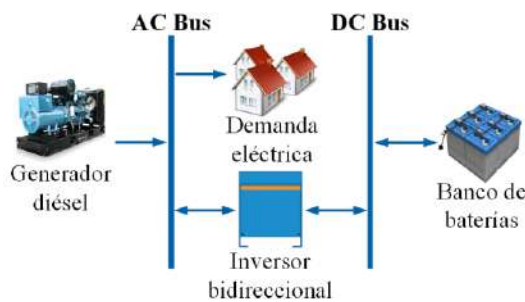
diferentes micredes, los sistemas de diésel-baterías son la configuración más común de sistemas aislados en Bolivia (Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear, 2020). Además, debido a la preocupación relacionada con el subsidio al diésel, el gobierno boliviano ha estado impulsando proyectos para la hibridación de estas plantas remotas utilizando paneles fotovoltaicos (sistemas FV-diésel-baterías). De esta forma, las micredes de Cobija y El Espino son ejemplos de esta tendencia (ENDE Guaracachi, 2018; Ministerio de Comunicación de Bolivia, 2018). Las configuraciones de los sistemas PSDS-diésel-baterías, FV-diésel-baterías y diésel-baterías se muestran en la Figura 5.



(a) Sistema PSDS-diésel-baterías



(b) Sistema FV-diésel-baterías



(c) Sistema diésel-baterías

Figura 5. Configuración general de las microredes.

5.1.5. Datos tecno-económicos

En esta sección se expresan las especificaciones de los diversos componentes y sus costos relacionados. Además, se realizó una extensa revisión bibliográfica con el fin de adquirir datos sobre los costos locales de los equipos utilizados.

5.1.5.1. Paneles fotovoltaicos

Las características técnicas del módulo fotovoltaico que constituyó el arreglo fotovoltaico se basaron en un panel de 320 Wp (TRINA SOLAR, 2016). Asimismo, no se consideró un sistema de seguimiento. Los ángulos de inclinación y azimut se seleccionaron para maximizar la generación de electricidad anual y terminaron en 19.197° (latitud del sitio) y 180° (módulo mirando hacia el norte geográfico), respectivamente (Balfour et al., 2011). La reflectancia del suelo se consideró como suelo húmedo (Birhuett García, 2016) y el factor de reducción fue del 88 %, que era el valor predeterminado definido en HOMER.

Este último factor considera diferentes tipos de pérdidas en los módulos fotovoltaicos, como el envejecimiento, el sombreado, la suciedad y las pérdidas de cableado (HOMER Energy LCC, 2021). El costo de inversión y costo de reemplazo del panel fotovoltaico mencionado fueron 747 y 344 USD, respectivamente (ENERSOL S.A., 2021). Además, los precios relacionados con el envío, la instalación y un inversor solar se incluyeron en el costo de inversión mencionado. Finalmente, se asumió que el costo de operación y mantenimiento (O&M) del módulo fotovoltaico de 320 W eran de 18 USD/año.

5.1.5.2. Banco de baterías

Las principales características de cada batería fueron: Una batería VRLA gel de 12 V con una capacidad nominal de 200 Ah y un tiempo de vida de 690 ciclos (Shenzhen Center Power Tech, 2014). Debido al voltaje de 24 V relacionado con el bus de CC, las baterías se configuraron en serie de dos baterías por cadena. Además, la profundidad de descarga (DOD) de la batería se tomó en un 80%, debido a que el fabricante especificó que este tipo de batería ofrece una mejor durabilidad de ciclo profundo y una mayor vida útil que las baterías AGM (Shenzhen Center Power Tech, 2014). El costo de inversión y costo de reemplazo por cada batería fue de 793 y 703 USD, respectivamente y se estableció un valor de 14 USD/año (2% del costo de adquisición) como costo de O&M (Hernández Arrondo, 2012).



5.1.5.3. Inversor

Como consecuencia de los buses de CC y CA existentes en el sistema, un inversor bidireccional, que tiene la función de rectificador e inversor, realizó el acondicionamiento del sistema y se basó en el modelo Victron MultiPlus Inverter (Victron Energy, 2014). Se supuso que la vida útil del equipo era de 15 años, según el valor predeterminado del software (HOMER Energy LCC, 2021a) y la eficiencia del inversor y el rectificador se tomaron como 94% y 98%, según la hoja de datos del fabricante (Victronenergy, n.d.). Los costos de inversión y de reemplazo del convertidor se definieron en 1,764 y 1,604 USD, respectivamente. Finalmente, el costo de O&M se estableció en 160.4 USD/año (1% del costo de adquisición) (Hernández Arrondo, 2012).

5.1.5.4. Generador diésel

Se establecieron que los costos de inversión, reemplazo y O&M del generador diésel fueron de 925 USD/kW, 804 USD/kW y 0.0124 USD/kW/año, respectivamente. La relación de carga mínima se tomó como el 30% de la potencia nominal y las horas de funcionamiento del generador se consideraron como 20.000 (Finning International Inc., 2017). Además, se especificó el combustible diésel con un precio de 1.30 USD/L y las propiedades predeterminadas de ese combustible en la

biblioteca del programa de optimización (poder calorífico inferior de 43.20 MJ/kg y densidad de 820 kg/m³) (HOMER Energy LCC, 2021b).

5.1.5.5. Sistema disco solar-motor Stirling (PSDS)

Según Shboul et al. (2021), un sistema PSDS tiene un costo de inversión de alrededor de 2,861.5 USD/kW, un costo de reposición de 2,271 USD/kW y un costo de operación y mantenimiento de 57.6 USD/kW/año. En relación a la expectativa de vida del sistema, el fabricante expresa que tiene una vida útil de alrededor de 30 años (Gavilán Conde, 2011). El resto de parámetros del mencionado sistema se basaron en las características técnicas del sistema Eurodish, que es una planta piloto ubicada en España y compuesta por un motor SOLO Stirling V161 con una potencia eléctrica máxima de 10 kW (Babikir et al., 2020).

5.1.5.6. Otros parámetros

La vida útil del proyecto se tomó como 20 años, la tasa de descuento nominal se seleccionó como 10.10% (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013), la tasa de inflación esperada se expresó en 3.12% (Banco Central de Bolivia, 2021) y se estableció que el porcentaje no cubierto de la demanda eléctrica anual era del 0%.

5.1.6. Modelo matemático

En esta sección se proporciona una descripción detallada de la microred estudiada. El sistema de gestión de energía (EMS) es



responsable de la interacción y la programación de los componentes controlables. Así, el sistema se compone de los siguientes componentes:

5.1.6.1. Consumo

En este trabajo, la demanda eléctrica de una comunidad rural boliviana (C^c) fue considerada no flexible, debido a un alto costo asociado a la energía no cubierta. De esta forma, la demanda en cada paso de tiempo t provino de la distribución P_t^C (Totaro et al., 2021).

5.1.6.2. Sistema disco solar-motor Stirling (PSDS)

El sistema PSDS incorpora tres componentes principales: disco concentrador parabólico, receptor solar y motor Stirling acoplado a un generador eléctrico. La radiación normal directa (DNI) es recolectada y reflejada por el disco parabólico en el receptor, que está diseñado para transferir la energía solar absorbida al fluido de trabajo en el motor Stirling, el cual luego convierte la energía térmica absorbida en potencia mecánica. Finalmente, el movimiento giratorio se utiliza para girar un generador eléctrico y generar electricidad.

5.1.6.2.1. Modelo opto-geométrico

El factor de intercepción (ϕ_{fi}), que es la fracción de energía que entra en la cavidad receptora y se calcula mediante la siguiente relación (Bensafi et al., 2010),

$$\phi_{fi} = 1 - e^{-\frac{1}{2 \cdot C \cdot \sigma_f^2}} \quad (1)$$

De esta forma, la energía perdida fuera del área de apertura de la cavidad se deduce del factor de intercepción. Mientras ϕ_{fi} denota el error de la distribución del flujo de calor en el plano focal, C es el factor de concentración definido como $C = A_{con}/A_{ap}$, donde A_{con} es la superficie reflectante proyectada del concentrador del disco parabólico y A_{ap} es la superficie de apertura de la cavidad receptora.

5.1.6.2.2. Modelo de análisis térmico

La potencia térmica recibida por la superficie de apertura de la cavidad receptora viene dada por la siguiente ecuación (Ruelas et al., 2013),

$$\dot{Q}_{rec} = I \cdot A_{con} \cdot \eta_{op} \cdot \phi_{fi} \quad (2)$$

Donde η_{op} es la eficiencia óptica del concentrador de disco parabólico que se define como el producto del coeficiente de absorción, emisividad y transmisividad del concentrador, I es la irradiación normal directa. La potencia térmica de entrada al motor Stirling (\dot{Q}_u) se calcula restando las pérdidas térmicas del receptor de la potencia interceptada por el receptor, como se ejemplifica en la siguiente ecuación (Rekioua, 2019),

$$\dot{Q}_u = \dot{Q}_{rec} - \dot{Q}_{rad,ref} - (\dot{Q}_{cond} + \dot{Q}_{conv} + \dot{Q}_{rad,emit}) \quad (3)$$

Donde los términos incluyen la radiación reflejada ($\dot{Q}_{rad,ref}$), las pérdidas por radiación

emitida ($\dot{Q}_{rad,emit}$), las pérdidas totales por convección (\dot{Q}_{conv}), que incluye tanto la convección natural como la forzada, y las pérdidas por conducción (\dot{Q}_{cond}).

5.1.6.2.3. Modelo de motor Stirling

El rendimiento del motor Stirling podría evaluarse a través del número de Beale, que se basa en estudios experimentales de numerosos motores Stirling y estima la potencia de salida de los mismos, que se muestra en la Ecuación 4 (Walker, 1979, 1980).

$$P_{gross} = B \cdot P_m \cdot V_{sw} \cdot f \quad (4)$$

Aquí P_{gross} es la potencia de salida bruta del motor, B es el número de Beale, P_m es la presión media del motor, V_{sw} es el volumen de barrido del motor y f es la frecuencia del motor. El número de Beale es un parámetro que caracteriza el rendimiento del motor Stirling y se encuentra en el rango de 0.11 a 0.15 para motores que funcionan con un diferencial de alta temperatura (Fraser, 2008). Por otro lado, la potencia neta del sistema (P^{net}) se obtiene restando la potencia parásita de los motores de seguimiento, el sistema de control, la bomba y el ventilador del valor bruto de salida. Estas pérdidas parásitas alcanzan un valor medio de 350 W durante el funcionamiento del sistema PSDS y un valor de 10 W cuando el motor está apagado como consecuencia de la alimentación

ininterrumpida que debe tener el sistema de control (Gavilán Conde, 2011).

5.1.6.3. Generador diésel

El generador diésel opera a un nivel de salida de p^{gen}_t que oscila entre la mínima generación estable $\underline{p^{gen}}$ y la máxima capacidad $\overline{p^{gen}}$ tal que:

$$\underline{p^{gen}} \leq p^{gen}_t \leq \overline{p^{gen}} \quad (5)$$

El consumo de combustible F_t relacionado con el funcionamiento del generador en el momento t es función de la potencia de salida p^{gen}_t con los parámetros F_1 , F_2 proporcionados por el fabricante.

$$F_t = \begin{cases} F_1 + F_2 \cdot p^{gen}_t, & \text{si } p^{gen}_t > 0 \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases} \quad (6)$$

El costo total del uso combustible (c^{fuel}_t) para el precio de diésel (π^{fuel}) está dado por:

$$c^{fuel}_t = F_t \cdot \pi^{fuel} \quad (7)$$

5.1.6.4. Banco de baterías

El banco de baterías se basa en un modelo de tanque lineal. Por lo tanto, la dinámica de una batería viene dada por las siguientes expresiones (Totaro et al., 2021):

$$SOC_{t+1} = SOC_t + \Delta_t \cdot (\eta^{ch} p^{ch}_t - \frac{p^{dis}_t}{\eta^{dis}}) \quad (8)$$

$$SOC_t, p^{ch}_t, p^{dis}_t \geq 0 \quad (9)$$

$$P^{ch}_t \leq \bar{P} \quad (10)$$

$$P^{dis}_t \leq \underline{P} \quad (11)$$

$$SOC_t \leq \bar{S} \quad (12)$$

$$\bar{S} = s(n_t) \quad (13)$$

Donde SOC_t representa el estado de carga en cada paso de tiempo t , P^{ch} y P^{dis} denotan la potencia de carga y descarga, respectivamente. Además, \bar{P} y \underline{P} son las tasas máximas de carga y descarga, \bar{S} es la capacidad máxima de la batería, η^{ch} y η^{dis} son las eficiencias de carga y descarga y n_t el número de ciclos.

5.1.6.5. Balance energético

En cada paso de tiempo t , el balance de energía se define como (Totaro et al., 2021):

$$P^{net}_t + P^{dis}_t + P^{shed}_t = P^{ch}_t + P^{curt}_t + C_t \quad (14)$$

5.1.7. Estrategias de control

En este documento, se han implementado dos enfoques de control diferentes para la operación de microrredes con fines comparativos: Control basado en reglas fijas y control basado en optimización.

5.1.7.1. Controlador basado en reglas fijas

La estrategia de control basada en reglas fijas es simple e implementa un conjunto de reglas que se consideran en cada paso de tiempo utilizando datos sobre el estado actual del sistema. El principio básico del controlador es utilizar la generación

renovable para abastecer la demanda de energía eléctrica (Totaro et al., 2021). Así, la generación residual (ΔP_t) se define como la resta entre la energía producida a partir de recursos renovables (P_{res}) y la demanda de energía (C_t). Así, si hay un exceso de generación eléctrica ($\Delta P_t > 0$), ésta se utilizará para cargar las baterías. Por el contrario, si el nivel de generación residual es negativo ($\Delta P_t < 0$), las baterías pueden abastecer la demanda. No obstante, previa evaluación, se debe revisar el estado real de carga de las baterías (SOC) y existen ciertos límites de carga (\bar{P}) y tasas de descarga (\underline{P}). Una descripción completa de este algoritmo se presenta en la Figura 6.

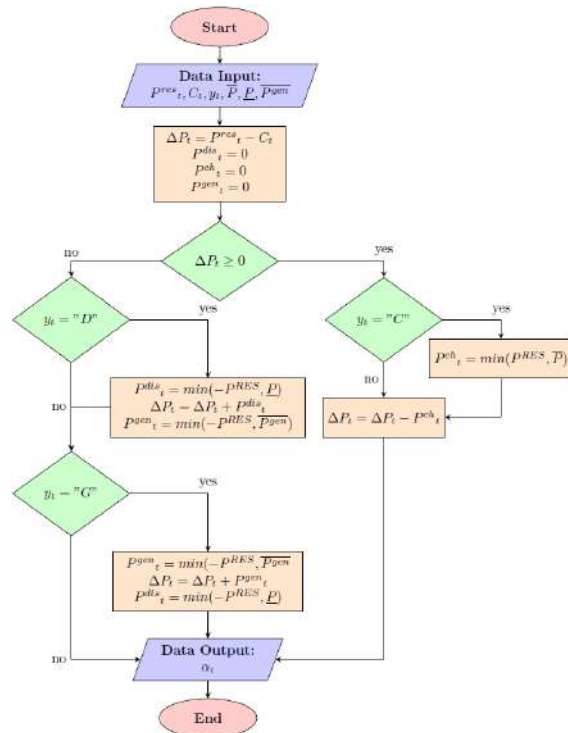


Figura 6. Diagrama de flujo del algoritmo de control basado en reglas fijas.

5.1.7.2. Controlador basado en optimización

Los algoritmos basados en optimización, como el modelo de control predictivo (MPC), no son comunes en las aplicaciones industriales. Permiten aprovechar técnicas de optimización y alcanzar múltiples objetivos de control simultáneamente. Se utiliza un MPC para establecer acciones de control en cada paso de tiempo resolviendo un problema de optimización con N pasos hacia adelante. De esta forma, la función objetivo trata de minimizar la reducción, el corte de la demanda eléctrica y el costo del combustible sujeto a las restricciones de operación que están definidas por un modelo lineal entero mixto (Totaro et al., 2021). El problema de optimización que se resuelve en cada estado actual del sistema se ejemplifica en el diagrama de la Figura 7.

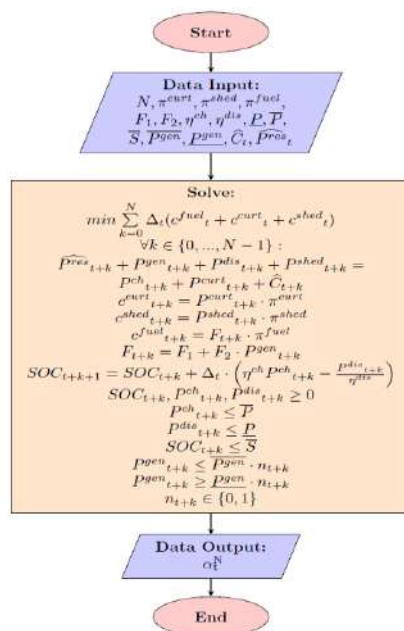


Figura 7. Diagrama de flujo del algoritmo de control basado en optimización (MPC).

5.1.8. Validación

Como mostró la literatura revisada, no existen estudios que reflejen el desempeño real ni simulado de un sistema PSDS-diésel-baterías. No obstante, se realizó una validación de los componentes del sistema de energía híbrido antes de que puedan usarse para estudiar el rendimiento de los sistemas reales.

5.1.8.1. Sistema PSDS

Para validar el modelo presentado, se evaluaron los datos del sistema Eurodish ubicado en Sevilla durante un día completo (1 de noviembre de 2007) en comparación con el modelo desarrollado. Así, el modelo demostró ser considerablemente bueno en comparación con los datos reales, especialmente durante las horas centrales del día. No obstante, la generación de energía real durante la puesta en marcha es superior a la estimada debido a la sobrepresión. Mientras tanto, hubo un apagado manual al final del día por parte del equipo de operación y mantenimiento (Gavilán Conde, 2011). A pesar de estas discrepancias, el modelo de Beale se ajusta sorprendentemente al comportamiento real del sistema con un error absoluto medio (MAE) de 59.17 W y un error porcentual absoluto medio (MAPE) de 0.30%.

5.1.8.2. Otros componentes

Refiriéndose a los módulos fotovoltaicos, almacenamiento de baterías, generador diésel e inversor bidireccional, Totaro et al. realizó una evaluación y validación de una microred

aislada FV-diésel-baterías con base en datos empíricos medidos en la comunidad de El Espino (19.188, 63.560), Bolivia (Totaro et al., 2021).

5.2. Dimensionamiento optimizado de microredes

Los resultados de la optimización expresaron el tamaño de los siguientes componentes de la microred:

1. Configuración 1 (caso PSDS): sistemas PSDS (6 × 10 kW), geenrador diésel (35 kW), inversor bidireccional (40 kW) y banco de baterías de gel VRLA (26 × 2,4 kWh).
2. Configuración 2 (caso FV): paneles fotovoltaicos (204 × 0,32 kW), generador diésel (30 kW), inversor bidireccional (36 kW) y banco de baterías de gel VRLA (40 × 2,4 kWh).
3. Configuración 3 (caso diésel): generador diésel (45 kW), inversor bidireccional (0,43 kW) y baterías de gel VRLA (6 × 2,4 kWh).

5.3. Simulación de microredes

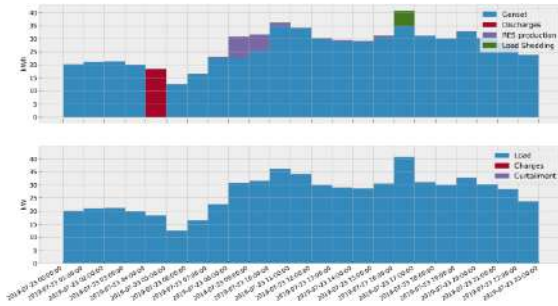
Por el interés de este artículo, se consideró primero simular los sistemas para un día representativo de radiación solar (Día con peor radiación solar) y, luego, para todo un año utilizando el simulador microgridRL (Totaro et al., 2021). Como era de esperar, el día seleccionado (23 de julio) fue un día nublado en la temporada de invierno. De esta forma, se realizó el enfoque de un día para corroborar si los sistemas operan de manera confiable y eficiente. Además, se

completó la simulación de un año para obtener los datos necesarios para el análisis de rendimiento.

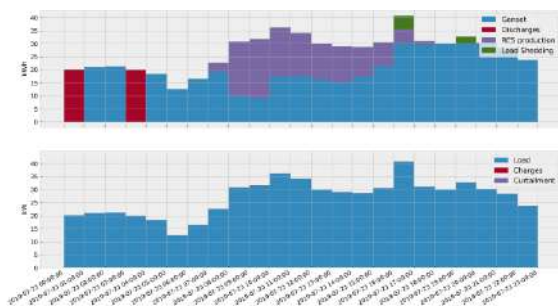
5.3.1. Análisis de las configuraciones de microredes durante un día solar representativo

El 23 de julio, como se muestra en la Figura 8, la generación eléctrica por tecnologías solares ocurrió de 07:00 am a 06:00 pm. Sin embargo, la producción de RES del sistema PSDS batería diésel (caso PSDS) (Figura 8a) era más bajo que los paneles fotovoltaicos (caso FV) (Figura 8b) como consecuencia del menor valor de DNI durante un día nublado. Por otro lado, alrededor de las 16:00 horas se produjo un corte de carga de una hora y tuvo el mismo valor para ambos sistemas mencionados, el cual fue fácilmente cubierto por el sistema compuesto por un grupo diésel y un banco de baterías (caso diésel) (Figura 8c). Por otra parte, el caso FV registró otro corte de demanda a las 19:00 horas, menor que el anterior. En cuanto al banco de baterías, el caso diésel no requirió utilizarlo, por el contrario, el sistema pudo recargar las baterías a las 05:00 am. Mientras que el caso PSDS necesitó un proceso de descarga a las 04:00 am durante una hora y el caso FV requirió dos descargas de las baterías (A las 00:00 y a las 04:00). En resumen, los resultados de esta simulación diaria mostraron que todas las microredes funcionaron correctamente, pero el caso PSDS y el caso FV no pudieron cubrir la

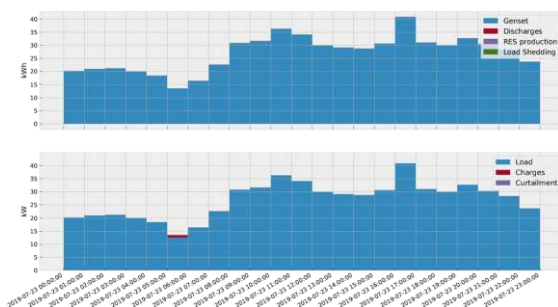
demanda de electricidad una y dos veces durante el día, respectivamente. No obstante, todos los componentes funcionaron coordinadamente para alcanzar la demanda requerida.



(a) Configuración 1 – Caso PSDS



(b) Configuración 2 – Caso FV



(c) Configuración 3 – Caso diésel

Figura 8. Potencia generada de las diferentes microredes el día 23 de julio en Pojo Pata.

5.3.2. Análisis de las configuraciones de las microredes durante un año

El caso PSDS logró reducir en un 16% (0.446 USD/kWh) el costo nivelado de

energía (LCOE) en comparación con el caso diésel (0.531 USD/kWh). Sin embargo, el caso de FV representó la solución LCOE más baja (0.426 USD/kWh) de las tres configuraciones. En cuanto a los rendimientos acumulados, el caso FV también representó una mejor alternativa con 56,940 USD. El caso PSDS y el caso diésel alcanzaron los 88,796 y 112,271 USD, respectivamente. Adicionalmente, el sistema PSDS, que, para una capacidad instalada total de 60 kW, logró generar 151,023 kWh y alcanzó una eficiencia solar a eléctrica promedio de 22.3%. Por el contrario, el conjunto fotovoltaico de 65.28 kWh generó 128,249 kWh durante todo el año con una eficiencia solar a eléctrica media del 14.9%.

A partir de los resultados anteriores, se ve claramente que el uso del sistema PSDS puede reducir el LCOE y los costos operativos en comparación con el uso exclusivo de un generador diésel como fuente principal en una microred. Sin embargo, el motor Stirling tiene un inconveniente principal relacionado con sus costes de fabricación que duplican el precio de un motor diésel (Taki et al., 2021). Este hecho ha llevado a que los paneles FV sigan siendo la mejor opción para los sistemas de energía solar, incluso si el sitio, como el caso de Pojo Pata, tiene un excelente potencial solar (2819 kWh/m²/año), que es 1.5 veces mayor que el potencial recomendado por la literatura y proyectos experimentales implementados utilizando discos solares (Crespo, 2021; Thiam

et al., 2017). Además, la fabricación local y la disponibilidad de la tecnología podrían reducir los precios, ya que algunos trabajos han informado que los valores de LCOE varían de 0.13 USD/kWh en Pakistán (Lashari et al., 2021), 0.26 USD/kWh en China (Zayed et al., 2020), 0.83 USD/kWh en Malasia (Bataineh & Taamneh, 2017) y 0.24 USD/kWh en Argelia (Abbas et al., 2011). Por lo tanto, la viabilidad de los sistemas de generación de PSDS también dependerá de los costos de la tecnología, los costos del proyecto y el alcance del apoyo financiero impulsado por el gobierno (Stökler et al., 2016).

5.3.3. Análisis de las estrategias de control durante un día solar representativo

Se comparó un controlador basado en reglas fijas, que normalmente se encuentra en aplicaciones industriales de microrredes, con un controlador de optimización con conocimiento perfecto y 12 períodos de anticipación para el caso PSDS. Así, como es posible observar en la Figura 9, el algoritmo MPC maximiza el uso del generador diésel para cargar las baterías con el exceso de energía (01:00 a.m.–04:00 a.m., 07:00 a.m.–08:00 a.m., 01:00 p.m.–4:00 p.m., 05:00 p.m. –06:00 p.m. y 08:00 p.m.–11:00 p.m.) y descargarlas para cubrir la demanda lo que no conduce a un corte de la demanda durante todo el día en

comparación con el controlador típico basado en reglas fijas que se usa en la Figura 8a. En relación con la producción de RES, ambos controladores se limitaron a las condiciones climáticas de ese día, generando la misma cantidad de energía.



Figura 10. Potencia generada del caso PSDS utilizando un algoritmo MPC (controlador de optimización) el 23 de julio en Pojo Pata.

5.3.4. Análisis de las estrategias de control durante un año

Además de evaluar la efectividad de un sistema PSDS-diésel-baterías en comparación con otras microrredes comunes, otro objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo entre diferentes estrategias de control desde el punto de vista de minimizar los costos operativos. De esta forma, el método MPC (85,022 USD) arroja un ahorro aproximado del 4.25% durante todo un año en comparación con el método basado en reglas (88,796 USD). Los ahorros en costos operativos alcanzados se deben a un mejor control e integración de los diferentes componentes de la microrred como se ha



informado en la sección anterior. Así, se puede observar que el uso de un controlador basado en optimización es capaz de reducir significativamente el costo relacionado con el funcionamiento del sistema. No obstante, los resultados obtenidos se basaron en una previsión perfecta, lo que no ocurre en las aplicaciones reales. Por lo que, convendría evaluar la incorporación de incertidumbres en los modelos de pronóstico, pero esto está fuera del alcance de este artículo.

6. Conclusiones y recomendaciones

En este documento, se presentó un estudio exhaustivo de una nueva microred híbrida remota (sistema PSDS-diésel-baterías). Primero, se presentó una descripción detallada de los datos meteorológicos y tecno-económicos relacionados con la comunidad rural de Pojo Pata con el fin de utilizar esa información como entrada para el software HOMER, lo que llevó a configuraciones tecno-económicamente optimizadas.

Posteriormente, los componentes del sistema fueron modelados usando modelos matemáticos previamente reportados en la literatura. Cada modelo considera factores importantes de la tecnología evaluada como el modelo del sistema disco parabólico-motor Stirling que consideró tres componentes principales que involucran características opto-geométricas y térmicas. Además, se utilizó un software de

código abierto para la simulación de la red eléctrica (Totaro et al., 2021).

Luego, se realizó una comparación entre el sistema mencionado y otras configuraciones comunes de sistemas de energía autónomos. Aunque el sistema aislado PSDS-diésel-baterías no fue tan económico como el sistema FV-diésel-baterías, representó alrededor del 21% de los ahorros operativos en comparación con el sistema diésel-baterías. Además, la diferencia entre los LCOE del caso PSDS y el caso FV fue mínima.

Finalmente, se realizó una evaluación de dos estrategias de control diferentes para el caso PSDS. El controlador optimizado predictivo (MPC) pudo superar al controlador común basado en reglas fijas, ya que alcanzó cerca del 4 % de ahorro. A pesar del alto precio de compra del motor Stirling, el sistema híbrido basado en disco parabólico, motor Stirling, grupo electrógeno diésel y baterías para la comunidad de Pojo Pata representó una mejor opción para implementar en un proyecto de electrificación rural en comparación con un sistema compuesto por generador diésel y baterías. Así, existe una gran oportunidad para que los sistemas basados en motores Stirling beneficien a los usuarios de sistemas de energía distribuida, a medida que esta tecnología madure y se realicen más desarrollos. Asimismo, se requieren políticas para aumentar la atracción financiera y disminuir los costos de inversión de los



sistemas PSDS para tener competitividad en comparación con otras tecnologías de energía solar concentrada. La investigación adicional debe dirigirse a evaluar otras estrategias de control que utilizan inteligencia artificial.

Además, se debe considerar una evaluación del impacto de las incertidumbres en los modelos de pronóstico y un sistema multienergético para generar electricidad y calor para la comunidad.

7. Bibliografía

Abbas, M., Boumeddane, B., Said, N., &

Chikouche, A. (2011). Dish Stirling technology: A 100 MW solar power plant using hydrogen for Algeria. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(7), 4305–4314.

Andressen, R., Monasterio, M., & Terceros, L. F. (2007). Regímenes climáticos del altiplano sur de Bolivia: una región afectada por la desertificación. *Revista Geográfica Venezolana*, 48(1), 11–32.

Arashnia, I., Najafi, G., Ghobadian, B., Yusaf, T., Mamat, R., & Kettner, M. (2015). Development of micro-scale biomass-fuelled CHP system using Stirling Engine. *Energy Procedia*, 75, 1108–1113.

Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear. (2020). *Anuario Estadístico 2020*.

https://sawi.aetn.gob.bo/docfly/app/webroot/uploads/Anuario_AETN_2020-cpelaez-2021-05-12-i.pdf

Babikir, M. H., Chara-Dackou, V. S., Njomo, D., Barka, M., Khayal, M. Y., Legue, D. R. K., & Gram-Shou, J. P. (2020). Simplified modeling and simulation of electricity production from a dish/Stirling system. *International Journal of Photoenergy*, 2020.

Bachelier, A. C. (2009). Stirling engines A technology overview. *Research Paper*, 1–37.

Balderrama, J. G. P., Subieta, S. B., Lombardi, F., Stevanato, N., Sahlberg, A., Howells, M., Colombo, E., & Quoilin, S. (2020). Incorporating high-resolution demand and techno-economic optimization to evaluate micro-grids into the Open Source Spatial Electrification Tool (OnSSET). *Energy for Sustainable Development*, 56, 98–118.

Balfour, J. R., Shaw, M., & Nash, N. B. (2011). *Advanced photovoltaic installations*. Jones & Bartlett Publishers.



- Banco Central de Bolivia. (2021). *Indicadores de Inflación Anual*.
https://www.bcb.gob.bo/?q=indicadores_inflacion
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Evaluación Financiera y Económica del Proyecto Electrificación Rural con Energía Renovable (BO-X1013)*.
- Banco Mundial. (2021). *World Development Report 2021: Data for Better Lives*. The World Bank.
- Bataineh, K., & Taamneh, Y. (2017). Performance analysis of stand-alone solar dish Stirling system for electricity generation. *International Journal of Heat and Technology*, 35(3), 498–508.
- Bensafi, M., Zegnoun, S., & Draoui, B. (2010). *Etude Expérimentale Et Modélisation D'un Concentrateur Parabolique Solaire Dans La Région De Béchar*.
- Birhuett García, E. (2016). *Aprovechamiento de la Energía Solar Entre los Trópicos: Energía Fotovoltaica Para Ingenieros*. ENERGÉTICA.
- Branisa, B., Andersen, L. E., Cardona, M., & Zegarra, N. (2016). L-Luz eléctrica. *INESAD Book Chapters*, 1, 131–137.
- Chowdhury, S., Chowdhury, S. P., Crossley, P., & The Institution of Engineering and Technology. (2009). *Microgrids and Active Distribution Networks*.
- Chu, S., & Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable. *Nature*, 488(7411), 294–303.
- Colombo, E., Bologna, S., & Masera, D. (2013). *Renewable energy for unleashing sustainable development*. Springer.
- Crespo, L. (2021). Chapter 13 - The long-term market potential of concentrating solar power systems. In K. Lovegrove & W. B. T.-C. S. P. T. (Second E. Stein (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Energy* (pp. 477–509). Woodhead Publishing.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819970-1.00004-9>
- El Bassam, N. (2001). Renewable energy for rural communities. *Renewable Energy*, 24(3–4), 401–408.
- ENDE Guaracachi. (2018). *Planta Solar Cobija*.
http://guaracachi.com.bo/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=251
- ENERSOL S.A. (2021). *ENERSOL Tienda*.
<https://tienda.enersol-sa.com/>



- Everett, R., Peake, S., & Warren, J. (2021). *Energy systems and sustainability: Power for a sustainable future* (3rd ed.). Oxford University Press.
- Fernández, A. G., Gomez-Vidal, J., Oro, E., Kruizenga, A., Solé, A., & Cabeza, L. F. (2019). Mainstreaming commercial CSP systems: A technology review. *Renewable Energy*, 140, 152–176.
- Fernandez, M. (2012). Estudio sostiene que la energía solar es factible en el 97% del territorio nacional. *Periódico Digital PIEB*.
http://www.pieb.com.bo/sipieb_notas.php?idn=6499
- Fernández, M., Cardozo, E., Zambrana, J., Peña, G., Balderrama Subieta, S. L., Sánchez, C., Soto, S., & Quoilin, S. (2021). Evaluación del costo de electrificación rural en Bolivia para alcanzar el ODS 7. *Journal Boliviano de Ciencias*.
- Fernandez, M., Fernandez, C., & Rodriguez, G. (2020). *Situación Energética de Bolivia y Desafíos*.
- Finning International Inc. (2017). *Technical Information C1.5 Diesel Generator Set 2017*.
- Fraser, P. (2008). *Stirling Dish System Performance Prediction Model*. University of Wisconsin-Madison.
- Gavilán Conde, J. M. (2011). *Desarrollo de modelo de comportamiento del sistema disco parabólico Eurodish*. Universidad de Sevilla.
- Gelaro, R., McCarty, W., Suárez, M. J., Todling, R., Molod, A., Takacs, L., Randles, C. A., Darmenov, A., Bosilovich, M. G., & Reichle, R. (2017). The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, 30(14), 5419–5454.
- Guo, S., Liu, Q., Sun, J., & Jin, H. (2018). A review on the utilization of hybrid renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 1121–1147.
- Hernández Arrondo, M. (2012). *Análisis de factibilidad de la implantación de sistemas aislados híbridos eólicos-diesel en comunidades rurales remotas de Bolivia. Diseño de un sistema de este tipo en una comunidad boliviana en la que resulte factible*.
- HOMER Energy LCC. (2021a). *Converter*.
<https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/latest/converter.html>
- HOMER Energy LCC. (2021b). *Fuels*.
<https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/latest/fuels.html>



- HOMER Energy LCC. (2021c). *PV Derating Factor*.
https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/latest/pv_derating_factor.html
- Instituto Nacional de Estadística. (2012). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2012*. Bases de Datos.
<https://www.ine.gob.bo/index.php/censos-y-banco-de-datos/censos/>
- Islam, M. T., Huda, N., Abdullah, A. B., & Saidur, R. (2018). A comprehensive review of state-of-the-art concentrating solar power (CSP) technologies: Current status and research trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 987–1018.
- Kadri, Y., & Abdallah, H. H. (2016). Performance evaluation of a stand-alone solar dish Stirling system for power generation suitable for off-grid rural electrification. *Energy Conversion and Management*, 129, 140–156.
- Lashari, A. A., Shaikh, P. H., Leghari, Z. H., Soomro, M. I., Memon, Z. A., & Uqaili, M. A. (2021). The performance prediction and techno-economic analyses of a stand-alone parabolic solar dish/stirling system, for Jamshoro, Pakistan. *Cleaner Engineering Technology*, 2, 100064.
- Lucano, M., & Fuentes, I. (2010). *Atlas de la Distribución Solar en Bolivia*.
- Mandelli, S., Barbieri, J., Mereu, R., & Colombo, E. (2016). Off-grid systems for rural electrification in developing countries: Definitions, classification and a comprehensive literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1621–1646.
- Ministerio de Comunicación de Bolivia. (2018). *Gobierno Lleva Energía eléctrica a Comunidad Guaraní “El Espino”, en el Chaco Cruceño*.
<https://www.comunicacion.gob.bo/?q=20151022/19658>
- Munthe, A. H. (2009). *A Hybrid Renewable Energy System for a Rural Area in Africa*.
- Muralikrishna, M., & Lakshminarayana, V. (2008). Hybrid (solar and wind) energy systems for rural electrification. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(5), 50–58.
- Nerini, F. F., Tomei, J., To, L. S., Bisaga, I., Parikh, P., Black, M., Borrión, A., Spataru, C., Broto, V. C., & Anandarajah, G. (2018). Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. *Nature Energy*, 3(1), 10–15.



- Palizban, O., & Mekhilef, S. (2012). *Hybrid Systems Control: with Renewable Energy Sources*. LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Pfenninger, S., & Staffell, I. (2016). Long-term patterns of European PV output using 30 years of validated hourly reanalysis and satellite data. *Energy*, 114, 1251–1265.
- Punnathanam, V., & Kotecha, P. (2016). Effective multi-objective optimization of Stirling engine systems. *Applied Thermal Engineering*, 108, 261–276.
- Rahman, A., Saikia, L. C., & Sinha, N. (2017). Automatic generation control of an interconnected two-area hybrid thermal system considering dish-stirling solar thermal and wind turbine system. *Renewable Energy*, 105, 41–54.
- Reddy, Y. J., Kumar, Y. V. P., Raju, K. P., & Ramsesh, A. (2012). Retrofitted hybrid power system design with renewable energy sources for buildings. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(4), 2174–2187.
- Rekioua, D. (2019). *Hybrid Renewable Energy Systems: Optimization and Power Management Control*. Springer Nature.
- Ruelas, J., Velázquez, N., & Cerezo, J. (2013). A mathematical model to develop a Scheffler-type solar concentrator coupled with a Stirling engine. *Applied Energy*, 101, 253–260.
- Shariatpanah, H., Zareian Jahromi, M., & Fadaeinedjad, R. (2013). Simulation of a new grid-connected hybrid generation system with Stirling engine and wind turbine. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5(6), 63128.
- Shboul, B., Ismail, A.-A., Michailos, S., Ingham, D., AL-Zoubi, O. H., Ma, L., Hughes, K., & Pourkashanian, M. (2021). Design and Techno-economic assessment of a new hybrid system of a solar dish Stirling engine integrated with a horizontal axis wind turbine for microgrid power generation. *Energy Conversion and Management*, 245, 114587.
- Shenzhen Center Power Tech. (2014). *VRLA Vision CG12-200PEX*. <http://www.enersol-sa.com/images/2019/Hoja-de-datos/bateria/vision-batt/CG12-200PEX.PDF>
- Stöckler, S., Schillings, C., & Kraas, B. (2016). Solar resource assessment study for Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1184–1188.



- Taki, O., Rhazi, K. S., & Mejdoub, Y. (2021). *A Study of Stirling Engine Efficiency Combined with Solar Energy*.
- Thiam, A., Mbow, C., Faye, M., Stouffs, P., & Azilidon, D. (2017). Assessment of hybrid concentrated solar power-biomass plant generation potential in Sahel: Case study of Senegal. *Natural Resources*, 8(8), 531–547.
- Totaro, S., Boukas, I., Jonsson, A., & Cornélusse, B. (2021). Lifelong Control of Off-grid Microgrid with Model-Based Reinforcement Learning. *Energy*, 121035.
- TRINA SOLAR. (2016). *Módulo TSM-PD14*.
http://static.trinasolar.com/sites/default/files/LA_TSM_PD14_datasheet.pdf
- Twidell, J., & Weir, T. (2015). *Renewable energy resources* (3rd ed.). Routledge.
- Van Sark, W., & Corona, B. (2020). *Chapter 12 - Concentrating solar power* (M. Junginger & A. B. T.-T. L. in the T. to a L.-C. E. S. Louwen (eds.); pp. 221–231). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818762-3.00012-1>
- Victron Energy. (2014). *Victron MultiPlus Inverter/Charger*. https://www.enersol-sa.com/enersol/images/2019/Hoja-de-datos/inversorcargador/victron/Inversor-Cargador_800VA_5000VA_220V.pdf
- Victronenergy. (n.d.). *Technical notes on output rating, operating temperature and efficiency*. 2018. Retrieved November 10, 2021, from <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Output-rating-operating-temperature-and-efficiency.pdf>
- VYMaps. (2021). *Pojo Pata, Potosí*.
<https://vymaps.com/BO/Pojo-Pata-O5390135800/>
- Walker, G. (1979). *Elementary design guidelines for Stirling engines*. American Chemical Society.
- Walker, G. (1980). *Stirling engines*. Clarendon Press.
- Zayed, M. E., Zhao, J., Li, W., Elsheikh, A. H., Zhao, Z., Khalil, A., & Li, H. (2020). Performance prediction and techno-economic analysis of solar dish/stirling system for electricity generation. *Applied Thermal Engineering*, 164, 114427.

EXTRACCIÓN Y APLICACIÓN DE HIDRÓGENO COMO
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO VEHICULAR



D.33. Energía

EXTRACCIÓN Y APLICACIÓN DE HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO VEHICULAR

Autor: Montiel Aguilar, Víctor David; victordavidcde@hotmail.com

Profesor/a guía: M.Sc. Ing. Amb. Lisa Samudio; lisa_samudio@hotmail.com

Facultad de Ingeniería Agronómica

Universidad Nacional del Este

Resumen

El hidrógeno, es un elemento químico muy abundante en el universo, pero solo se encuentra combinado con otros elementos como el agua. Desde hace años la aplicación del mismo se viene estudiando, desde los sectores industriales hasta sector automotriz. Al ser una energía limpia, su combustión no produce dióxido de carbono, por ende, lo convierte en un combustible ideal para los motores de combustión interna. El objetivo de la investigación fue extraer y aplicar hidrógeno a un motor de 1500 cc por medio de la electrólisis, dicha investigación se llevó a cabo en dos lugares; en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional Del Este, donde se realizaron los pesajes de las 4 dosis de Hidróxido de sodio (25, 50, 75 y 100 gr, respectivamente), posteriormente, se continuó con la investigación en una residencia particular ubicada en Ciudad del Este, donde se elaboró las celdas de HHO. Se procedió a buscar la dosis optima, la cual ofrezca un mayor volumen de extracción del gas oxihidrógeno (mezcla de gases de hidrógeno y oxígeno), para luego inyectar el gas en el vehículo de prueba. En cuanto a los resultados obtenidos de los electrolitos, la dosis que presentó mayor eficiencia fue la de 75 gr, la cual arrojó una producción de 1800 cm³/min; destacando que el hidrógeno puede mantener en funcionamiento un motor de 1500 cc, pero requiere un caudal más elevado de producción para sostener su funcionamiento a largo plazo. En las pruebas con el motor, el mismo tardó 4 segundos en detenerse completamente desde el momento en que se corta la energía a la bomba de combustible, 1 segundo más con la inyección del gas oxihidrógeno. En el desarrollo de métodos alternativos para mejorar el rendimiento, y luego de muchos análisis prácticos se modificaron las placas realizando 3 cortes paralelos en la misma, ya que se observó una mayor producción del gas oxihidrógeno en las superficies cortadas, que en toda la placa. Para la segunda prueba en cuanto a las dosis, el mejor fue el de 50 gr, produciendo un caudal de 2200 cm³/min, lo cual sostuvo el funcionamiento del motor por 6 segundos y 3 segundos sin la inyección del gas. En síntesis, el modelo de celdas de hidrógeno no puede mantener el funcionamiento de un motor a combustión interna, debido al bajo nivel de producción del gas. Por lo tanto, se recomienda buscar métodos que eleven el caudal de producción.

Palabras clave: Oxihidrógeno, celdas de HHO, electrolito, electrólisis.



INTRODUCCIÓN

Investigadores de todo el planeta, se están planteando el conflicto que supone el calentamiento global, ocasionado principalmente por el cambio climático, fenómeno que viene impactando al planeta desde la Revolución Industrial debido al aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como resultado de las actividades humanas.

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de efecto invernadero (GEI), que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales (Henry Benavides, 2007). Las investigaciones sobre el tema se adentran cada vez más en sus causas y, sobre todo, buscan las formas en que se pueda atacar el problema.

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y en particular de CO₂ ha llevado al sector de vehículos de automoción al desarrollo de nuevas tecnologías, que en su mayor parte están en fase de investigación y desarrollo, así como a la utilización de combustibles alternativos a la gasolina y el diésel, que además tienen la ventaja de reducir la dependencia del petróleo, cuyos

yacimientos en su mayor parte se encuentran en zonas conflictivas (Mateo, 2010).

Cada vez se escucha hablar más del hidrógeno, dadas sus propiedades físicas y químicas, como un importante combustible sintético del futuro. Esto se basa principalmente en su característica no contaminante, que lo convierte en un combustible ideal. Efectivamente, el hidrógeno es limpio, pues el producto de su combustión con el oxígeno es simplemente vapor de agua. Es abundante y renovable, pues es posible extraerlo a su vez de la descomposición del agua mediante la electrólisis, utilizando una fuente primaria de energía (Peretti, 2005). Por lo tanto, a través de la presente investigación, se busca aportar mediante el uso de tecnología eléctrica a llenar la laguna de conocimiento que aún existe sobre la utilización de combustible alternativo vehicular.

OBJETIVOS

El trabajo tuvo como objetivo general: Extraer hidrógeno a través del proceso de electrólisis y aplicarlo como combustible alternativo vehicular. Los objetivos específicos fueron: Determinar la cantidad de hidróxido de sodio necesario para obtener la extracción máxima de hidrógeno; Separar el hidrógeno a través



del proceso de electrólisis y mantener el funcionamiento de un motor a combustión; Determinar el desempeño del motor en términos de revoluciones por minuto (RPM) y; Desarrollar métodos alternativos para mejorar el rendimiento de las celdas de HHO.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en dos lugares. Primeramente, en el distrito de Minga Guazú, Departamento de Alto Paraná, donde se buscó la dosis adecuada de hidróxido de sodio para el electrolito, específicamente en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Este ubicada en el km 17,5 sobre la ruta PY 02.

La segunda parte de la investigación se realizó en una propiedad particular ubicada en Ciudad del Este del mismo Departamento, donde se procedió a la elaboración de las celdas de HHO.

Diseño de investigación

El presente estudio abarcó un método mixto. Primeramente, se dio inicio con el método experimental, donde se manipuló las variables correspondientes a la extracción del hidrógeno, es decir, se determinó la cantidad de hidróxido de sodio necesario para obtener el pico de

extracción máxima. Posteriormente, el estudio culminó con el método no experimental - descriptivo, en donde, se evaluó el desempeño del motor, que utilizó el hidrógeno como materia prima de combustión.

Técnica de recolección de datos

Herramientas

La investigación se dividió en 3 etapas principales, las cuales se desglosan a continuación:

1° Etapa: elaboración de las celdas de HHO (oxihidrógeno)

La celda de HHO consta de un diseño similar a un cubo, de 6 caras, la misma se constituye en un conjunto de placas cuadradas con dimensiones de 15 cm x 15 cm y 3 mm de grosor. Se utilizaron un total de 21 placas: 2 placa se le asignó la polaridad positiva, 3 placas tenían polaridad negativas y 16 placas no tuvieron polaridad, es decir, actuaron de neutro, cada una de ellas tienen 4 perforaciones de 10 mm, 2 arriba y 2 abajo para la circulación del electrolito. Todas las placas están fabricadas de acero inoxidable debido a que tienen la peculiaridad de poder soportar el alto poder corrosivo, producto de la reacción química del electrolito.

Para la separación de las placas se utilizaron anillos de goma cuadrangulares

de alta resistencia, de dimensiones exactas a las de la placa y con un grosor de 5 mm. Para el soporte de las placas se fabricaron 2 placas cuadradas de acrílico con dimensiones mayor que 15 cm (entre 17 y 19 cm), con un espesor de 1 cm que soporte la fuerza de los tornillos y tuercas, ambas placas de acrílico tienen 2 perforaciones de 10 mm una está destinada a la entrada del electrolito en la celda, y la otra a la salida de los gases de hidrógeno y oxígeno.

2° Etapa: Elaboración del electrolito con la dosis de hidróxido de sodio adecuada

Para la obtención del pico de extracción de hidrógeno, fueron utilizadas 4 dosis de hidróxido de sodio (25, 50, 75 y 100 gr), cada dosis se disolvió en un 1 litro de agua destilada, posteriormente se introdujo en la celda de HHO que está conectado a un

Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variables	Tipo	Concepto	Operación	Indicador	Técnica o Instrumento
Hidróxido de Sodio.	Independiente.	El hidróxido de sodio, se destaca mucho en la fabricación de papeles y tejidos, además de tener una buena cantidad de iones lo cual mejora la conductividad eléctrica.	En contacto con el agua, se vuelve semi transparente con un nivel de corrosividad elevado.	Liberación de los gases de hidrógeno y oxígeno.	4 dosis (25, 50, 75, y 100 gr) diluidas en 1 litro de agua destilada.
Extracción de hidrógeno en cm ³ por minuto.	Dependiente.	El hidrógeno es el elemento ms sencillo y abundante del universo, generalmente se encuentra en forma de agua.	Se logra mediante la ruptura eléctrica de las moléculas liquidas.	Medidor de flujo de gas.	Electrólisis, con un aporte de energía de 12 volts.

transformador, y suministró exactamente 12 voltios con la ayuda de un medidor de flujo de gas. Se evaluó cuál de las dosis ofrece el mejor resultado. De esa forma se obtuvo la cantidad de hidróxido de sodio adecuada para el electrolito, que luego se utilizó en el vehículo de prueba.

3° Etapa: Instalación de la celda de HHO en el vehículo de prueba

La celda se instaló en la parte frontal del vehículo, conectada por cables, que vienen de un relay, lo cual hace que la energía que se suministra a la celda sea estable y constante. El circuito del recorrido inicia en el recipiente de almacenamiento del electrolito, luego a través de mangueras llega a la celda. Una vez realizado la electrólisis, a través de otra manguera se introduce al motor por el sistema de admisión de aire.

Primeramente, se dio ignición al motor con nafta, posteriormente se cortó el suministro de energía a la bomba de combustible y se procedió a la inyección del hidrógeno.

Para la prueba final, se instaló la celda de HHO en un motor de combustión interna, de 1500 cc, de encendido por bujías, con una potencia máxima de 110 hp.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos durante los experimentos en base a la obtención de la mejor dosis de hidróxido de sodio, donde claramente destacó la dosis de 75 gr, llegando a niveles de 1800 cm³/min. Cabe destacar que dicho producto final es un gas oxihidrógeno, es decir, una mezcla de oxígeno e hidrógeno.

Tabla 2: Resultados de las dosis de hidróxido de sodio.

Fuente de energía	Dosis	Resultados en cm ³ /min
Batería 12 v	25 gr	660
Motor en Marcha		1200
Batería 12 v	50 gr	1080
Motor en Marcha		1320
Batería 12 v	75 gr	1500
Motor en Marcha		1800
Batería 12 v	100 gr	660
Motor en Marcha		1500

En cuanto a la variación de resultados de cada dosis, en lo que respecta a “batería 12 v” y “motor en marcha”, son causados por la gran diferencia de carga correspondiente al alternador, es decir, los experimentos basados solo en la batería de 12 v serán notoriamente menores por la ausencia del funcionamiento del alternador, ya que este solo trabaja con el motor en marcha, por ende, la carga eléctrica es mayor.

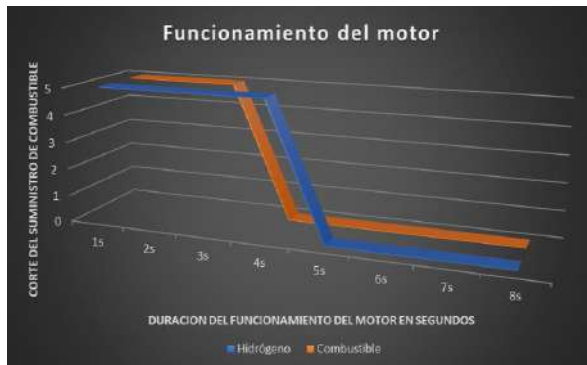
Se destaca un bajo rendimiento en la dosis de 100 gr incluso con el motor en marcha, eso ocurre por la sobrecarga causada al alternador, debido a las altas concentraciones de hidróxido de Sodio en el electrolito, lo cual requiere una demanda mucho más alta de voltaje como amperaje para que el rendimiento sea mayor que la dosis de 75 gr.

Cuando se sobrecarga el alternador, las placas comienzan a calentarse en ciertos puntos, y eso hace que el electrolito se evapore y se tenga una lectura errónea de la producción de gas en ese momento. Con la lectura errónea se comprende la lectura del gas oxihidrógeno por un lado y vapor de agua por el otro, la principal limitación denota que el vapor de agua no es inflamable por ello no es óptimo para el funcionamiento del motor de 1500 cc.

En el Grafico 1, se presenta el comportamiento del motor desde el corte

de suministro de combustible hasta el paro total de su funcionamiento, tanto con o sin la inyección del gas Oxihidrogeno.

Gráfico 1: Comportamiento del motor 1.5



El grafico señala una duración del funcionamiento del motor de 3 segundos desde el corte de suministro de combustible. Por otro lado, para la prueba con la inyección de hidrógeno, se volvió a conectar el suministro de combustible para dar ignición al motor, una vez en funcionamiento se cortó el bombeo de combustible y el motor tardó 4 segundos en detenerse totalmente, 1 segundo más que con la prueba sin la inyección del gas.

Desarrollo de métodos Alternativos

En vista a los resultados obtenidos durante las pruebas con el motor 1500 cc, se procedió a buscar alternativas y métodos que de alguna manera eleven la producción del gas oxihidrógeno. Luego de varias teorías personales y practicas con las placas de acero inoxidable, se destaca lo siguiente:

Según las condiciones (vistas en las figuras 1 y 2), la electrólisis ocurre con mayor

eficacia en superficie con cortes. En este caso, los orificios tendrían como finalidad, mejorar la circulación del electrolito. Además, la producción del gas oxihidrógeno es notoriamente mejor que en el resto de la superficie de la placa.



Figura 1: Placa de acero inoxidable sin recibir energía.



Figura 2: Placa de acero inoxidable recibiendo energía y realizando la electrólisis.

Con el propósito de elevar la productividad de las placas, se realizaron 3 cortes paralelo a cada placa respetando el diámetro interno de los anillos de goma, lo cual actúa como separador de las placas y contenedor del electrolito, con el fin de aumentar la superficie en donde la electrólisis es óptima (ver figuras 3 y 4).



Figura 3: Placa antes del corte.



Figura 4: Placa luego del corte.

Luego de probar las placas ya con el corte realizado, la efectividad es notoriamente mayor. Se destaca una mayor producción del gas en las zonas modificadas de la misma (ver figuras 5 y 6).



Figura 5: Placa en estado neutral sin recibir energía.



Figura 6: Placa modificada durante la electrólisis.

En la tabla 3, se muestran los resultados de las pruebas realizadas con las placas modificadas, cabe resaltar que, en la prueba anterior, el mejor resultado se obtuvo la dosis de 75 gr, con un caudal de 1800 cm³/min, lo cual al realizar el corte los resultados variaron significativamente.

Tabla 3: Resultado con de las dosis con las placas modificadas

Fuente de energía	Dosis	Resultados en cm ³ /min	Observaciones
Batería 12 v	25 gr	660	
Motor en Marcha		1140	
Batería 12 v	50 gr	1200	
Motor en Marcha		2200	Producción más elevada.
Batería 12 v	75 gr	1200	Sobrecarga excesiva del alternador y daños graves al regulador de voltaje.
Motor en Marcha		----	
Batería 12 v	100 gr	1000	Quema del regulador de voltaje y caída brusca de rendimiento.
Motor en Marcha		----	

En la tabla se observa que los resultados variaron significativamente, especialmente en la dosis de 50 gr, produciendo un caudal de 2200 cm³/min, 22% más que la prueba anterior.

En cuanto a las observaciones en las dosis

de 75 y 100 gr, resaltaron daños graves en lo que respecta al alternador del vehículo, las altas concentraciones de hidróxido de sodio, demandaron una alta cantidad de energía, más de lo que el generador puede proveer, lo cual conlleva a la quema del regulador de voltaje, que a la vez es primordial para el funcionamiento del alternador, y con eso el rendimiento de las dosis disminuye drásticamente.

Cabe resaltar que, en la dosis de 50 gr aparte de ser adecuada en cuanto a la producción, no genera mucho esfuerzo en el funcionamiento del alternador, lo cual asegura su duración.

En el gráfico 2 se presentan los resultados obtenidos durante la segunda prueba, cabe mencionar que la misma fue realizada con las placas modificadas, suministrando al motor un caudal de 2200 cm³/min de gas oxihidrógeno.



Los resultados indican una mayor duración en el funcionamiento del motor utilizando el gas oxihidrógeno, la misma tardó 3



segundos en detenerse por completo sin el suministro del gas y 6 segundos con la inyección del mismo.

Recordando que en la prueba anterior (sin el corte en las placas) el motor duró tan sólo 1 segundo, utilizando oxihidrógeno; lo que claramente se destaca una duración mayor a consecuencia del óptimo rendimiento de las placas modificadas.

Esto indica que, con una producción mayor del gas, también aumentaría el caudal, lo cual sostendría el funcionamiento del motor 1500 cc a mayor tiempo.

CONCLUSIONES

Con el estudio realizado sobre extracción y aplicación de hidrógeno como combustible alternativo vehicular se concluye que:

El hidrógeno si puede mantener el funcionamiento de un motor a combustión interna.

En cuanto a la producción del gas oxihidrógeno, existen muchos factores que repercuten directamente en el rendimiento de las celdas de HHO, donde se destaca principalmente las ubicaciones de las placas, tanto negativas, positivas y neutras, ya que en resumen se podría entender como un conjunto de pilas de celdas de hidrógeno, cada pila consta de la siguiente estructura: (+, n, n, n, n, n, -) una placa positiva, seguida de cuatro placas neutras y una placa negativa al final. Ese proceso se repite varias veces hasta la cantidad de

placas que uno desea incorporar, cabe destacar que cuanto más pilas de hidrógeno, el caudal de la producción aumenta.

En cuanto al desarrollo de métodos alternativos para elevar el rendimiento, la variación de producción de una placa modificada y una estándar es de 22% a favor de la placa modificada, por ende, la dosis óptima fue de 50 gr ya que produjo un caudal de 2200 cm³/min. También se destaca que, pasando de esa cantidad, el rendimiento baja y el alternador del vehículo se empieza a sobrecargar y dañarse, lo cual ocurrió con las dosis de 75 y 100 gr de hidróxido de sodio.

Con relación comportamiento del motor, el tiempo máximo fue de 6 segundos, lo cual se puede llegar a estimar que con una producción aproximada de 3000 cm³/min podría sostener su funcionamiento a bajas revoluciones.

Por último, el modelo de celda de HHO presenta muchos problemas en el rendimiento y no es apto para mantener el funcionamiento de un motor de 1500 cc.

BIBLIOGRAFÍA

A. O. Diaz Rey, J. E. (2017). Análisis de un generador de HHO de celda seca para su aplicación en motores de combustión interna. *Revista UIS Ingenierías*, 143-154.



Gutiérrez, L. (2005). El Hidrógeno, Combustible Del Futuro. *Cienc. Exact. Fís.Nat.*, 46 - 69.

Henry Benavides, G. L. (2007). *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMATICO*. Bogotá.

Herraiz, I. (2012). Desarrollo de nuevos materiales de electrodo para la obtención del hidrogeno a partir de la electrolisis del agua. 29 - 32.

J. Quereda Sala, E. M. (1996). Dióxido de Carbono y clima en el LitoralMediterraneo. *Journal*, 5.

Junyent Guinart, E. (2011). *Hidrógeno: Estudio de sus propiedades y diseño de una planta de licuado*. Barcelona.

Kreuter, W. (1998). Electrolysis the important energy transformer in world of sustainable energy. *International Journal of hydrogen energy*, 661 - 666.

Linares J, S. B. (2007). *El hidrogeno y la energía*. Madrid: Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI.

Mateo, M. O. (2010). Reducción de las emisiones de CO2 en vehículos de transporte. Combustibles alternativos. *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas*, 28-33.

Peretti, H. y. (2005). *HIDRÓGENO, COMBUSTIBLE DEL FUTURO: ¿POR QUÉ, ¿CÓMO Y DÓNDE?* Buenos Aires: Comisión Nacional de Energía Atómica.

Pineda, D. (2009). *Evaluación técnico económica de una planta de*

producción de hidrogeno mediante electrolisis de agua utilizando energía eléctrica producida con celdas fotovoltaicas de alta eficiencia. Chile.

Ruiz, X. R. (2014). Estudio sobre la aplicación de hidrógeno como combustible alternativo a bordo de buques. *Facultad de Náutica de Barcelona*, 65.

Senati. (1997). *Contaminación Ambiental*. Lima: Editorial Trillas.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Victor Montiel por brindarme la idea y acompañarme en todo momento

A mi madre Susy Aguilar por su apoyo incondicional en todo momento.

Mi eterna gratitud a la principal colaboradora, mi tutora: M.Sc. Ing. Amb. Lisa Samudio, a quien considero parte fundamental de la investigación, por su excelente desempeño y dedicación pese a la complejidad y enfoque exploratorio del tema principal.

A mis amigos y colegas por el apoyo de siempre.

Al todo el plantel que integra la Jornada de jóvenes investigadores 2022 por la oportunidad y la confianza.

Balanceo de linea del proceso de congelado de durazno



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



30
AÑOS

D.34. Agroalimentos

Balanceo de línea del proceso de congelado de durazno

Autores: Pacheco, Milagro del Rosario; milii.pacheco@gmail.com

Co-autor(es): Perez, María Agustina; mariaagustinaperez15@gmail.com.

Vergel, Julio; juliovergel2@gmail.com

Profesora guía: Alves, Nancy; nalves@herrera.unt.edu.ar

Depto. Mecánica

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

Universidad Nacional de Tucumán

Resumen

El balanceo de línea es un factor crítico para la productividad de una empresa; su objetivo es hallar una distribución de la capacidad adecuada, para asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos, a través de los diferentes procesos dentro de la planta, encontrando las formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones, para maximizar el aprovechamiento de la mano de obra y equipos, y de ese modo eliminar o reducir el tiempo de inactividad y así mejorar la eficiencia.

Para poder determinar la metodología de trabajo se llevaron a cabo estudios y análisis experimentales para identificar los limitantes en el desarrollo del proceso y de acuerdo a ellos realizar el balanceo de línea en donde las estaciones de trabajo funcionan de acuerdo a su capacidad máxima.

La metodología se desarrolló luego de la construcción del diagrama de flujo del proceso, la caracterización de las variedades de duraznos, el análisis de datos del control de calidad de la recepción de materia prima y los estudios de tiempos de cada estación de trabajo. Una vez que se obtuvo la información necesaria se procedió a la realización del balanceo de línea y se llegó a la conclusión que al trabajar con fruta fresca se tiene variabilidad en las mismas y por ello lo que define el balanceo de línea son los parámetros de calidad con la que la fruta ingresa a la planta, tales como el carácter, que se refiere al % de fruta sobremadura o blanda, el color y el tamaño de la fruta.

Esta metodología se aplicó en una empresa productora de duraznos congelados en donde se logró estandarizar el proceso productivo mediante el balanceo de línea obteniendo

un tiempo de ciclo 30 min menos que el que la empresa tenía previamente al estudio.

1. Introducción

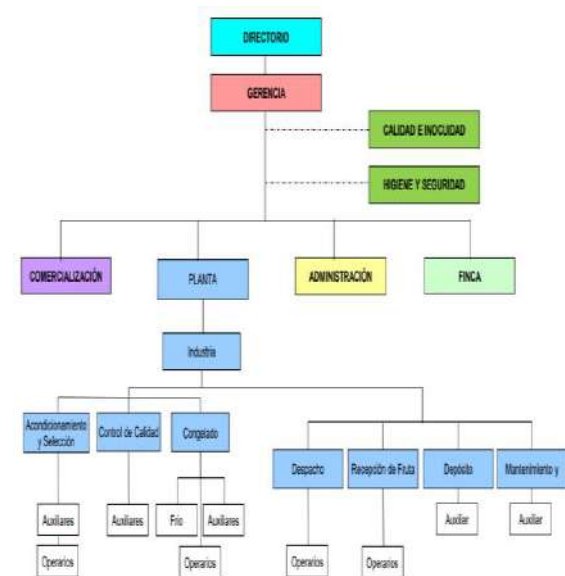
La empresa donde se realizó el trabajo es un packing de frutillas y arándanos como fruta fresca y procesadora de frutillas, arándanos y duraznos como productos congelados que se comercializan en el mercado interno y externo.

La empresa posee un directorio, un Gerente General y cuatro departamentos: Comercialización, Administración, Finca y Planta. Este último, cuenta con siete áreas: Acondicionamiento y Selección, Control de calidad, Congelado, Despacho, Recepción de fruta, Depósito y por ultimo Mantenimiento, tal como se aprecia en el organigrama de la misma, Figura 1.

Se trabaja a ritmos y tiempos distintos según la temporada de cada fruta. Cuenta con 130 empleados en su planta permanente como ser gerentes, administrativos, ingenieros, supervisores, encargados, capataces, operarios de planta y operarios de campo. Para la temporada de cada fruta se incorporan refuerzos como empleados temporarios.

Figura 1

Organigrama de la empresa



1.1 Objetivo del trabajo

Establecer una estandarización de los procesos productivos según las variedades de los duraznos y los parámetros de calidad de los mismos para poder lograr producir de manera continua todo el día, logrando así un balanceo de línea.

1.2 Proceso productivo

El proceso de congelado de durazno consta de las siguientes etapas:

Recepción de fruta: una vez que ingresa el camión con la fruta se controla el estado de la misma. Luego se mantiene en cámaras de refrigeración a una temperatura entre 2°C a 10°C.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Control de Calidad de fruta fresca: para el control de calidad se toma muestras de 25 Kg, seleccionadas al azar de cada productor. Para evaluar la calidad se tiene en cuenta el tamaño de la misma. La fruta chica es menor de 60 mm, la fruta mediana-chica está entre 60 a 70 mm, la fruta mediana-grande va desde 70 a 80 mm y la fruta extra grande es mayor a 80 mm de diámetro. Luego se procede a contar la cantidad de fruta, a pesar cada categoría y se calcula el porcentaje en peso de cada tamaño. Más del 50% de la fruta debe estar entre 60 y 80mm de diámetro.

Otro parámetro de control es el color para lo cual se procede a separar las frutas verdes y a contar la cantidad y pesar. Se calcula el % de fruta verdes en peso, esperando un valor menor al 20% de fruta verde.

También se estudian los defectos como fruta dañada por insectos (insects), fruta con hongos (rot) y fruta dañada por granizo y ramaleo (cicatrices) (scab), fruta con daño mecánico (mech) y fruta magullada (bruise). Se procede a contar la cantidad de fruta y pesar cada categoría y calcular el % de la misma en peso. Se suma el % total de defectos, esperando un valor menor al 30% de fruta con defectos.

Para determinar el carácter se separan los duraznos según sobremaduro (overripe) y blando. Se procede a contar y pesar la cantidad de fruta cada categoría y calcular el % de la misma en peso. Se suma el % total (% sobremaduro + % blando), esperando un valor menor al 10% de fruta con problemas en carácter.

Para el Brix se procede a tomar 5 duraznos al azar se toma $\frac{1}{4}$ de cada uno, se lo pela y se procesa para tomar lectura del Brix. Se espera un $^{\circ}\text{Brix} = 9 \pm 2$.

Descarozado, inspección y pesado: en esta etapa del proceso se realiza la separación del carozo del durazno mediante una máquina descarozadora. La misma es cargada con fruta por un operario y por cada cuerpo de dicha máquina se encuentra otro operario que revisa que el descarozado sea el correcto. Igualmente, a la salida de la misma hay operarios inspeccionando con el tacto aquellos duraznos que pudieran haber quedado con algún resto de carozo. Se elimina completamente aquellas frutas que posean presencia de podredumbres interna en más del 50% de su tamaño y posea durezas en más del 50 % de su volumen. La fruta ya descarozada se deposita en envases plásticos de color verde. El encargado de descarozado debe controlar visualmente la correcta



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

realización de la operación. Luego se procede a pesar la fruta ya descarozada.

Después de pesada la fruta descarozada se la almacena si es necesario en cámaras de mantenimiento. Si la fruta no está en condiciones para descarozar con la máquina, se lo realiza de forma manual y se prosigue igual.

Pelado de durazno: posterior al descarozado e inspección se procede a eliminar la piel del durazno por medio de una máquina peladora que trabaja con una solución de soda cáustica con una concentración de entre el 2% y 3% a una temperatura de entre 85°C y 90°. La máquina se carga con agua y se enciende la caldera. Cuando la misma alcanza una temperatura de 50°C se agrega 25Kg de soda cáustica hasta llegar a una temperatura entre 85°C y 90°C. Se mide la concentración de soda cáustica [NaOH] y la misma debe estar entre 2% y 3%. Luego la fruta es volcada en la misma por un operario. El supervisor de calidad es el encargado de hacer los controles cada hora de la concentración de soda cáustica o cada vez que lo crea conveniente.

Primer Lavado: a la salida de la máquina peladora la fruta pasa por unos aspersores de agua y cepillos para eliminar restos de soda cáustica y piel. Allí se recibe la fruta en bins con 200 l de solución de ácido

cítrico al 0.5% para neutralizar la soda cáustica.

Primera Inspección: la fruta se vuelca en una cinta de inspección en la cual se realiza la primera inspección de la fruta, donde se repasa toda aquella que tenga restos de piel o astillas, así como también se separa la fruta blanda, verde y marrón. Luego la fruta cae en una jirafa que la transporta hacia la máquina lavadora.

Segundo Lavado: se carga con agua y controla el funcionamiento de la máquina.

Segunda Inspección: Una vez lavada, la fruta se traslada a través de una cinta transportadora en la cual se realiza la segunda inspección de la fruta, eliminando toda aquella que, por sus características de color, textura, apariencia externa, en algunos casos forma, determinan las características finales que es la que fijan los patrones de calidad de los productos a realizar, eliminándose también todos aquellos materiales extraños al producto final (restos de carozo, restos de piel etc.).

Magneto: La fruta lavada y seleccionada pasa por un imán.

Cortado: Esta operación se realiza en máquinas diseñadas para estos fines, ingresando la fruta entera siendo cortada en cubos o rebanadas.

Blanqueado químico: Una vez cortada la fruta la misma es sumergida en un baño



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

en una solución de metabisulfito (MBS) al 0.075%, dentro de la máquina hidratadora, donde se detiene el proceso de oxidación de la fruta evitando el amarronamiento de la misma.

Congelado: La fruta lavada y seleccionada es conducida al túnel dinámico de congelado a través del tornillo sin fin. La fruta cae desde el tornillo a un vibrador donde la fruta es escurrida y esparcida en la cinta del túnel dinámico de congelado. La fruta en el Túnel es sometida a una corriente continua de aire frío donde se congela.

Tercera Cinta de Inspección: Una vez congelada, la fruta se traslada a través de una cinta transportadora en la cual se realiza la inspección de la fruta congelada, eliminando toda aquella que, por sus características de color, apariencia externa, determinan las características finales que es la que fijan los patrones de calidad de los productos a realizar, eliminándose también todos aquellos materiales extraños al producto final (carozo, restos de piel, etc.).

Envasado: Se procede a envasar en bolsas plásticas de color azul que se coloca dentro de una caja de cartón. La fruta es pesada por un operario de pesado. El personal del sector procede a colocar la etiqueta identificadora del

producto con el calibre, variedad, fecha de elaboración y número de pallet, producto etc.. La caja es etiquetada, verificando la coincidencia entre producto envasado y el indicado en la etiqueta. Luego la caja pasa por la máquina encintadora donde se cierra con una cinta.

Detector de Metal: Las cajas ya cerradas se pasan por el detector de metales.

Palletizado: Un operario de envasado procede a estibar las cajas cerradas en un pallet certificado, previa colocación en el piso de la tarima una tapa de cartón. También colocan los flejes y esquineros.

Cámaras de producto final: Un operario de frío procede a almacenar los palletes en las cámaras frigoríficas para que se mantengan a una temperatura menor o igual a -18°C hasta su despacho.

2. Materiales y Métodos

Para poder realizar el balanceo de la línea se determinaron las siguientes estaciones de trabajo:

Estación 1: Máquina de descarzado o descarzado manual.

En esta estación de trabajo, figura 2, es muy importante identificar los parámetros de calidad para poder tomar la decisión de cuantos operarios contratar para cumplir con el balanceo de línea ya que la cantidad en kg de duraznos descarzados

dependen en gran medida de esos parámetros.

Para poder comenzar la siguiente estación, es necesario descarozar como mínimo 2500 kg de duraznos ya que al prender la caldera el proceso se debe realizar de manera continua, de lo contrario disminuye la eficiencia. A este valor se lo obtuvo mediante prueba y error mientras se llevaba a cabo el proceso.

Estación 2: Peladora

A los duraznos descarozados, se los vuelca en la peladora en mitades, figura 3, que luego serán recogidos por bines con ácido cítrico.

Figura 2

Descarozado manual



La peladora tiene una capacidad máxima que limita el proceso, pero también una capacidad mínima, por lo tanto para arrancar con esta estación de trabajo se debe tener 2500 kg de duraznos

descarozados para tener continuidad en la estación. Los duraznos caen en bines con ácido cítrico, en el cual deberán estar al menos 40 minutos antes de pasar al lavadero. En una hora aproximadamente se pelan 1500 kg de duraznos.

Figura 3

Maquina peladora



Estación 3: Lavadero

Luego de transcurrida 1 hora desde que se comenzó a pelar, se tiene la cantidad de duraznos en ácido suficiente para arrancar con el lavado. Por lo tanto se vuelcan los duraznos en las cintas de inspección para su posterior lavado. Posteriormente las mitades pasan por una feteadora o cubeteadora para luego caer en bines con ácidos, el cual deberá permanecer como mínimo 40 minutos.

Estación 4: Congelado

Pasada la hora que está el primer bin con durazno en los ácidos, se comienza con el



congelado. Se espera una hora luego de que se llena ese bin para asegurar que la estación de trabajo tendrá la cantidad de duraznos necesarios para realizar el congelado de manera continua. Una vez que el durazno pasa por el túnel dinámico, se congela y se envaza para su posterior almacenamiento en las cámaras frigoríficas.

Para poder aplicar la metodología, se debe tener en cuenta la capacidad máxima y el tiempo total de cada estación, tal como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1
Datos de las estaciones de trabajo

	Capacidad máxima	Tiempo total de cada estación
Descarozado	2000 kg/hr	16 hr/día (2 turnos)
Peladora	1500 kg/hr	14 hr/día (2 turnos)
Lavadero	No influye la capacidad	19 hr/día (2 turnos)
Congelado	No influye la capacidad	20 hr/día (2 turnos)

El Tiempo de ciclo (TC) es el intervalo que transcurre para que los productos terminados dejen la línea operativa o de producción. En este caso se considera el tiempo que lleva producir 1 pallet de producto terminado, que luego será llevado a almacenamiento para su despacho. El TC se lo determinó experimentalmente y el valor obtenido fue 2 hs 20 min (140 min).

3. Resultados y discusión

En primera instancia para tener los 2500 kg de durazno descarozado se tuvieron en cuenta los parámetros de calidad obtenidos en el análisis de datos del control de calidad de la recepción de materia prima.

Según las planillas que se confeccionaron durante la temporada, se descarozan 26.2 kg de durazno por hora por persona, en el procedimiento manual y mediante un estudio de tiempos por cronometraje se obtuvo que la máquina descarozadora 1 durazno por segundo.

Con estos datos se obtiene el tiempo para descarozar los kg necesarios para seguir con la siguiente estación de trabajo.

Luego de la toma de decisiones del método que se utilizará para la primera estación de trabajo (descarozado), se procede a realizar el Gráfico de Gantt con



las tareas y los tiempos definidos. A modo de ejemplo se presenta en la figura 4 para un tipo de durazno en particular.

Figura 4

Gráficos de Gantt

Estacion de trabajo	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
Descarozado	█	█	█	█	█	█	█	█
Pelado			█	█	█	█	█	█
Lavadero			█	█	█	█	█	█
Congelado				█	█	█	█	█

Estacion de trabajo	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Descarozado	█	█	█	█	█	█	█	█
Pelado		█	█	█	█	█	█	█
Lavadero		█	█	█	█	█	█	█
Congelado		█	█	█	█	█	█	█

Estacion de trabajo	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00
Descarozado	█							
Pelado		█	█	█	█	█	█	█
Lavadero		█	█	█	█	█	█	█
Congelado		█	█	█	█	█	█	█

█	1er turno descarozado
█	2do turno descarozado
█	1er turno peladora
█	2do turno peladora
█	1er turno lavadero
█	2do turno lavadero
█	1er turno congelado
█	2do turno congelado

Como se puede ver, la primera estación es el descarozado y una vez que pasa un cierto tiempo que lo determina la capacidad de la maquina peladora, inicia en forma paralela la siguiente estación de trabajo y así sucesivamente hasta terminar con el congelado.

Luego de la aplicación de la nueva metodología se obtuvo experimentalmente un nuevo tiempo de ciclo de 1 h 50 min., o sea que se logra una reducción de 30 min con respecto al TC anterior, que equivale a un 21 %.

4. Conclusiones

Para las empresas es imprescindible lograr un balanceo de línea adecuado para poder lograr la eficiencia, eficacia y continuidad. Pero para muchas de ellas es una tarea difícil, debido a la variabilidad de la materia prima, sobre todo en la industria que trabaja con fruta fresca. Luego del estudio y análisis de todos los parámetros que influyen en el balanceo de línea, se llegó a la conclusión que los más importantes son los parámetros de calidad con los que ingresa la fruta a la planta. Al aplicar la nueva metodología, desarrollada en este informe, se pudo lograr un balanceo de línea en el cual las estaciones de trabajo que tienen limitaciones, trabajen con su capacidad máxima obteniendo así un mayor rendimiento gracias a la continuidad de trabajo. Este balanceo se lo realiza teniendo en cuenta los parámetros mencionados anteriormente para lograr tomar decisiones estratégicas día a día.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Bibliografía

- Scientia Et Technica, vol. 21, núm. 3, septiembre, (2016)
- Barrios, M. (2010). Balanceo de líneas (análisis de la producción)
- Díaz, F. J. González, M. (2011) Estado del arte en el problema de balanceo de líneas de ensamble. En: Academia Journals. Congreso Internacional de Investigación. Volumen 3, No. 2.
- Heizer, J. y Render, B. (2004) Balanceo de la línea de ensamble. Principios de administración de operaciones. (5 Ed). México: Pearson Educación, 351.
- . Meza, G. Bedoya, J. A. (2009) Optimización en procesos y asignación de recursos en las empresas del sector confección a través del balanceo de líneas de producción. Universidad cooperativa de Colombia, sede Pereira. 18, 66-69

Financiamiento

Secretaría de Ciencia, Arte e Innovación Tecnológica (SCAIT). Universidad Nacional de Tucumán

Control de malezas con herbicidas post-emergentes en el cultivo de cítricos



D.34. Agroalimentos

Control de malezas con herbicidas post-emergentes en el cultivo de cítricos

Autor: Algarin, Yanina; algarinvigo@gmail.com

Co-autor(es): Ferreira, Yeni; yenileticiaf@gmail.com

Profesores guías: Wlosek, Carlos; cwlosek2@gmail.com

Acuña, Pedro; pacuna@uni.edu.py

Universidad Nacional de Itapúa (UNI)

Resumen

La presencia de malezas en el cultivo de cítricos es uno de los factores que limitan el rendimiento, pudiendo ocasionar hasta un 40% de pérdidas en la cosecha; una de las alternativas de control se basa en el uso de productos químicos. La presente investigación se desarrolló en la finca del productor de la localidad de General Artigas durante el 2019/20 con el objetivo de evaluar alternativas de control químico de malezas con productos post-emergentes en el cultivo de cítricos. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 12 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en diferentes herbicidas y mezclas de herbicidas: T1 Glifosato 70% (1,82 kg/ha); T2 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + 2,4-D amina 80,4% (1 L/ha); T3 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + 2,4-D amina 80,4% (1 L/ha) + Clethodim 25% (1 L/ha); T4 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + Clethodim 25% (1 L/ha); T5 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + 2,4-D amina 80,4% (1 L/ha) + Haloxifop 12% (1,5 kg/ha); T6 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + Haloxifop 12% (1,5 kg/ha); T7 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + Clethodim 25% (1 L/ha) + Saflufenacil 70% (0,07 kg/ha); T8 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + Saflufenacil 70% (0,07 kg/ha); T9 2,4-D amina 80,4% (1 L/ha) + Clethodim 25% (1 L/ha); T10 Paraquat 20% (3L/ha), T11 Diquat 20% (3 L/ha); T12 Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + Haloxifop 12% (1,5 kg/ha) + Saflufenacil 70% (0,07 kg/ha). Se evaluó el porcentaje de control de malezas a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación, por el método visual propuesto por la Asociación Latinoamericana de Malezas, realizando dos aplicaciones en un periodo de tiempo de 72 días, con las mismas dosis y productos. Entre los diferentes herbicidas evaluados, el mejor porcentaje de control de malezas, monocotiledóneas y dicotiledóneas en la primera y segunda aplicación, se obtuvo con el tratamiento Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + Clethodim 25% (1 L/ha) + Saflufenacil 70% (0,07 kg/ha), Glifosato 70% (1,82 kg/ha) + Saflufenacil 70% (0,07 kg/ha) y Paraquat 20% (3 L/ha); mientras que el menor porcentaje de control resultó con la mezcla de herbicidas del tratamiento 2,4-D amina 80,4% (1 L/ha) + Clethodim 25% (1 L/ha). En cuanto al control por especie de malezas, presentaron mejor



promedio de control en la primera aplicación, en la maleza *Conyza spp* los (T7, T10, T12), en *Digitaria insularis* el (T7); presentaron mejor promedio de control en la segunda aplicación, en la maleza y en *Richardia brasiliensis* el (T7) y en *Eleusine indica* los (T7, T8, T10, T12); el menor rebrote de la maleza obtuvo el tratamiento 7, por ende, fue el que mejor control obtuvo durante la primera aplicación.

Palabras clave: control químico, malezas, cítricos.

Introducción

La presencia de malezas en el cultivo de cítricos es uno de los factores que limitan el rendimiento, pudiendo ocasionar hasta un 40% de pérdidas en la cosecha; ésta pérdida deviene de la competencia por nutrientes, luz, agua y espacio vital (Vargas Ramírez, 2013). Por tanto, se torna indispensable considerar las estrategias destinadas a su control dentro del programa de cultivo.

Así, se consideran el control cultural, mecánico, físico, biológico y el químico como herramientas para combatir a las malezas. Estas prácticas que son convenientes al esquema actual de producción, en general son más rentables, simples y eficaces en el corto plazo y, por lo tanto, se reiteran con elevada intensidad y frecuencia. Esto constituye una seria problemática para el control químico si no se considera un adecuado manejo de productos.

Con la utilización de herbicidas, las poblaciones de malezas evolucionan rápidamente generando resistencia a esos herbicidas como una respuesta natural a la presión de selección impuesta por las prácticas de manejo de la agricultura moderna. La *Conyza spp.* y *Digitaria insularis*, presentes, principalmente, en cultivos anuales y muy comunes en parcelas de cítricos en la zona de Itapúa, han sido reportadas con resistencia a determinados ingredientes activos; esto constituye un elevado riesgo, pues la principal estrategia se basa en el empleo de herbicidas.

La asociación del glifosato con fluazifop o su aplicación con diuron + paraquat secuencial demostraron efectividad para controlar las poblaciones más tolerantes de *Digitaria insularis* (Correia, Leite, & Garcia, 2010).

Así también, Egevardt Wiegand & Barrios Fretes (2013) encontraron un alto nivel del control de la *Digitaria* utilizando el herbicida



clethodim y haloxyfop-R.metil; Ramos & Durigan (1996) demostraron que la mezcla preparada de glifosato + 2,4-D presenta un control superior de *Commelina virginica* en comparación con los productos aplicados solo en cítricos.

Las informaciones referidas al control químico de malezas y las dosis son limitadas en la región, siendo Itapúa uno de los departamentos productores de cítricos por excelencia.

Objetivos

Evaluar alternativas de control químico de malezas con productos post-emergentes en plantaciones de cítricos en la localidad de General Artigas.

Materiales y métodos

El trabajo se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con doce tratamientos y cuatro repeticiones.

Cada unidad experimental –representada por una planta de cítrico– contó con 4,0 m de largo y 4,0 m de ancho, totalizando un área de 16,0 m²; así también, se consideró un caminero de 4,0 m entre las plantas. La longitud de la parcela experimental fue de 48,0 m de largo y 28,0 m de ancho, con 48 plantas de cítricos en total.

La investigación se llevó a cabo en la finca del Ing. Agr. Ph.D. Carlos Roberto Wlosek Stañgret, en la compañía San Blas a 4 km del casco urbano del distrito de General Artigas, departamento de Itapúa, Paraguay (26°56'46"O y 56°10'35"S).

Se llevó a cabo dos aplicaciones; la primera aplicación el 12 de noviembre del 2019, de acuerdo a la presencia de las malezas de interés en la parcela. A los 30 días después de la primera aplicación se realizó la evaluación del porcentaje de rebrote de malezas, posteriormente, 72 días después de la primera aplicación el 24 de enero del 2020, se realiza la segunda aplicación, repitiendo los mismos productos y dosis.

Los tratamientos se aplicaron cubriendo toda la unidad experimental con un pulverizador costal a gas carbónico para mantener la presión de trabajo constante; el equipo de aplicación se reguló a una presión de 40 libras/pulgada cuadrada para obtener un caudal de 200 L/ha. Se empleó una barra de aplicación con cuatro picos cubriendo de esta manera un ancho de trabajo de 2,0 m y picos abanico tipo plano con ángulo de 110° y un caudal de 015 galones/min de color verde; el pico es de alto caudal, generando gotas grandes, por lo tanto, se protege de la deriva. Se



utilizaron coadyuvantes para mejorar la absorción de los productos.

Se consideró el horario y las condiciones óptimas del ambiente como temperatura media 27,4°C, humedad 64% y velocidad del viento 12,1 km/h en la primera aplicación y en la segunda aplicación, la temperatura media 25°C, humedad 61% y velocidad del viento 5,7 km/h para lograr una buena absorción y translocación del producto.

Las variables evaluadas fueron: Control de malezas: se evaluó el porcentaje de control de malezas a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación según la escala de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM); Control de maleza por especie: se evaluó el porcentaje de control de las principales malezas por especie a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación utilizando la escala ALAM. Número de rebrotes por maleza: se determinó a los 30 días posteriores a la aplicación de los tratamientos contando el número de malezas brotadas en una superficie de 1,00 m². Se expresó en número/m² y luego en porcentaje.

La parcela de cítricos cuenta con cuatro años de implantación, aproximadamente;

pertenece a la variedad de naranjo Valencia Frost sobre el portainjerto de lima Rangpur. El manejo de las malezas se realizó por medio del control mecánico y químico, con corpidas y aplicación de herbicidas, respectivamente.

Para el análisis se utilizó el programa estadístico Infostat versión estudiantil (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, Gonzalez, Tablada, & Robledo, 2020); previo al análisis de varianza se verificaron los supuestos pertinentes usando la prueba de Shapiro-Wilks para normalidad. Se realizó la transformación de datos con raíz de X+1, en las variables que no cumplieron con los supuestos.

Se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error para la separación de medias en los casos de significancia.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANAVA) obtenido a los 7, 14, 21 y 28 días después de la primera y segunda aplicación de los tratamientos. La tabla indica que se registraron diferencias altamente significativas para las cuatro lecturas en ambas aplicaciones.

Tabla 1. Porcentaje de control químico de las malezas obtenidas posterior a la primera y segunda aplicación post-emergente de herbicidas en cultivos de cítricos. San Blas, General Artigas, 2019/20.

Aplicaciones	1º		2º		1º		2º		1º		2º	
Tratamiento	7 DDA	7 DDA	14 DDA	14 DDA	21 DDA	21 DDA	28 DDA	28 DDA	28 DDA	28 DDA	28 DDA	28 DDA
Glifosato	41,60	b 24,65	b 53,18	b 34,45	bc 58,50	b 44,90	bc 60,18	abc 50,73				
Glifosato+2,4-D amina	46,63	b 36,90	bcde 54,10	b 44,08	bcd 70,63	bc 54,40	c 74,70	bc 60,35				
Glifosato+2,4-D amina+Clethodim	44,48	b 36,03	bcde 61,13	bcd 44,65	bcd 67,75	bc 52,18	bc 72,65	bc 59,68				
Glifosato+Clethodim	36,63	b 40,55	bcde 54,78	b 46,13	bcd 58,38	b 56,83	c 63,18	bc 61,10				
Glifosato+2,4-D amina+Haloxifop	50,83	bc 26,60	bc 58,25	bc 34,43	bc 63,63	bc 43,18	bc 66,63	bc 50,78				
Glifosato+Haloxifop	37,13	b 32,78	bcd 57,35	bc 43,10	bcd 63,98	bc 49,75	bc 67,48	bc 52,93				
Glifosato+Clethodim+Saflufenacil	77,65	d 53,25	e 82,50	d 60,25	d 84,95	c 66,20	c 82,00	c 69,23				
Glifosato+Saflufenacil	71,73	cd 30,48	bcd 73,00	bcd 39,70	bcd 76,08	bc 48,40	bc 73,08	bc 50,78				
2,4-D amina+Clethodim	12,58	a 3,88	a 18,33	a 10,75	a 28,03	a 12,50	a 42,00	a 12,50				
Paraquat	85,68	d 49,00	de 77,73	cd 56,65	d 67,93	bc 57,50	c 78,45	bc 66,35				
Diquat	71,90	cd 31,45	bcd 64,90	bcd 30,83	b 59,83	b 31,88	b 58,15	ab 27,38				
Glifosato+Haloxifop+Saflufenacil	48,33	bc 43,25	cde 63,00	bcd 53,48	cd 65,68	bc 57,55	c 76,63	bc 62,98				
Promedio	52,10	34,07	59,85	41,54	63,78	47,94	67,93	52,07				
Fc	25,29	** 19,04	** 19,05	** 15,21	** 11,69	** 14,28	** 6,17	** 16,5	**			
CV (%)	9,01	11,07	7,38	9,73	7,07	9,59	7,02	9,82				

CV = Coeficiente de variación; ** Significativo al 1% de probabilidad de error por la prueba de F. Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) por la prueba de Tukey entre los productos químicos.

Entre los productos evaluados, se obtuvo una mejor respuesta –basada en el porcentaje de control– con las mezclas de glifosato+clethodim+saflufenacil con porcentajes mayores al 70% en la primera aplicación y disminuyendo en torno al 60% en la segunda aplicación y conforme a los días de lectura, así también, glifosato + saflufenacil y paraquat proporcionaron un buen control. El menor porcentaje de control se observó con el tratamiento en mezcla de 2,4-D amina+clethodim, con valores promedio que no superaron el 30% de control (Tabla 1).

Vargas, Viera, & Anteparra (2012) indican que el glifosato (2 L/ha) muestra un poder residual de 90 días, un rebrote de 24,65%, controlando al 50% de las malezas, coincide con el trabajo realizado, pero se puede aumentar el nivel de control utilizando las mezclas del glifosato; en este caso con el saflufenacil y clethodim.

En la Tabla 2 se presentan los resultados del (ANAVA) obtenidos a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA) del control químico de la maleza *Conyza spp*

(mbu'y). La tabla indica que se registraron diferencias altamente significativas en los (DDA).

Tabla 2. Porcentaje de control químico de la maleza *Conyza spp.* (mbu'y) obtenidos posterior a la primera aplicación post-emergente de herbicidas en cultivos de cítricos. San Blas, General Artigas, 2019/20.

Tratamiento	7 DDA		14 DDA		21 DDA		28 DDA	
Glifosato	3,50	a	6,00	a	1,00	a	8,50	ab
Glifosato+2,4-D amina	33,50	abc	38,50	abc	36,00	abcde	41,00	abc
Glifosato+2,4-D amina+Clethodim	33,50	abc	28,50	abc	28,50	abcde	28,50	abc
Glifosato+Clethodim	16,00	ab	11,00	ab	6,00	ab	6,00	a
Glifosato+2,4-D amina+Haloxifop	26,00	abc	18,50	ab	33,50	abcde	31,00	abc
Glifosato+Haloxifop	3,50	a	11,00	ab	13,50	abcd	3,50	a
Glifosato+Clethodim+Saflufenacil	93,50	c	91,00	c	100,00	e	96,00	c
Glifosato+Saflufenacil	58,50	abc	68,50	abc	66,00	abcde	63,50	abc
2,4-D amina+Clethodim	6,00	ab	8,50	a	8,50	abc	16,00	abc
Paraquat	91,00	c	71,00	bc	81,00	cde	91,00	c
Diquat	68,50	bc	58,50	abc	76,00	bcde	46,00	abc
Glifosato+Haloxifop+Saflufenacil	91,00	c	91,00	c	96,00	de	78,50	bc
Promedio	43,71		41,83		45,50		42,46	
Fc	7,09	**	5,83	**	5,91	**	4,76	**
CV (%)	41,69		39,63		44,37		48,41	

CV = Coeficiente de variación; ** Significativo al 1% de probabilidad de error, respectivamente, por la prueba de F.

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) por la prueba de Tukey entre los productos químicos.

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los días de evaluación del control químico de *Conyza spp.*, entre los productos evaluados presentaron mayor control de la maleza los herbicidas paraquat y las mezclas compuestas por glifosato+ clethodim+ saflufenacil, glifosato+ haloxifop+ saflufenacil, en relación a los otros tratamientos. El que presentó el menor promedio de control fue el glifosato con una gran diferencia debido a la resistencia de dicha maleza al herbicida (Tabla 2).

Waggoner (2010) indica que el glifosato cuando se mezcla con saflufenacil proporciona un aumento en la absorción de saflufenacil en 4 y 8 horas después de la aplicación de los tratamientos, pero por 24 horas después de la aplicación de los tratamientos no hubo diferencias entre ninguna de las mezclas utilizadas. Esto sugiere que el glifosato ayuda en la absorción de saflufenacil cuando se mezclan ambos productos.

Moreira, Melo, Carvalho, Nicolai, & Crhistoffoleti (2010) al realizar aplicaciones



de herbicidas alternativos para el control de biotipos de *Conyza bonariensis* y *C. canadensis* resistentes a glifosato, el herbicida paraquat, fue una de las alternativas más viables para el control de dicha maleza, coincide con el resultado obtenido, siendo paraquat uno de los productos con control satisfactorio a los 7, 14, 21 y 28 DDA.

Los resultados obtenidos por Huber Delvalle & Allende Cárdena (2013) en una aplicación secuencial de herbicidas para el control de *Conyza spp.* en oportunidad de desecación de parcela, es similar al

resultado de este, ya que el menor control correspondió al glifosato en la dosis de 3 L/ha.

En la Tabla 3 se presentan los resultados del (ANAVA) obtenidos a los 7, 14, 21 y 28 DDA del control químico de la maleza *Digitaria insularis (kapi'i pororó)*. La tabla indica que se registraron diferencias altamente significativas a los 7 y 14 DDA, la diferencia fue significativa a los 21 DDA, mientras que, la diferencia no fue significativa a los 28 DDA.

Tabla 3. Porcentaje de control químico de la maleza *Digitaria insularis (kapi'i pororó)* obtenidos posterior a la primera aplicación post-emergente de herbicidas en cultivos de cítricos. San Blas, General Artigas, 2019/20.

Tratamiento	7 DDA	14 DDA	21 DDA	28 DDA
Glifosato	8,50 abc	31,00 ab	53,50 ab	38,50
Glifosato + 2,4-D amina	11,00 abc	21,00 a	36,00 ab	46,00
Glifosato + 2,4-D amina+ Clethodim	8,50 ab	23,50 ab	26,00 ab	31,00
Glifosato + Clethodim	41,00 abcd	63,50 ab	33,50 ab	41,00
Glifosato + 2,4-D amina + Haloxifop	61,00 d	46,00 ab	36,00 ab	51,00
Glifosato + Haloxifop	41,00 abcd	56,00 ab	61,00 ab	71,00
Glifosato + Clethodim + Saflufenacil	78,50 d	81,00 b	88,50 b	81,00
Glifosato + Saflufenacil	76,00 d	51,00 ab	56,00 ab	41,00
2,4-D amina + Clethodim	6,00 a	8,50 a	13,50 a	18,50
Paraquat	58,50 bcd	38,50 ab	23,50 ab	18,50
Diquat	53,50 cd	23,50 ab	18,50 ab	11,00
Glifosato + Haloxifop + Saflufenacil	41,00 abcd	51,00 ab	61,00 ab	58,50
Promedio	40,38	41,21	42,25	42,25
Fc	7,06	** 3,06	** 2,55	* 1,74 NS
CV (%)	32,95	35,17	38,62	45,92

CV = Coeficiente de variación; NS, **, * No significativo y Significativo al 1% y 5% de probabilidad de error, respectivamente, por la prueba de F.

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) por la prueba de Tukey entre los productos químicos.

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los días 7 y 14 DDA,

mientras que a los 21 DDA, la diferencia fue significativa, en tanto que no se



encontraron diferencias significativas en el día 28 DDA. Con relación al control químico, la mezcla de herbicidas compuesta por glifosato+clethodim+saflufenacil, obtuvo el mayor promedio de control sobre la maleza *Digitaria insularis*, en cuanto al menor promedio de control sobre dicha maleza, fue las mezclas de 2,4-D amina+clethodim (Tabla 3).

El control a los 7 DDA de *D. insularis* coincide con el trabajo de Melo, Rosa, Brunharo, Nicolai, & Christoffoleti (2012), quienes obtuvieron resultados similares de control con la aplicación única de la mezcla de Glifosato+Haloxifop. Los resultados obtenidos por Duette Fretez & López Brunaga (2015) al evaluar la

eficiencia de la aplicación secuencial de herbicidas en desecación en el control de *Digitaria insularis*, presentando un buen control sobre dicha maleza, la mezcla de herbicidas, glifosato + clethodim, por ende, no coincide con los resultados del trabajo, puesto que en el trabajo la mezcla de glifosato + clethodim + saflufenacil actúa mejor para el control.

En la tabla 4 se presentan los resultados del (ANAVA) obtenidos a los 7, 14, 21 y 28 DDAS del control químico de la maleza *Richardia brasiliensis (ype rupa)*. La tabla indica que hubo diferencia significativa 7 DDAS, mientras que, en los días posteriores, no se encontró diferencia significativa.

Tabla 4. Porcentaje de control químico de la maleza *Richardia brasiliensis (ype rupa)* obtenidos posterior a la segunda aplicación post-emergente de herbicidas en cultivos de cítricos. San Blas, General Artigas, 2019/20.

Tratamiento	7 DDA	14 DDA	21 DDA	28 DDA
Glifosato	6,00 ab	8,50	11,00	11,00
Glifosato+2,4-D amina	13,50 ab	18,50	26,00	31,00
Glifosato+2,4-D amina+Clethodim	38,50 ab	41,00	46,00	46,00
Glifosato+Clethodim	23,50 ab	26,00	31,00	36,00
Glifosato+2,4-D amina+Haloxifop	23,50 ab	31,00	38,50	41,00
Glifosato+Haloxifop	38,50 ab	43,50	43,50	43,50
Glifosato+Clethodim+Saflufenacil	56,00 b	66,00	71,00	76,00
Glifosato+Saflufenacil	11,00 ab	16,00	16,00	13,50
2,4-D amina+Clethodim	6,00 ab	13,50	16,00	16,00
Paraquat	23,50 ab	26,00	26,00	26,00
Diquat	21,00 ab	21,00	23,50	23,50
Glifosato+Haloxifop+Saflufenacil	1,00 a	1,00	1,00	1,00
Promedio	21,83	26,00	29,13	30,38
Fc	2,33 *	1,95 NS	1,79 NS	1,84 NS
CV (%)	65,83	66,79	67,66	68,43



CV = Coeficiente de variación; NS, * No significativo y significativo al 5% de probabilidad de error, respectivamente, por la prueba de F.

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) por la prueba de Tukey entre los productos químicos.

El control químico que destacó con mayor promedio fue la mezcla de glifosato + clethodim + saflufenacil sobre la maleza *Richardia brasiliensis* y con menor promedio la mezcla de glifosato + haloxifop + saflufenacil (Tabla 4).

De acuerdo al trabajo realizado por Vitorino, y otros (2012) evaluando la eficiencia de diferentes herbicidas, entre ellos el producto químico saflufenacil y la mezcla de glifosato + saflufenacil, obtuvieron un eficiente control de *Richardia brasiliensis*, coincidiendo con el resultado, ya que esos herbicidas se encuentran entre

los que tienen mayor promedio de control en las mezclas.

En la tabla 5 se presentan los resultados del (ANAVA) obtenidos a los 7, 14, 21 y 28 DDAS del control químico de la maleza *Eleusine indica* (pata de gallo). La tabla indica que se registraron diferencias altamente significativas a los 7, 21 y 28 DDAS, mientras que, a los 14 DDAS la diferencia fue significativa.

Tabla 5. Porcentajes de control químico de la maleza *Eleusine indica* (pata de gallo) obtenidos posterior a la segunda aplicación post-emergente de herbicidas en cultivos de cítricos. San Blas, General Artigas, 2019/20.

Tratamiento	7 DDA	14 DDA	21 DDA	28 DDA
Glifosato	33,50 ab	46,00 ab	56,00 ab	71,00 ab
Glifosato+2,4-D amina	51,00 b	53,50 ab	63,50 ab	66,00 ab
Glifosato+2,4-D amina+Clethodim	48,50 b	53,50 ab	58,50 ab	88,50 b
Glifosato+Clethodim	63,50 b	63,50 ab	71,00 ab	71,00 ab
Glifosato+2,4-D amina+Haloxifop	33,50 ab	43,50 ab	48,50 ab	71,00 ab
Glifosato+Haloxifop	48,50 ab	51,00 ab	51,00 ab	56,00 ab
Glifosato+Clethodim+Saflufenacil	81,00 b	86,00 b	96,00 b	96,00 b
Glifosato+Saflufenacil	53,50 b	76,00 b	93,50 b	100,00 b
2,4-D amina+Clethodim	1,00 a	8,50 a	8,50 a	8,50 a
Paraquat	51,00 b	63,50 ab	63,50 ab	100,00 b
Diquat	36,00 ab	33,50 ab	33,50 ab	33,50 ab
Glifosato+Haloxifop+Saflufenacil	61,00 b	73,50 b	83,50 b	88,50 b
Promedio	46,83	54,33	60,58	70,83
Fc	3,37 **	2,54 *	3,2 **	3,35 **
CV (%)	34,28	31,66	29,71	29,63

CV= Coeficiente de variación; **, * Significativo al 1% y 5% de probabilidad de error, respectivamente, por la prueba de F.



Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) por la prueba de Tukey entre los productos químicos.

El control químico que mayor promedio obtuvo fueron las mezclas de glifosato + clethodim + saflufenacil, glifosato + saflufenacil, glifosato + haloxifop + saflufenacil y el herbicida paraquat sobre la maleza *Eleusine indica*; en cuanto al menor promedio fue en la mezcla de herbicidas 2,4-D amina+ clethodim (Tabla 5).

Menza-Franco & Salazar-Gutiérrez (2007) al realizar un trabajo de investigación sobre alternativas químicas para el manejo de las arvenses, entre ellas, *Eleusine indica*,

encontraron un menor control con el herbicida glifosato; coincidiendo con el trabajo, ya que el control de dicho herbicida, coincide con los 7 y 14 DDAS, obteniendo porcentajes menores al 50%.

En la Tabla 6 se presentan los resultados del (ANAVA) obtenidos a los 30 DDA del control químico de la maleza *Digitaria insularis* (*kapi'i pororó*). La tabla indica que no hubo diferencia significativa.

Tabla 6. Porcentaje de rebrote de la maleza *Digitaria insularis* (*kapi'i pororó*) obtenidos a los 30 días después de la primera aplicación de herbicidas en cultivos de cítricos. San Blas, General Artigas, 2019/20.

Tratamiento	Medias
Glifosato	51,00
Glifosato+2,4-D amina	16,00
Glifosato+2,4-D amina+Clethodim	21,75
Glifosato+Clethodim	26,00
Glifosato+2,4-D amina+Haloxifop	20,75
Glifosato+Haloxifop	51,00
Glifosato+Clethodim+Saflufenacil	1,00
Glifosato+Saflufenacil	32,25
2,4-D amina+Clethodim	51,00
Paraquat	42,75
Diquat	76,00
Glifosato+Haloxifop+Saflufenacil	19,75
Promedio	34,10
Fc	0,85 ^{NS}
CV (%)	96,64

CV = Coeficiente de variación; NS, No significativo al 5% de probabilidad de error, respectivamente, por la prueba de F.

Medias con una letra común en la columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) por la prueba de Tukey entre los productos químicos.



No se encontraron diferencias significativas en el rebrote de la maleza *Digitaria insularis* a los 30 días de la primera aplicación (Tabla 6). Este resultado lanza que el tratamiento 7 obtuvo menor rebrote de la maleza, por ende, fue el que mejor control obtuvo durante la primera aplicación.

Lima Gaspar, y otros (2019) evaluaron la efectividad de la adición de adyuvantes mezclada con asociación de glifosato+clethodim, para controlar biotipos resistentes de *Digitaria insularis*, donde proporcionaron un control aproximado del 75%; esto concuerda con el resultado del trabajo, obteniendo un 74% de control utilizando las mismas mezclas.

Conclusión

La aplicación post-emergente de herbicidas sobre las malezas en cultivos de cítricos, tanto en la primera como en la segunda aplicación, mostró un alto porcentaje de control. Hubo efecto de los diferentes productos sobre las especies de malezas.

La aplicación de los diferentes herbicidas combinados o solos no registró efectos estadísticos significativos sobre el porcentaje de rebrote de *Digitaria insularis*, a los 30 días después de la primera aplicación.

La mezcla de glifosato 70% (1,82 kg) + clethodim 25% (1 L) + saflufenacil 70% (0,07 kg) presentó un alto porcentaje de control de las malezas monocotiledóneas y dicotiledóneas, así también glifosato 70% (1,82 kg) + saflufenacil 70% (0,07 kg) y paraquat 20% (3 L).

El 2,4-D amina 80,4% (1 L) + clethodim 25% (1 L) mostró menor eficacia.

Bibliografía

- Correia, N., Leite, G., & Garcia, L. (2010). Resposta de diferentes populações de *Digitaria insularis* ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, 28(4), 769-776.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2020). InfoStat versión 2020. Córdoba, Argentina: Centro de Transferencia InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba.
- Duette Fretez, J., & López Brunaga, L. (2015). *Control de kapi'i pororó (Digitaria insularis), mediante la aplicación secuencial de herbicidas en desecación (Tesis de grado)*. Natalio, Paraguay: Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.



- Egevardt Wiegand, L., & Barrios Fretes, D. (2013). *Eficacia de herbicidas para el control de Digitaria insularis L. resistente al glifosato (Tesis de grado)*. Natalio, Paraguay: Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.
- Huber Delvalle, W., & Allende Cárdena, S. (2013). *Aplicación secuencial de herbicidas en desecación para el control de Conyza spp. (Tesis de grado)*. Natalio, Paraguay: Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.
- Lima Gaspar, S., Ecco, M., Martini, E., Hennig, M., Perondi, F., & Schneider, L. (2019). Controle do capim amargoso em diferentes manejos e associações de agroquímicos. *Revista Cultivando o Saber*, 12(3), 280-291.
- Melo, M., Rosa, L., Brunharo, C., Nicolai, M., & Christoffoleti, P. (2012). Alternativas para o controle químico de capim-amargoso (*Digitaria insularis*) resistente ao glyphosate. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 11(2), 195-203.
- Menza-Franco, H., & Salazar-Gutiérrez, L. (2007). Alternativas de control químico para la prevención y manejo de la resistencia de arvenses al glifosato. *Cenicafé*, 58(2), 91-98.
- Moreira, M., Melo, M., Carvalho, S., Nicolai, M., & Christoffoleti, P. (2010). Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. *Planta daninha*, 28(1), 167-175.
- Ramos, H., & Durigan, J. (1996). Avaliação da eficiência da mistura pronta de glyphosate + 2,4-D no controle da *Commelina virginica* L. em citros. *Planta Daninha*, 14(1), 33-41.
- Vargas Ramírez, F. (2013). *Efecto comparativo de tres herbicidas para el control de malezas en cítricos en Tulumayo – Aucayacu (Tesis de grado)*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía.
- Vargas, F., Viera, M., & Anteparra, M. (2012). Efecto comparativo de paraquat, glifosato y gramocil para el control de malezas en cítricos en Tulumayo, Leoncio Prado. *Investigación y Amazonía*, 2(1-2), 20-26.
- Vitorino, H., Martins, D., Costa, S., Marques, R., Souza, G., & Campos, C. (2012). Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas latifoliadas em mamona. *Arquivos*



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



do *Instituto Biológico*, 79(1), 129-133.

Waggoner, B. (2010). *Control of glyphosate resistant horseweed (Conyza canadensis) with saflufenacil and Tank-mixtur partners (Tesis de maestría)*. Knoxville, Estados Unidos: University of Tennessee.

Efecto de la deshidratación de las muestras en la
cuantificación de aminoácidos en carne



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Biometristas
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

D.34. Agroalimentos.

Efecto de la deshidratación de las muestras en la cuantificación de aminoácidos en carne

Autor: Malvasio Cruaños, María del Carmen; e-mail: carmenmalvasio@gmail.com

Profesora guía: Fabre, Romina M.; e-mail: romina.fabre@uner.edu.ar

Laboratorio de Industrias Cárnicas. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la deshidratación de las muestras en la determinación de aminoácidos en carne bovina. Se analizaron muestras de carne de vacas alimentadas a pasto. Cada muestra de carne se dividió en dos fracciones, una fracción se mantuvo húmeda y la otra se deshidrató mediante aire seco (AOAC 950.46, 2005). Las fracciones secas y húmedas se hidrolizaron con 1 ml de ácido metanosulfónico 4 M por cada 0,2 mg de nitrógeno (AOAC 981.10, 2005). Por último, se procedió a la separación y determinación individual de aminoácidos por cromatografía de intercambio catiónico de alta resolución, utilizando ninhidrina para la derivatización post-columna. Los aminoácidos cuantificados fueron Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano, Valina, Histidina, Cisteína, Glicina, Alanina, Arginina, Ácido Aspártico, Ácido Glutámico, Prolina, Serina y Tirosina, detectados por espectrofotometría visible a 570 y 440 nm (por duplicado). Se utilizó la prueba t de Student pareada para evaluar diferencias significativas entre los valores medios de ambas fracciones (secas y húmedas) y la prueba F para comparar la variabilidad. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las medias de las fracciones secas y húmedas, para todos los aminoácidos estudiados. Así mismo se observó que el secado de las muestras previo a la hidrólisis no modificó la variabilidad del método de análisis. Por lo tanto, no resultaría necesario deshidratar las muestras de carne en el análisis de aminoácidos, lo que permitiría reducir el tiempo de la determinación sin modificar el valor medio o la variabilidad obtenida durante su cuantificación.

Palabras clave: aminoácidos, secado, carne bovina.



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Biólogos del
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

INTRODUCCIÓN

La carne roja es uno de los alimentos más nutritivos usados para el consumo humano, aportando proteínas de elevado valor biológico (Aberle, Forrest, Gerrard & Mills, 2012). Además, su ingesta asegura el suministro de todos los aminoácidos esenciales (Biesalski, 2005). Si bien, las necesidades funcionales básicas de aminoácidos pueden variar de acuerdo a distintos factores (desarrollo, condiciones ambientales, patologías), en general se pueden clasificar en esenciales, aquellos que el humano no es capaz de sintetizar, tales como valina, treonina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, triptófano, histidina, arginina y los no esenciales que el organismo es capaz de sintetizar: alanina, ácido aspártico, cisteína, glicina, ácido glutámico, prolina, serina y tirosina (Wu, 2009; Vopálenský et al., 2017). Por este motivo, su determinación cualitativa y cuantitativa en los alimentos resulta de gran importancia para lograr una dieta que cubra estas necesidades.

El análisis de aminoácidos en la carne conlleva varios pasos. En primer término se debe realizar una hidrólisis, luego se procede a la separación de los aminoácidos en forma individual y por último, a su detección y cuantificación

(Otter, 2012). El propósito de la hidrólisis es romper los enlaces peptídicos que mantienen unidos a los aminoácidos dentro de una proteína. Un método estándar para lograr este objetivo es la incubación en un ambiente libre de oxígeno con HCl 6M a 110 °C durante 18 a 24 h (Darragh & Moughan, 2005; AOAC 2005). El ácido clorhídrico es el agente hidrolizante más comúnmente empleado, sin embargo otros ácidos pueden ser utilizados, como por ejemplo el ácido metanosulfónico (MSA) particularmente para la determinación de triptófano, metionina y cisteína (Dai, Wu, Jia & Wu, 2014). Mientras que para la separación y cuantificación de los hidrolizados, la cromatografía líquida de altas presiones (HPLC) con columna de intercambio iónico resulta ser una de las técnicas analíticas más frecuentes. La separación por intercambio iónico se basa en dos etapas: en la primera las sustancias a separar se unen al intercambiador utilizando condiciones que originan una unión fuerte y estable; a continuación, se eluye de la columna con buffers de diferentes pH o diferente fuerza iónica, compitiendo los componentes del buffer con el material por los sitios de unión (Nelson & Cox, 2009). Para la detección de los aminoácidos, dado que la mayoría de las aminas no muestran absorción UV



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

natural ni fluorescencia, se requiere una reacción de derivatización (Meussen, van Zeeland, Bruins & Sanders, 2014). La misma puede realizarse antes o después de la separación cromatográfica de los aminoácidos (Manning, 1993) con diferentes reactivos. Cuando esta reacción se realiza postcolumna lo más comúnmente usado es la ninhidrina, ya que permite la detección de aminas primarias y secundarias (prolina) (Cunico & Schlabach, 1983; Otter, 2012; Smon et al., 2019).

Por otro lado, es de gran importancia considerar la homogeneidad de la muestra, especialmente para alimentos, ya que dada la alta heterogeneidad que presentan, puede ser la causa principal de la variabilidad de los datos en la composición de aminoácidos (Rutherford & Gilani, 2009). Una posible estrategia para obtener mayor homogeneidad puede ser la deshidratación de la carne y su posterior molienda, ya que el tejido muscular presenta valores variables en el contenido de grasa y agua lo que podría afectar las concentraciones de aminoácidos (Vopálenský et al., 2017). En este sentido, cuando se trabaja con muestras secas, Rutherford y Gilani (2009) recomiendan una molienda más fina cuanto menor sea la cantidad de muestra a pesar. Sin embargo, durante el

proceso de secado, debido al aumento de temperatura en la carne, los aminoácidos aromáticos (triptófano, fenilalanina y tirosina) pueden reaccionar con otras moléculas como creatina, creatinina y azúcares para formar aminas heterocíclicas aromáticas (Skog, Johansson & Jagerstad, 1998; Bordas, Moyano, Puignou, & Galcerán, 2004; Pfau, Rosenvold & Young, 2006). No obstante, la formación de estos compuestos se produce a partir de 150°C (Knize, Dolbeare, Carroll, Moore & Felton, 1994; Skog et al., 1998; Bordas et al., 2004), por tal motivo los métodos de deshidratación no deberían superar dicha temperatura.

El método de HPLC, como se mencionó anteriormente, se encuentra bien desarrollado para la detección y cuantificación de aminoácidos en carnes. Sin embargo, en general, la bibliografía muestra distintos criterios respecto de la metodología de manipulación previa de la muestra, algunos autores indican un secado (Vopálenský et al., 2017), mientras que otros recomiendan el uso de tejido congelado finamente molido (Dai et al, 2014). Por tal motivo, el tratamiento previo de las muestras representa una etapa de estudio clave a fin de obtener un hidrolizado apropiado para su posterior



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

análisis, asegurando la calidad de los resultados.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la deshidratación de las muestras previo al hidrolizado en la determinación de aminoácidos en carne bovina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Las muestras de carne se obtuvieron a partir de seis vacas de refugio de las razas Hereford y Polled Hereford con una edad promedio de 6 años. Dichos animales fueron engordados con forraje de campo natural en la Estación Experimental del INTA de Concepción del Uruguay, Argentina. Se analizaron muestras del músculo *Longissimus dorsi*, cada una de las cuales se dividieron en dos fracciones: húmeda y seca.

Determinaciones analíticas

Humedad

La humedad en muestras de carne bovina se determinó mediante el método de secado con aire (AOAC 950.46, 2005) utilizando estufa (Venticel), para ello se pesaron 2 g de muestra y se llevaron a

estufa a 125°C durante 4 h. Una vez finalizado el tiempo, se enfriaron a temperatura ambiente bajo campana de secado y se pesaron en balanza analítica. El valor final del porcentaje de humedad se obtuvo del promedio de 4 repeticiones. Las muestras obtenidas con esta metodología fueron trituradas con mortero y constituyeron las fracciones deshidratadas.

Proteínas

El análisis de nitrógeno se realizó por método Kjeldahl (AOAC 928.08, 2005). Cada muestra fue analizada por duplicado empleando un equipo analizador Kjeltec 2200 (Foss Tecator, Suecia). El contenido de proteína cruda fue calculado multiplicando los valores de nitrógeno por el coeficiente 6,25 y se expresaron en base húmeda. Los resultados obtenidos por medio de esta técnica analítica fueron considerados al pesar la muestra en la etapa de hidrólisis de los aminoácidos.

Perfil de aminoácidos

Para el perfil de aminoácidos, en primer lugar se hidrolizaron las fracciones húmedas y deshidratadas, pesando la cantidad necesaria para respetar la relación de 1 ml de ácido metanosulfónico por cada 0,2 mg de nitrógeno en tubos de vidrios resistentes al calor (Creamer &



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Matheson, 1976). El ácido metanosulfónico (Sigma Aldrich) fue preparado en una concentración 4M con 0,2% de triptamina (Sigma Aldrich). Se prosiguió con la eliminación del oxígeno de los tubos mediante gas nitrógeno, los cuales fueron cerrados herméticamente y llevados a estufa a 115°C durante 22 h. Luego, se ajustó el pH del extracto de aminoácidos a 2,2 con NaOH. Una porción del extracto así obtenido fue adicionado con L-norleucina (como estándar interno) y se llevó a volumen final (1 ml) con buffer de carga (marca Biochrom). Por último, se filtraron con un filtro con diámetro de poro de 0,2 μm y se analizaron mediante analizador de aminoácidos automático Biochrom 30+ (Biochrom Ltd Cambridge, Cambridgeshire, UK) con columna de resina de intercambio catiónico de sodio de alta resolución Ultropac (8 μm tamaño de partícula, Biochrom) 200 x 4,6 mm. La elución se realizó empleando buffers de distinto pH y fuerza iónica (marca Biochrom). Una vez realizada la separación, los aminoácidos reaccionaron con ninhidrina (marca Biochrom), derivatización post-columna, dando compuestos coloreados donde los productos fueron detectados por espectrofotometría a 570 y 440 nm para el aminoácido prolina. La identificación se

realizó mediante la comparación de los tiempos de retención de los aminoácidos desconocidos con los de un perfil de estándares comerciales (23AA, marca Biochrom) que permitió la obtención de las curvas de calibrado. La cuantificación se llevó a cabo por el método del estándar interno utilizando a tal fin L-norleucina (marca Sigma Aldrich), correlacionando las áreas de los picos de los cromatogramas con las concentraciones, de acuerdo a dichas curvas. Los resultados fueron expresados en g del aminoácido/100 g de músculo (%). Tanto las fracciones húmedas como las deshidratadas (de cada animal) se determinaron por duplicado.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante prueba t de Student pareada para evaluar diferencias significativas entre los valores medios de ambas fracciones (secas y húmedas) y prueba F para comparar la variabilidad entre ambos procedimientos. En todos los casos, se empleó un nivel de significancia de 0,05 utilizando el software Stagraphics Centurion XV (Stat Point INC.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la carne el contenido de proteínas suele ser bastante constante, mientras

que el porcentaje de humedad puede modificarse principalmente a expensas de la cantidad de lípidos (Aberle et al., 2012). Respecto a los valores de humedad y de proteínas las muestras de carne analizadas presentaron un promedio de $73,3 \pm 1,0\%$ y $20,9 \pm 0,8\%$ respectivamente, los cuales se corresponden con los reportados por la bibliografía en carne bovina (Pereira & Vicente, 2013; Vopálenský et al., 2017). Del mismo modo, Wu et al. (2016) trabajando sobre otro músculo (lomo) en carne bovina, informaron contenidos de humedad y de proteína cruda similares a los encontrados en el presente trabajo.

La cuantificación de aminoácidos por el método del estándar interno se llevó a

cabo correlacionando las áreas de los picos de los cromatogramas con las concentraciones, de acuerdo a las curvas de calibrado. En la Figura 1A se observa el cromatograma típico de la solución patrón, cada aminoácido es identificado por un tiempo de elución representado en minutos para cada uno de los picos. Así mismo, en la figura 1B se muestra un cromatograma característico de una de las muestras analizadas. En ambos casos, la lectura se corresponde con 570 nm de longitud de onda. En la Tabla 1 se informan los valores medios y desviación estándar registrados para las muestras deshidratadas y húmedas de los aminoácidos esenciales y no esenciales

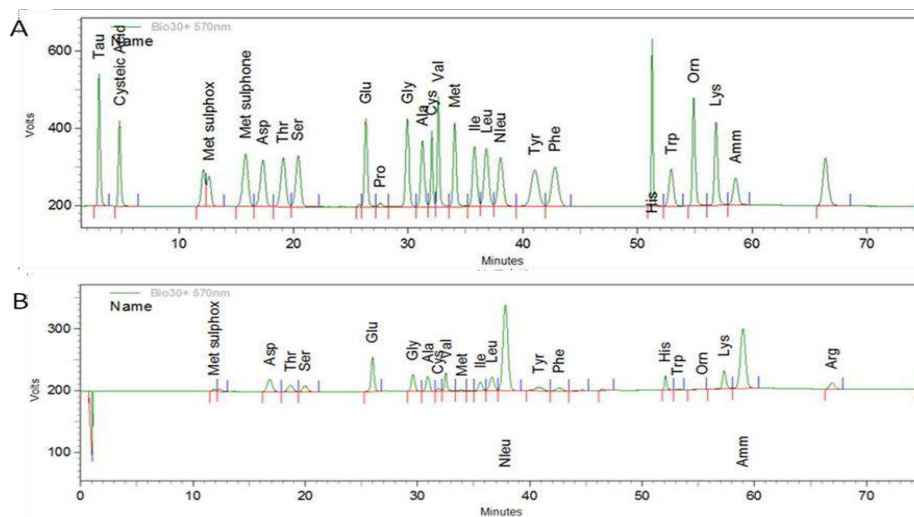


Figura 1. A Cromatograma obtenido a partir de una disolución patrón de aminoácidos de concentración de $2,5 \mu\text{M}$, a 570 nm de longitud de onda. **B** Cromatograma resultante del análisis del hidrolizado de una de las muestras de carne deshidratada.

Tabla 1

Perfil de aminoácidos (valores medios y desvíos estándares) en carne bovina húmeda y deshidratada previamente a la hidrólisis.

	Cont. de aminoácidos (g/100 carne)		
	Deshidratada	Húmeda	P-Valores
Esenciales			
Isoleucina	1,38 ± 0,18	1,77 ± 0,38	0,081
Leucina	2,21± 0,17	2,59± 0,38	0,118
Lisina	2,56 ± 0,24	2,90 ± 0,35	0,092
Metionina	0,43 ± 0,09	0,38± 0,12	0,404
Fenilalanina	0,91 ± 0,15	1,15 ± 0,17	0,077
Treonina	1,18 ± 0,07	1,43 ± 0,13	0,071
Triptófano	0,36 ± 0,15	0,43 ± 0,22	0,464
Valina	1,54 ± 0,18	1,76 ± 0,13	0,067
Histidina	1,31 ± 0,52	1,69 ± 0,30	0,266
No Esenciales			
Cisteína	0,26 ± 0,14	0,31± 0,25	0,077
Glicina	1,11 ± 0,14	1,44± 0,25	0,071
Alanina	1,50 ± 0,26	1,81± 0,24	0,086
Arginina ^a	1,52 ± 0,29	1,97± 0,27	0,102
Ácido aspártico	2,39 ± 0,34	2,85± 0,38	0,198
Ácido glutámico	4,23 ± 0,52	5,07± 0,53	0,080
Prolina	1,51 ± 0,40	1,90 ± 0,57	0,096
Serina	0,94 ± 0,10	0,99 ± 0,10	0,183
Tirosina	1,42± 0,21	1,69 ± 0,20	0,143

^a Según las necesidades funcionales, la arginina es considerado un aminoácido esencial para la homeostasis vascular, la espermatogénesis y crecimiento fetal (Wu, 2009).

detectados. Los resultados obtenidos indicaron que no se observa un efecto significativo ($p>0,05$) entre los procedimientos estudiados (muestras deshidratadas y húmedas). Por otro lado, en el presente experimento las concentraciones promedio de prácticamente todos los aminoácidos

estuvieron en el mismo orden que las informadas por Biolatto et al. (2010) para carne fresca perteneciente a la misma categoría y raza. Del mismo modo, Vopálenský et al. (2017) en carne de toro Aberdeen Angus, alimentados de manera extensiva, reportaron concentraciones de aminoácidos



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Biólogos del
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

esenciales y no esenciales (expresado en materia seca), similares a las aquí obtenidas. Estudios realizados por Wu et al. (2016), en muestras de lomo, indicaron valores semejantes a los obtenidos en este trabajo, aunque no se especificó la raza del animal. De acuerdo a los requerimientos de aminoácidos establecidos por la World Health Organization (2007), la carne analizada presentó un contenido de aminoácidos esenciales (expresados en mg/g proteína) que cubren los requerimientos humanos diarios para adultos y niños (11 a 14 años).

Por otra parte, al comparar la variabilidad de las fracciones húmedas y deshidratadas para cada aminoácido mediante la prueba F (Tabla 2), se pudo observar que el secado de las muestras previo a la hidrólisis no afectó ($p > 0,05$) las medidas de dispersión en la cuantificación de los mismos.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que no resultaría necesario deshidratar las muestras de carne en el análisis de aminoácidos, lo que permite reducir el tiempo de la determinación sin modificar el valor medio o la variabilidad obtenida durante su cuantificación.

Tabla 2

Valores F y p obtenidos en la comparación de varianzas entre los valores de aminoácidos de muestras de carne deshidratadas y húmedas.

	F	Valor-p
Isoleucina	0,238	0,141
Leucina	0,191	0,098
Lisina	0,473	0,435
Metionina	0,517	0,445
Fenilalanina	0,783	0,795
Treonina	0,267	0,180
Triptófano	0,454	0,359
Histidina	3,127	0,236
Cisteína	0,530	0,503
Glicina	0,321	0,238
Alanina	1,212	0,838
Arginina	1,161	0,910
Ácido Aspártico	0,807	0,802
Ácido Glutámico	0,986	0,988
Prolina	0,462	0,417
Serina	0,942	0,968
Tirosina	1,078	0,936

BIBLIOGRAFÍA

Aberle, E.D.; Forrest, J.C.; Gerrard, D.E. & Mills, E.W. (2012). Principles of Meat Science (5th ed.). Kendall Hunt Publishing Company. ISBN: 978-0-7575-9995-8.

AOAC, 2005. Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Biocientíficos
GRUPO MONTEVIDEO



30 AÑOS

- (18th ed.). Maryland, U.S.A.
- Biesalski, H.K. (2005). Meat as a component of a healthy diet—are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. *Meat science*, 70(3), 509-524.
- Biolatto, A., Molto, G., Araujo, S., Vittone, S., Otero, G., Monje, A., ... & Bonato, P. (2010, August). Nutritional quality of cullcows with very early weaned calves in Argentina. In *Proceedings 56th International Congress of Meat Science and Technology* (p. 117).
- Bordas, M., Moyano, E., Puignou, L., & Galceran, M. T. (2004). Formation and stability of heterocyclic amines in a meat flavour model system. Effect of temperature, time and precursors. *Journal of Chromatography B*, 802, 11-17.
- Creamer, L.K., & Matheson, A.R. (1976). Use of mercaptoethanesulphonic acid as a hydrolysing agent for the determination of tryptophan in proteins. *New Zealand journal of dairy science and technology*.
- Cunico, R.L., & Schlabach, T. (1983). Comparison of ninhydrin and o-phthalaldehyde post-column detection techniques for high-performance liquid chromatography of free amino acids. *Journal of Chromatography A*, 266, 461-470.
- Dai, Z., Wu, Z., Jia, S., & Wu, G. (2014). Analysis of amino acid composition in proteins of animal tissues and foods as pre-column o-phthalaldehyde derivatives by HPLC with fluorescence detection. *Journal of Chromatography B*, 964, 116-127.
- Darragh, A.J. & Moughan, P.J. (2005). The effect of hydrolysis time on amino acid analysis. *J. AOAC Int.* 88:888-893.
- Knize, M. G., Dolbeare, F. A., Carroll, K.L., Moore II, D. H., & Felton, J. S. (1994). Effect of cooking time and temperature on the heterocyclic amine content of fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32(7), 595-603.
- Manning, J.M. (1993). The contributions of Stein and Moore to protein science. *Protein Science*, 2(7), 1188-1191.
- Meussen, B.J., van Zeeland, A.N., Bruins, M.E., & Sanders, J.P. (2014). A fast and accurate UPLC method for analysis of proteinogenic amino acids. *Food analytical methods*, 7(5), 1047-1055.
- Nelson, D.L., & Cox, M.M. (2009). *Principios de Bioquímica de Lehninger*. Artmed Editora.
- Otter, D.E. (2012). Standardised methods for amino acid analysis of food. *British Journal of Nutrition*, 108(S2), S230- S237.
- Pereira, P. M. D. C. C., & Vicente, A. F. D.R. B. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat science*, 93(3),



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociedad de Matemáticas
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

586- 592.

- Pfau, W., Rosenvold, K., & Young, J.F. (2006). Formation of heterocyclic aromatic amines in fried pork from Duroc and Landrace pigs upon feed supplementation with creatine monohydrate. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 2086-2091.
- Rutherford, S.M., & Gilani, G.S. (2009). Amino acid analysis. *Current protocols in protein science*, 58(1), 11-9.
- Skog, K., Johansson, M., & Jagerstad, M. (1998). Carcinogenic heterocyclic amines in cooked foods and model systems - a review on formation and occurrence. *Food Chemistry and Toxicology*, 36, 655-675.
- Smon, A., Cuk, V., Breclj, J., Murko, S., Groselj, U., Tansek, M.Z., Battelino T., & Lampret, B.R. (2019). Comparison of liquid chromatography with tandem mass spectrometry and ion-exchange chromatography by post-column ninhydrin derivatization for amino acid monitoring. *Clinica Chimica Acta*, 495, 446-450.
- Vopálenský, J., Suchý, P., Straková, E., Šimek, F., Macháček, M., & Herzig, I. (2017). Amino acid levels in muscle tissue of eight meat cattle breeds. *Czech Journal of Animal Science*, 62(8), 339-346.
- World Health Organization (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. *World Health Organization technical report series*, (935), 1.
- Wu, G. (2009). Amino acids: metabolism,

functions, and nutrition. *Amino acids*, 37(1), 1-17.

- Wu, G., Cross, H.R., Gehring, K.B., Savell, J.W., Arnold, A.N., & McNeill, S.H. (2016). Composition of free and peptide-bound amino acids in beefchuck, loin, and round cuts. *Journal of animal science*, 94(6), 2603-2613

Efecto del agregado de harina de maíz morado en la
calidad nutricional y digestibilidad in vitro de panes
libres de gluten



D. 34. Agroalimentos

Efecto del agregado de harina de maíz morado en la calidad nutricional y digestibilidad *in vitro* de panes libres de gluten

Autora: Monsierra, Luisina; lmonsierra@agro.unc.edu.ar

Profesores guía: Pérez, Gabriela Teresa, gapereza@agro.unc.edu.ar

Mansilla, Pablo Sebastián pmansilla@agro.unc.edu.ar

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de harina de maíz morado sobre el contenido y la digestibilidad *in vitro* de compuestos con actividad antioxidante y del almidón de panes sin gluten. Se elaboraron panes a base de arroz, mandioca y cantidades crecientes de maíz morado (MM) (34 %, 50 % y 70%) y se usaron panes con harina de maíz blanco (HMB) (34%) como control. Se determinó el contenido de antocianinas (ANT), polifenoles totales (PF) y capacidad antioxidante mediante poder reductor (FRAP) y actividad atrapadora de radicales libres (TEAC), tanto en harinas, masas pre-fermentadas (PRE-F), post-fermentadas (POST-F) y el pan. A este último, se le midió volumen específico (VE) y mediante digestibilidad *in vitro*, se determinó la fracción dializable (FD) y no dializable (FND) de los compuestos antioxidantes y del almidón, así como el almidón rápidamente digerible (RDS), lentamente digerible (SDS) y resistente (RS). Los datos se compararon mediante ANOVA ($p < 0,05$). No hubo diferencias significativas entre el pan control y el de 34% MM en VE (ambos 2,33 cm³/g), mientras que disminuyó en 50% y 70% MM. Se observó un incremento de ANT, PF y capacidad antioxidante en las masas y panes ante el aumento de MM en la formulación. La fermentación no afectó la capacidad antioxidante de las masas, aunque disminuyó en el pan luego del horneado. A mayor MM en el pan, se obtuvo una disminución de RDS y un incremento de RS. ANT se degradaron luego de la digestión, aunque PF quedaron biodisponibles en un 10%. Además, se detectó el mayor TEAC en FND, tanto en el pan de 34% como el de 50% MM. Esto indica que la harina de maíz morado representa un potencial ingrediente para mejorar el perfil nutricional de panificados libres de gluten.

Palabras clave: capacidad antioxidante, bioaccesibilidad, dializabilidad



INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, existe un incremento en la incidencia de patologías relacionadas con la ingesta de gluten y, sumado a esto, la creencia de que los alimentos libres de gluten están asociados a un estilo de vida más saludable (Pico et al., 2019; Khemiri et al., 2020). Sin embargo, este tipo de productos presentan características peculiares debido a la ausencia de proteínas responsables de la formación de una red que retenga el dióxido de carbono generado durante la fermentación del pan. Por ello, surge la necesidad de estudiar nuevas alternativas para la industria de estos alimentos, que sean nutricionalmente favorables y con características tecnológicas similares a aquellos que tradicionalmente contienen gluten en su elaboración (Da Costa Borges et al., 2021). El maíz morado es ampliamente cultivado y consumido en la región andina y sudamericana, principalmente en Perú, Bolivia, Ecuador y el norte de Argentina (Altamirano, 2019). Sus granos contienen antocianinas y compuestos fenólicos, y varios trabajos han reconocido las funciones bioactivas de estos compuestos para la salud humana. Algunos beneficios incluyen actividad antioxidante y antirradicalaria (Wang et al., 2018), actividad hipoglucemiante (Hong et al., 2013) prevención de obesidad y

enfermedades cancerígenas (Xie et al., 2018; Nardini y Garaguso, 2020). Dichos beneficios sólo ocurren si los compuestos llegan a su sitio blanco, estando bioaccesibles y posteriormente biodisponibles para ser aprovechados por el organismo humano. La bioaccesibilidad se interpreta como la fracción máxima de una sustancia que se puede disolver y liberar en el tracto gastrointestinal desde su matriz alimenticia original, mientras que la biodisponibilidad se ilustra como la fracción que se absorbe del tracto gastrointestinal y alcanza la circulación sistémica (Barrios Silva y Bravo Muñoz, 2020). Estos procesos pueden verse afectados por la composición y características de la matriz de los alimentos, así como factores fisiológicos, como el pH y la temperatura en el ambiente gastrointestinal, la actividad de ciertas enzimas y la microbiota existente a este nivel (Barrios Silva y Bravo Muñoz, 2020).

El almidón en particular, puede clasificarse en función de la tasa y el alcance de la digestión in vitro, definida a través del almidón rápidamente disponible (RDS), almidón lentamente disponible (SDS) y el almidón resistente (RS). El RDS promueve aumentos rápidos en los niveles de glucosa e insulina en sangre en humanos, mientras que la fracción de SDS generalmente proporciona una liberación lenta y



prolongada de glucosa al torrente sanguíneo (Rocchetti et al., 2018).

La elaboración del pan es un proceso complejo que implica el amasado, fermentado y horneado, que conllevan a cambios fisicoquímicos y estructurales. El amasado y posterior fermentación implica la incorporación de agua y oxígeno en la masa, lo que puede afectar los fitoquímicos presentes en las harinas de cereales. El horneado puede producir la degradación de compuestos bioactivos sensibles al calor (Ktenioudaki et al., 2015).

Por todo esto, al momento de considerar nuevas alternativas de materias primas para la elaboración de alimentos libres de gluten, el maíz morado resultaría en un ingrediente potencial por sus bondades nutricionales. Sin embargo, para poder determinar la calidad nutritiva del producto, es importante evaluar el efecto del procesamiento del alimento, así como la influencia de la digestión sobre la biodisponibilidad y funcionalidad de los compuestos bioactivos y la velocidad hidrólisis del almidón.

OBJETIVOS

Evaluar el efecto de la incorporación de harina de maíz morado sobre el contenido y la digestibilidad de compuestos con actividad antioxidante y del almidón de panes libres de gluten.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra de harina

La harina de maíz morado (MM) se obtuvo a partir de los granos de la variedad de polinización libre “Moragro”, adaptada a la región semi-árida de Córdoba e inscripta en el Instituto Nacional de Semillas (INASE). En este trabajo se utilizó material proveniente de la campaña 2019/20, llevada a cabo en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (31° 28' 49,42" S y 64° 00' 36,04" O). Los granos se molieron en un molino ciclónico (Cylotec CT193, Foss, Suzhou) sin acondicionamiento previo para la obtención de harina integral (tamaño de partícula inferior a 500 µm). Se utilizó harina de maíz blanco y harinas comerciales de arroz y mandioca como control.

Elaboración de panes

La formulación básica del pan control consistió en 33 % de harina de arroz (HA), 33 % g de mandioca (HM), 2 % de sal, 2 % de manteca vegetal, 4 % de levadura comprimida, 78% de agua, 0,25 % de CMC (carboximetilcelulosa) y 34 % de harina de maíz blanco (HMB). Luego, se reemplazó esta última por harina de maíz morado (MM) en una proporción del 34 %, y por



sustitución en la formulación por 50 % MM y 70 % MM. Los ingredientes se mezclaron y se realizó el amasado durante 2 min con una amasadora de mesa (Peabody SMARTCHEF PE-BMP 19R, China, 2,0 HP de potencia). La masa se fraccionó en vasos de aluminio (70 g), y se llevó a una cámara de fermentación durante 1 h (30°, 85 % de humedad relativa). Se reservó una fracción de masa pre-fermentada (PRE-F) y una post-fermentada (POST-F), las cuales fueron liofilizadas y utilizadas para realizar las mismas determinaciones que se hicieron sobre la harina cruda y los panes. Por último, las muestras de masas se hornearon en un horno rotatorio (Ciclo Ingeniería, Argentina) durante 30 min a 180°. Todo el proceso de elaboración del pan se llevó a cabo por duplicado.

Determinación de volumen específico (VE) del pan

Se determinó por desplazamiento de semillas de colza y se calculó como la relación entre el volumen de la muestra y su peso luego de 24 h de horneado, expresado en cm^3/g . Se realizaron cinco determinaciones por lote.

Extracción y determinación de antocianinas, polifenoles y capacidad antioxidante

La extracción de los compuestos antioxidantes se realizó mezclando 150 mg de muestra (harina, masas pre y post fermentadas y panes) con 1,5 mL (1:10) de etanol (96%) / HCl (1N) (85:15, v/v) y se agitó por 30 min a temperatura ambiente. Posteriormente, las muestras se centrifugaron (Thermo Fisher Scientific, Sorval ST40R) a 8000 x g por 10 min y se recuperó el sobrenadante. El proceso de extracción se repitió 3 veces y se juntaron los sobrenadantes.

El contenido de antocianinas totales (ANT) se determinó por el método de pH diferencial, según Lee et al. (2005). Se midió la absorbancia a 520 y 700 nm a través de un espectrofotómetro (UV-vis JascoV- 730, Jasco Corporation, Japón). Los resultados se expresaron en mg de cianidina-3-glucósido equivalente cada 100 g de muestra ($\text{mg c3-GE}/100 \text{ g}$), usando un coeficiente de extinción molar de 26900 L/mol/cm y un peso molecular de 449,2 g/mol para cianidina-3-glucósido.

El contenido de polifenoles totales (PF) se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu adaptado por López-Martínez et al. (2009). Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico equivalente cada 100 g de muestra ($\text{mg AG}/100 \text{ g}$), utilizando una curva estándar de 0 a 0,5 mg AG/mL.

La actividad antioxidante se cuantificó mediante la capacidad atrapadora de



radicales libres a través de un ensayo TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), de acuerdo a la metodología descrita por Re et al. (1999), mientras que el poder reductor se determinó con un ensayo FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), según la metodología descrita por Benzie y Strain (1996). Los resultados se cuantificaron a partir de una curva de calibración de trolox (tr) y fueron expresados en $\mu\text{mol tr/g}$ de muestra.

Digestión estática in vitro del almidón y de compuestos antioxidantes

Se realizó un modelo de digestión in vitro mediante el protocolo propuesto por Bustos et al. (2017), donde se incluye la digestión oral, estomacal e intestinal. Este método es particularmente útil para estudiar la dializabilidad de los productos alimenticios a base de cereales. Durante la digestión oral (2 min) se simuló la masticación con el agregado de fluido salival (60 alimento:40 fluido salival) y α -amilasa 750 U/mL (90:10). En la digestión estomacal (a las 2 horas) se adicionó el fluido gástrico, con ácido clorhídrico 1M hasta llevar a pH 3. Luego se agregó pepsina (25000 U/mL) (80:20). Por último, en la digestión intestinal (2 horas posteriores) se agregó bicarbonato de sodio 1 M, hasta llevar la muestra a pH 6-7. Luego, se adicionó pancreatina (50:50) y sales biliares (160

mM) (70:30). Las contracciones del proceso de digestión fueron simuladas con un baño con agitación a 150 rpm y una temperatura de 37° C. Finalmente, se añadió una membrana de diálisis (MWcutoff=10 kDa) con bicarbonato de sodio 1M. Durante todo el proceso de digestión, se tomaron alícuotas de 1 mL en los tiempos 0 de las fases salival, estomacal e intestinal, y luego en los minutos 10, 20, 30, 60 y 120 para monitorear la hidrólisis del almidón. Para ello, se determinó el contenido de azúcares reductores con el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Paralelamente, se tomó una alícuota del interior de la membrana de diálisis de la fase intestinal para determinar el contenido de polifenoles, antocianinas y la capacidad antioxidante. Por lo tanto, de la digestión se obtuvieron cuatro fracciones: una fracción bucal, una fracción gástrica, una fracción dializable (FD) o absorbida en el intestino (definida como la fracción que sería bioaccesible y cuantificada dentro de la membrana de diálisis) y una no dializable (FND) (fracción que continúa su paso hacia el colon y representada por el contenido fuera de la membrana de diálisis).

Se realizó el análisis de las fracciones de almidón utilizando una mezcla de enzimas compuesta por 10 mg/mL α -amilasa pancreática y 3 U/mL de amilogucosidasa

a 37 °C. La glucosa liberada de las muestras se cuantificó colorimétricamente con reactivo glucosa oxidasa (GOPOD). El valor de almidón rápidamente digerible (RDS) se obtuvo de la glucosa liberada a los 20 min. El almidón lentamente digerible (SDS) se obtuvo a partir de la glucosa liberada después de una incubación adicional de 100 min. El almidón resistente (RS) se consideró como el almidón que permaneció sin hidrolizar luego de 120 min de incubación.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el software InfoStat/Professional 2020 (Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba). Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de 0,05, y se utilizó el test de comparación de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) (Di Rienzo et al., 2002). Las relaciones entre las variables relevadas se determinaron mediante el test de correlación de Pearson, con un nivel de significancia $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Volumen específico

Se obtuvieron diferencias significativas entre formulaciones en el VE, disminuyendo a medida que se incrementó la proporción de harina de maíz morado,

hasta alcanzar valores alrededor de 1,3 cm^3/g con el 70 % de sustitución (Fig. 1). Resultados similares fueron reportados en otros estudios en panes sin gluten con harina de papa y de chíá (Hu et al., 2022; Da Costa Borges et al., 2021). El volumen específico del pan es una de las características visuales más importantes que influye fuertemente en la elección del consumidor. Por lo tanto, es un parámetro clave de calidad tecnológica a tener en cuenta en panes libres de gluten (Monthe et al., 2019). En este estudio, la muestra de 34% de maíz morado no presentó diferencias significativas en el VE con el pan control de maíz blanco (2,33 cm^3/g) (Fig. 1).

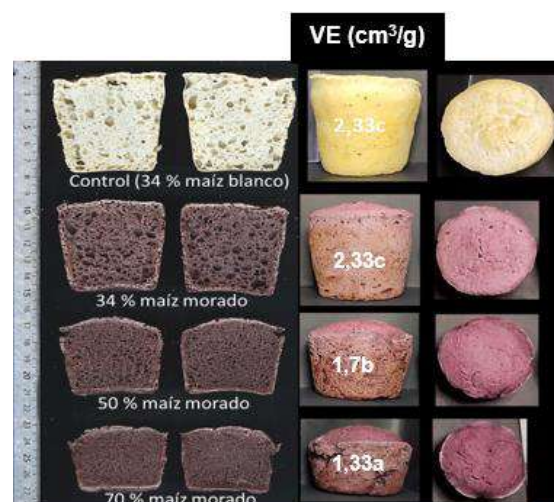


Figura 1. Volumen específico de panes elaborados con harina de maíz morado.

Valores seguidos por letras distintas son significativamente distintos ($p < 0,05$).



Contenido de antocianinas, polifenoles y capacidad antioxidante de harinas y masas

La harina MM presentó el mayor valor de ANT, PF, FRAP y TEAC (149,27 mg C3-G/100 g, 222,39 mg AG/100 g, 16,88 μ mol tr/g, 20,21 μ mol tr/g, respectivamente). Asimismo, se observó un incremento en ANT, PF y capacidad antioxidante en las masas acorde al incremento de MM en la formulación (Tabla 1, Fig. 2). Sin embargo, tras el proceso de fermentación de las masas, se produjo una disminución en ANT en todas las formulaciones, y un incremento en PF en la muestra de 34% MM y 70% MM, mientras que disminuyó en la de 50% MM. La actividad antioxidante no se vio afectada por la fermentación, excepto para las masas de 34% MM, cuyos valores de FRAP y TEAC disminuyeron de PRE-F a POST-F (Tabla 1, Fig. 2). Estudios realizados sobre panes enriquecidos con harina de batata morada sugirieron que la fermentación puede afectar los compuestos fenólicos debido a la incorporación de agua y oxígeno durante la mezcla, lo que podría activar las enzimas

oxidativas presentes en las harinas (Cui y Zhu, 2022).

No se observaron niveles detectables de ANT ni TEAC en las muestras de harina de maíz blanco, arroz y mandioca. Además, presentaron el menor valor de FRAP. La ausencia de ANT y baja actividad antioxidante concuerda con lo reportado por Atencio y Ramírez (2020) en variedades de papa de pulpa blanca y pulpa amarilla. En las masas control (PRE-F y POST-F) no se detectó ANT ni TEAC, y se obtuvieron los valores más bajos de PF y FRAP. La harina de MB tuvo el mayor valor de PF (65,75 mg AG/100 g) luego de la de MM, seguido de la HA (49,24 mg AG/100 g), sin niveles detectados en la HM (Tabla 1, Fig. 2).

A medida que se incrementó la proporción de MM en la formulación de los panes, ANT, PF y actividad antioxidante también aumentaron. Resultados similares fueron obtenidos por de Zhu y Sun (2019) ante el agregado de distintas concentraciones de batata morada a panes cocidos a vapor. El cambio en la actividad antioxidante de las muestras podría atribuirse al incremento de la harina de MM en la formulación.

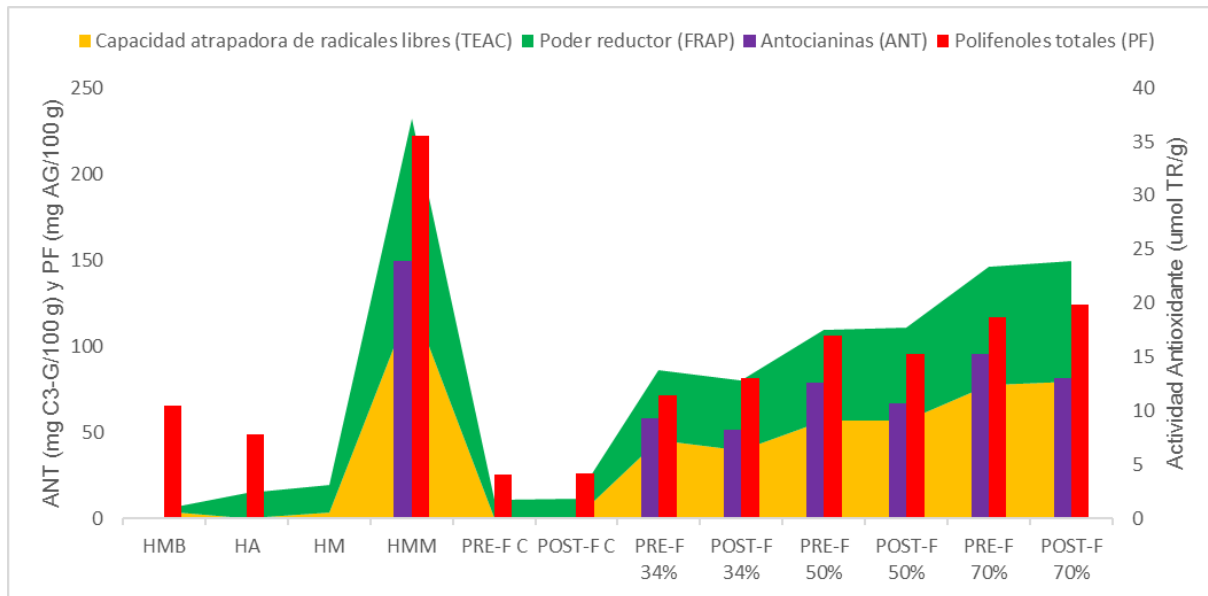


Figura 2. Contenido de antocianinas totales (ANT), contenido de polifenoles totales (PF) y actividad antioxidante por capacidad reductora (FRAP) y capacidad atrapadora de radicales libres (TEAC) de harinas y masas pre y post fermentadas. HMB: Harina de maíz blanco, HA: Harina de arroz, HM: Harina de mandioca, HMM: Harina de maíz morado, PRE-F C: Masa pre-fermentada control, POST-F C: Masa post-fermentada control, PRE-F 34%: Masa pre-fermentada 34%, POST-F 34%: Masa post-fermentada 34%, PRE-F 50%: Masa pre-fermentada 50%, POST-F 50%: Masa post-fermentada 50%, PRE-70%: Masa pre-fermentada 70%, POST-F 70%: Masa post-fermentada 70%.

Los procesos de fermentación y cocción, en general, disminuyeron el contenido de ANT, PF y actividad antioxidante en la mayoría de las formulaciones. En la muestra de 70 % MM, los valores de PF se mantuvieron similares, sin mostrar diferencias significativas entre la masa PRE-F, masa POST-F y el pan (Tabla 1). En la formulación de 34% MM, la

fermentación incrementó PF, y disminuyó en la de 50 % MM (Tabla 1). No se observaron diferencias significativas en PF entre la masa PRE-F y POST-F en el control. La fermentación no influyó en la capacidad antioxidante de las masas, aunque se evidenció una disminución tanto de FRAP y TEAC en el pan, luego del horneado (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la fermentación y la cocción en el contenido de ANT, PF y capacidad antioxidante.

Formulación	Proceso	ANT (mg C3-g/100g)	PF (mg AG/100g)	FRAP (μmol TR/g)	TEAC (μmol TR/g)
Control	PRE-F	n/d	25.5 B	1.79 B	n/d
	POST-F	n/d	26.18 B	1.86 B	n/d
	PAN	n/d	17.39 A	1.05 A	0.55
34 % MM	PRE-F	58.45 C	71.6 B	6.43 B	7.34 B
	POST-F	51.86 B	81.27 C	6.49 B	6.32 B
	PAN	23.14 A	49.96 A	3.56 A	5.12 A
50 % MM	PRE-F	78.94 C	106.49 C	8.49 B	9.07 B
	POST-F	66.6 B	95.5 B	8.62 B	9.16 B
	PAN	25.54 A	78.68 A	5.45 A	5.53 A
70 % MM	PRE-F	95.58 C	116.59 A	11.3 B	12.37 B
	POST-F	81.88 B	124.38 A	11.2 B	12.77 B
	PAN	48.08 A	119.29 A	8.17 A	9.87 A

ANT: Contenido de antocianinas; PF: Contenido de polifenoles totales; FRAP: Actividad antioxidante por capacidad reductora; TEAC: Capacidad atrapadora de radicales libres; 34 % MM: Formulación 34 % de maíz morado; 50 % MM: Formulación 50 % de maíz morado; 70 % MM: Formulación 70 % de maíz morado; PRE-F: Pre fermentación; POST-F: Post fermentación.

Valores seguidos por letras distintas en la misma columna son significativamente distintos ($p < 0,05$).

Digestibilidad del almidón y de compuestos antioxidantes de los panes

Se observó una disminución en %H y RDS ante el incremento en la proporción de MM en el pan, mientras que el control mostró los mayores valores (Tabla 2). Un

comportamiento opuesto se observó en RS. En cuanto a SDS, se destacó la formulación de 34% MM con el mayor valor, mientras que el pan de 50% MM y 70% MM no presentó diferencias significativas respecto al control (Tabla 2).

Estudios realizados por Rocchetti et al. (2018) y Camelo-Méndez et al. (2017) en harinas de maíz azul y blanco reportaron resultados similares, atribuyendo este comportamiento a la estructura molecular

del almidón de maíz morado y a las interacciones antocianinas-almidón, que pueden inhibir o retardar la actividad enzimática.

Tabla 2. Digestibilidad del almidón de panes libre de gluten elaborados con distintas proporciones de harina de maíz morado.

	HT (%)	RDS (g/100g)	SDS (g/100g)	RS (g/100g)
Control	72.32 C	71.6 D	0.72 A	27.68 A
34% MM	65.3 B	56.39 B	8.9 B	34.7 B
50% MM	67.23 B	62.33 C	4.9 A	32.77 B
70% MM	38.99 A	36.52 A	2.47 A	61.01 C

%HT: Hidrólisis total; RDS: Almidón rápidamente digerible; SDS: Almidón lentamente digerible; RS: Almidón resistente; 34 % MM: Formulación 34 % de maíz morado; 50 % MM: Formulación 50 % de maíz morado; 70 % MM: Formulación 70 % de maíz morado.

Valores seguidos por letras distintas en la misma columna son significativamente distintos ($p < 0,05$).

En la Tabla 3 se muestran los resultados de dializabilidad del almidón y de PF, ANT y actividad antioxidante de los panes. Los menores valores obtenidos de FD respecto a FND del almidón en todas las formulaciones indican una baja fracción dializable, lo que sugiere que luego de la digestión, este biopolímero queda bioaccesible para el organismo en bajas proporciones. No se detectó ANT en FD ni FND, lo que indica que, probablemente, las antocianinas fueron degradadas durante el proceso de digestión. Similares resultados fueron obtenidos por Barrios Silva y Bravo Muñoz (2020), quienes indicaron que las

condiciones de pH alcalino intestinal causan la degradación de antocianinas. Concordantemente, Van de Velde et al. (2018) reportaron bajos valores de bioaccesibilidad de antocianinas de moras luego del proceso de digestión gastrointestinal. En los panes de 34% MM y 50% MM, la fracción bioaccesible de PF fue de un 10 % (Tabla 3). En el control, no hubo diferencias significativas en PF del PAN con FND, lo que indica que el contenido de polifenoles del pan pasaría mayoritariamente al colon. En todas las formulaciones, los valores de FRAP de FD fueron menores a los obtenidos en FND y

el PAN. Sin embargo, se detectó mayor TEAC en FND respecto al PAN en las formulaciones de 34 % MM, 50 %MM y el control (Tabla 3), lo que evidencia una mayor capacidad antioxidante en la fracción no dializable luego de la digestión. Similares resultados fueron reportados en otros trabajos, sugiriendo que, probablemente, el proceso de digestión

genere un ambiente propicio que permita la liberación de compuestos bioactivos, así como transformaciones químicas que promuevan una mayor capacidad antioxidante (Pellegrini et al., 2017). En concordancia, Blanco Canalis et al. (2020) obtuvieron mayor actividad antioxidante en la fracción dializable de galletas con agregado de pulpa de durazno.

Tabla 3. Dializabilidad del almidón y de PF, ANT y actividad antioxidante en panes libres de gluten de maíz morado.

			Control	34%	50%	70%
D. Alm.	Almidón (g/100g)	FD	13.06 A	9.4 A	7.53 A	7.62 A
		FND	42.67 B	46.96 B	46.89 B	37.53 B
		PAN	70.93 C	72.33 C	71.73 C	64.56 C
D. Ant.	ANT (mg C3-G/100g)	FD	nd	nd	nd	nd
		FND	nd	nd	nd	nd
		PAN	nd	23.14 A	25.54 A	48.08 A
D. Cap. Antiox.	PF (mg AG/100g)	FD	4.72 A	5.33 A	6.39 A	6.78 A
		FND	17.45 B	19.6 B	20.92 B	43.39 B
		PAN	17.39 B	49.96 C	78.68 C	119.29 C
D. Cap. Antiox.	FRAP (μmol TR/g)	FD	0.28 A	0.37 A	0.49 A	0.53 A
		FND	2.98 A	3.51 B	3.36 B	7.02 B
		PAN	1.05 B	3.56 B	5.45 C	8.17 C
	TEAC (μmol TR/g)	FD	3.46 B	3.68 A	3.7 A	3.76 A
		FND	6.74 C	7.17 C	7.3 C	7.36 B
		PAN	0.55 A	5.12 B	5.53 B	9.87 C

D. Alm.: Dializabilidad del almidón; D. Ant.: Dializabilidad de los compuestos antioxidantes; D. Cap Antiox: Dializabilidad de la capacidad antioxidante; PF: Polifenoles totales; FRAP: Capacidad



antioxidante por reducción del hierro férrico; TEAC: Capacidad antioxidante por capacidad reductora; FD: fracción dializable; FND: fracción no dializable.

Valores seguidos por letras distintas en cada columna son significativamente distintos ($p < 0,05$).

Conclusiones

Este estudio evidenció que el agregado de harina de maíz morado aumentó el contenido de polifenoles y antocianinas en el pan, aunque los procesos de fermentación y cocción significaron, en general, una pérdida de estos compuestos, a excepción de la masa con 34% de maíz morado. Los panes elaborados con un 34% de maíz morado, sumado a que mostraron un incremento en los compuestos con capacidad antioxidante, no exhibieron diferencias en el VE con el control, además de producir una liberación más lenta de glucosa durante la digestión *in vitro*, probablemente debido a un efecto de las ANT y PF sobre el almidón.

Durante el proceso digestivo, las antocianinas se degradan casi en su totalidad, aunque los polifenoles quedarían biodisponibles en un 10%, tanto en el pan de 34% como el de 50% de maíz morado. Asimismo, la fracción no dializable de los polifenoles en todas las formulaciones indican su paso al tracto intestinal, lo que podría tener algún tipo de efecto a nivel de colon. Sumado a esto, la actividad antioxidante registrada luego de la dializabilidad en el pan del 34% resultó mayor en FND que FD. Esto indica que la

harina de maíz morado representa un potencial ingrediente para la producción de panificados libres de gluten con un perfil nutricional mejorado, ya que los panes con un 34% de MM en la formulación mostraron un volumen aceptable y una menor digestibilidad del almidón.

Bibliografía

Altamirano Gálvez, F. (2019). Efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado en el distrito Baños del Inca región Cajamarca, 2018. (Tesis de grado). Escuela Académico Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.

Atencio Mauricio, P. J. y Ramírez Blas, D. W. (2020). Evaluación de antioxidantes y características físicas de almidón en cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum*) con pulpas de color cultivadas en la región Huánuco (Tesis de grado). Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Emilio Valdizán. Huánuco, Perú.



Barrios Silva, I. C. y Bravo Muñoz, J. I. (2020). Biodisponibilidad y bioaccesibilidad de polifenoles y flavonoides (Tesis de grado). Escuela de Tecnología Médica, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Talca. Talca, Chile.

Benzie, I.F.F. and Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, (239), 70-76. doi: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.

Blanco Canalis, M. S., Baroni, M. V., León, A. E. and Ribotta, P. D. (2020). Effect of peach puree incorporation on cookie quality and on simulated digestion of polyphenols and antioxidant properties. *Food Chemistry*, (333). doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127464>.

Bustos, M. C., Vignola, M. B., Pérez, G. T. and León, A. E. (2017) In vitro digestion kinetics and bioaccessibility of starch cereal food products. *Journal of Cereal Science*, (77), 243-250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.018>.

Camelo-Méndez, G. A., Agama-Acevedo, E., Tovar, J. and Bello-Pérez, L. A. (2017). Functional study of raw and cooked blue

maize flour: Starch digestibility, total phenolic content and antioxidant activity. *Journal of Cereal Science* (76), 179-185. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.06.009>.

Cui, R. and Zhu, F. (2022). Changes in structure and phenolic profiles during processing of steamed bread enriched with purple sweet potato. *Food Chemistry* (369). doi:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130578>.

Da Costa Borges, V., Santos Fernandes, S., Da Rosa Zavareze, E., Monika Haros, C., Prentice Hernandez, C., Guerra Dias, A. R. and Salas-Mellado, M. M. (2021). Production of gluten free bread with flour and chia seeds (*Salvia hispânica* L). *Food Bioscience*, (43). doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101294>.

Di Rienzo, J., Guzmán, A., and Casanoves, F. (2002). A multiple comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, (7), 1-14.

Hong, S. H., Heo, J. I., Kim, J. H., Kwon, S. O., Yeo, K. M., Bakowska-Barczak, A. M. and Kang, Y. H. (2013) Antidiabetic and



Beta cell-protection activities of purple corn anthocyanins. *Biomolecules & therapeutics*, 21 (4), 284-289. doi: [10.4062/biomolther.2013.016](https://doi.org/10.4062/biomolther.2013.016).

Hu, X., Cheng, L., Hong, Y., Li, Z., Li, C., and Gu, Z. (2022). Impact of celluloses and pectins restrictions on gluten development and water distribution in potato-wheat flour dough. *International Journal of Biological Macromolecules*, (206), 534-542. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.02.150>.

Khemiri, S., Kheli, N., Cristiana, M., Ferreira, A., Gouveia, L., Smaali, I., and Raymundo, A. (2020). Microalgae biomass as an additional ingredient of gluten-free bread: Dough rheology, texture quality and nutritional properties. *Algal Research*, (50). doi: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101998>

Ktenioudaki, A., Alvarez-Jubete, L., and Gallagher, E. (2015). A review of the process-induced changes in the phytochemical content of cereal grains: The breadmaking process. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (55), 611-619. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.667848>.

Lee, J., Durst, R. and Wrolstad, R. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of Association of Official Analytical Chemists International*, (88), 1269-1278.

López-Martínez, L. X., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C. H., Parkin, K. L. and Garcia, H. S. (2009) Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Sci Technol.* (42), 1187–1192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.010>.

Monthe, O. C., Grosmaire, L., Nguimbou, R. M., Dahdouh, L., Ricci, J., Tran, T. and Ndjouenkeu, R. (2019). Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. *LWT*, (101), 575-582. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.051>.

Nardini, M. and Garaguso, I. (2020). Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*, (305). doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>.



Pellegrini, M., Lucas-Gonzalez, R., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A. and Viuda-Martos, M. (2017) Bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant capacity of Chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Plant foods for human nutrition*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0649-7>

Pico, J., Reguilón, M. P., Bernal, J., and Gomez, M. (2019). Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. *Journal of Cereal Science*, (86), 92–101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.014>.

Rocchetti, G., Giuberti, G., Gallo, A., Bernarni, J., Marocco, A. and Lucini, L. (2018). Effect of dietary polyphenols on the in vitro starch digestibility of pigmented maize varieties under cooking conditions. *Food Research International*, (108), 183-191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.049>.

Van de Velde, F., Pirovani, M. E. and Drago, S. R. (2018). Bioaccessibility analysis of anthocyanins and ellagitannins from blackberry at simulated gastrointestinal and colonic levels. *Journal*

of Food Composition and Analysis, (72), 22-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.05.007>.

Xie, L., Su, H., Sun, C., Zheng, Z. and Chen, W. (2018). Recent advances in understanding the anti-obesity activity of anthocyanins and their biosynthesis in microorganisms. *Trends in Food Science & Technology*, (72), 13-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.002>.

Wang, Y., Luan, G., Zhou, W., Meng, J., Wang, H., Hu, N., and Suo, Y. (2018). Subcritical water extraction, UPLC-Triple-TOF/MS analysis and antioxidant activity of anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr. *Food chemistry*, (249), 119-126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.078>

Zhu, F. and Sun, J. (2019). Physicochemical and sensory properties of steamed bread fortified with purple sweet potato flour. *Food Bioscience*. (30). doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.04.012>.

Financiamiento

- Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (Cód: 33620180100821CB02; Res SECyT-UNC N°411/2018).
- Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba (Res. MINCyT N° 000077/2019).
- Fondo para la Investigación Científica y



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Tecnológica (PICT - 2018 – 03238)

Agradecimiento

A todos aquellos que me acompañan en el desarrollo personal y profesional.

Efectos del terroir en parámetros agronómicos , química del vino y propiedades sensoriales de Cabernet Franc en cuatro Indicaciones Geográficas de Mendoza, Argentina.



D.34. Ciencias de la Vida: Agroalimentario

Efectos del terroir en parámetros agronómicos, química del vino y propiedades sensoriales de Cabernet Franc en cuatro Indicaciones Geográficas de Mendoza, Argentina.

Autor: Muñoz, Flavio Andrés; Flavio_m@hotmail.com

Co-autor(es): Buscema, Fernando²; fbuscema@catenainstitute.com

Fontana, Ariel¹; afontana@fca.uncu.edu.ar; Urvieta, Roy²; rurvieta@catenainstitute.com;

Profesor/a guía: Berli, Federico¹; fberli@fca.uncu.edu.ar

Universidad Nacional de Cuyo

Resumen

El material vegetal está influenciado por el sitio donde se implantan. Se tomaron muestras de uvas Cabernet Franc (CF) de parcelas ubicadas en 4 Indicaciones Geográficas (IGs) diferentes del Valle de Uco (Gualtallary, Pampa el Cepillo, Paraje Altamira) y Luján de Cuyo (Agrelo). Las IG son una estrategia enológica para diferenciar cada producto final.

El cultivar (cv.) Cabernet Franc sigue creciendo en superficie y en prestigio para vinos de alta gama en Argentina y en Mendoza. Valle de Uco, ubicado cerca de la Cordillera de los Andes, se caracteriza por gran altitud, alta radiación solar, suelo rocoso y permeable, y gran amplitud térmica. Por otro lado, los viñedos en la región de Luján de Cuyo muestran menor altitud con suelos más profundos y temperaturas más cálidas. El objetivo de este estudio fue caracterizar parámetros agronómicos, perfiles y concentración de compuestos fenólicos y propiedades sensoriales de vinos CF de 4 parcelas ubicadas en diferentes IGs de Mendoza. Medimos parámetros agronómicos (rendimiento) que permiten discriminar parcialmente las IG. Muchos compuestos fenólicos, se correlacionaron con la altitud a nivel antocianos y no antocianos.

Fue posible discriminar marcadamente las IG a través del análisis sensorial descriptivo de los vinos, teniendo en cuenta las características aromáticas y gustativas.

Este es el primer informe que presenta una caracterización de los parámetros de crecimiento de la vid, la composición química del vino y las propiedades sensoriales del cv. Cabernet Franc de Mendoza, Argentina, según la influencia del sitio de cultivo.

Palabras clave: Antocianinas, Origen geográfico, Terroir, Vitis vinifera L., Análisis sensorial.

Introducción

El Cabernet Franc es una de las variedades de mayor calidad y prestigio que se cultiva en todo el mundo. Originario de Francia, en particular en tres lugares: Pomerol, el Valle del Loira y Saint-Émilion. En Argentina se implantan 1.569 ha. (OVA, 2021). Gran parte se concentra en Mendoza, específicamente entre Luján de Cuyo y Valle de Uco (82%).

En el país pasó de ser una variedad que se utilizaba para vinos de corte a ser vinificado como varietal en los últimos años, cobrando relevancia por sus características enológicas.

Los viñedos en Mendoza están ubicados en cinco áreas bien diferenciadas que corresponden a los diferentes oasis productivos (áreas bajo riego).

Las de mayor reputación vitivinícola son las del Valle de Uco (departamentos de Tupungato, Tunuyán y San Carlos), en las estribaciones de la Cordillera de los Andes hasta los 1.500 m sobre el nivel del mar, y las de Luján de Cuyo (departamento que se encuentra ubicado cerca de la ciudad de Mendoza) a 950 m sobre el nivel del mar. Menos de cien kilómetros separan estas dos zonas, y se pueden encontrar grandes diferencias entre los vinos que proceden de ellas. Estas diferencias se deben a varios factores, incluida la diferencia de altitudes. Las características de la vid dependen del “terroir”, concepto que hace referencia a los efectos del material vegetal (genotipo), combinado con factores ambientales y las condiciones de manejo del cultivo. Asimismo, la importancia de la calidad integra varios aspectos, pero para la producción de vinos tintos con capacidad de envejecimiento, tiene una correlación con altos contenidos de compuestos fenólicos (Bramley, et al. 2007).



Imagen 1 – Mapa Indicaciones Geográficas.

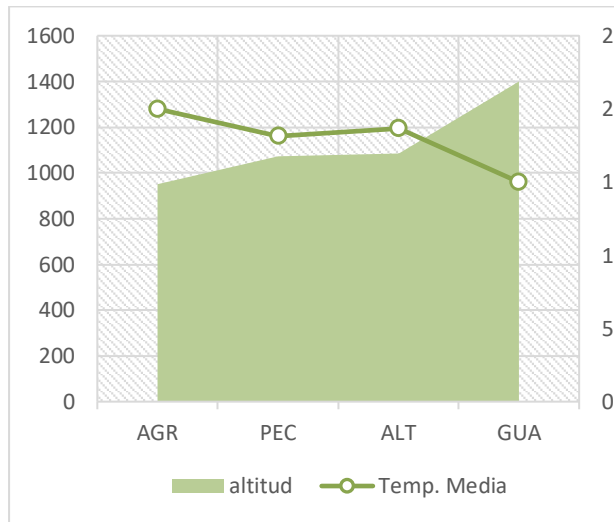


Figura 1- Altitud y temperatura media promedio de las IG.

Por lo tanto, vinos con altos contenidos de compuestos fenólicos pueden ser considerados *a priori* de mayor calidad, pero también dependerá del tipo de compuestos fenólicos (perfil) y de su relación con otros compuestos que dan tipicidad varietal. Hay muy pocos estudios sobre la variedad Cabernet Franc, pero su tipicidad parece verse favorecida en zonas más frías de cultivo y con poca exposición de los racimos a la luz, mientras que en las zonas de cultivo más cálidas se obtienen aromas neutros, y se pierden las MPs (Ryona I., et al. ,2008.; Scheiner JJ., et al. ,2012.). En base a resultados con otras variedades, un aumento de la exposición a la luz disminuiría los niveles de MPs (Koyama K., et al., 2012) y aumentaría el contenido de aromas terpénicos y de compuestos fenólicos (resveratrol,

antocianos y flavonoles como la quercetina) (Berli FJ., et al. 2011.; Berli FJ., et al, 2015).

Los compuestos fenólicos están presentes en las bayas y son extraídos durante la vinificación, siendo determinantes de las características organolépticas y la calidad del vino (por ejemplo, color, estructura, amargor y astringencia) (Brossaud F. et al. ,2001.).

Incluyen a los ácidos fenólicos (hidroxicinámicos e hidroxibenzoicos), a los estilbenos como el resveratrol y a los flavonoides como los antocianos (pigmentos rojos responsables del color en variedades tintas), flavanoles (polimerizados forman los taninos) y flavonoles (pigmentos amarillos) (Brossaud F. et al. ,2001.; Garrido J. and F. Borges, 2013.).

Existe una diversidad de trabajos que han confirmado que el origen geográfico tiene una influencia directa en la composición química y sensorial de los vinos (Robinson AL., et al ,2012. ; Roullier-Gall C., et al. ,2015.), pudiéndose incluso discriminar vinos producidos en parcelas muy próximas (Roullier-Gall C., et al. ,2014).

Objetivos

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar compuestos fenólicos (CPs) y perfil sensorial de vinos del cv. Cabernet

Franc provenientes de viñedos ubicados en distintas IG del Valle de Uco (Altamira, Pampa El Cepillo y Gualtallary) y Luján de Cuyo (Agrelo), pertenecientes a la Bodega Catena Zapata. En todos los casos se utilizó el mismo material vegetal y fueron elaborados bajo condiciones estandarizadas.

Materiales y Métodos

Las muestras de cada IG fueron cosechadas manualmente con una madurez comercial (24 °Brix) y se vinificaron por separado. Las condiciones de elaboración fueron estandarizadas, en base a un protocolo del Departamento de Investigación de la Bodega para microvinificaciones, y se llevaron a cabo en tanques de 50 litros de acero inoxidable.

Sobre los vinos obtenidos en los diferentes experimentos, se realizaron la caracterización del perfil de compuestos fenólicos (antocianos y no antocianos), mediante la utilización cromatografía líquida acoplada a detectores de arreglo de diodos y fluorescencia en serie (HPLC-DAD-FLD).

Caracterización del perfil de CPs (antocianos y no antocianos)

La identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos presentes en los extractos de uva y vino se realizó mediante HPLC-DAD. Para la preparación de muestras se utilizó la metodología

previamente descrita por Fontana et al. (2016), la cual es esquematizada en la figura 1.

Diagrama 1: Esquema de la técnica de extracción QuEChERS y d-SPE

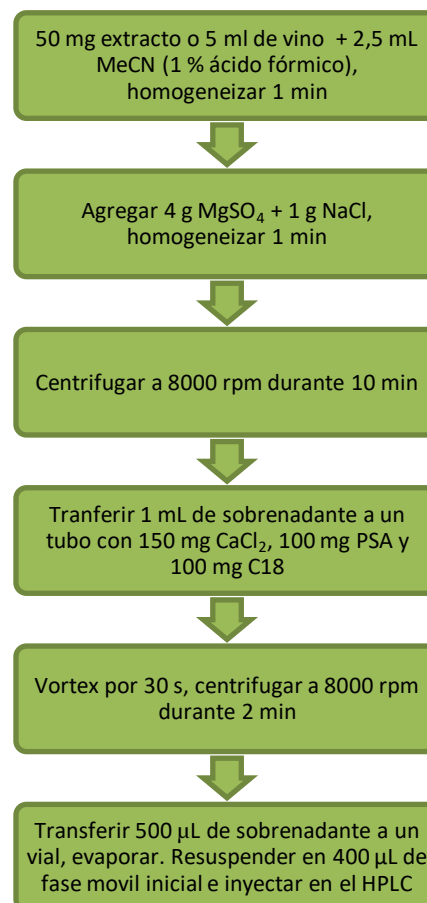


Figura 2 – Esquema de la técnica de extracción (QuEChERS).

Este método permite la separación de 20 compuestos fenólicos representativos de diferentes familias químicas (ácidos fenólicos, flavanoles, flavonoles y estilbenos). Las longitudes de onda de cuantificación para las diferentes familias de analitos fueron: 254nm, 280nm, 320nm y 370nm.

Caracterización de compuestos fenólicos antocianos

El análisis de antocianos se realizó de acuerdo al método reportado por Antonioli en 2015 con algunas modificaciones y utilizando la misma columna que para la medición de los compuestos no antocianos. En este caso, una alícuota de 5 mg de extracto liofilizado de uva o 500 μ l de vino concentrado fueron re-suspendido en fase móvil inicial del método HPLC para antocianos y luego se procedió a la inyección. La cuantificación se llevó a cabo mediante mediciones del área de los compuestos a 520 nm (Antonioli et al., 2015).

Análisis de los datos

Los resultados obtenidos de cada uno de los compuestos antocianos y antocianos presentes en uvas provenientes de cada IG fueron representados en un gráfico de correlación donde se localizan las zonas en función del contenido de compuestos antocianos. Para no antocianos se utilizó un análisis multivariado de conglomerados. Los resultados obtenidos de cada uno de los compuestos antocianos y antocianos presentes en vinos provenientes de cada IG fueron representados en InfoStat versión 2020.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos (Figura 2) a nivel agronómicos mostraron como al aumentar en altitud, el cv. Cabernet Franc disminuía en diámetro de tronco, pero en contra partida aumentaba la producción por planta de manera significativa.

Para peso seco de baya se observó que la IG GUA, tuvo un peso mayor de baya seca, seguida de AGR. Encontrándose cercanas en peso las IGs de PEC y ALT (cercanas en distancias entre si).

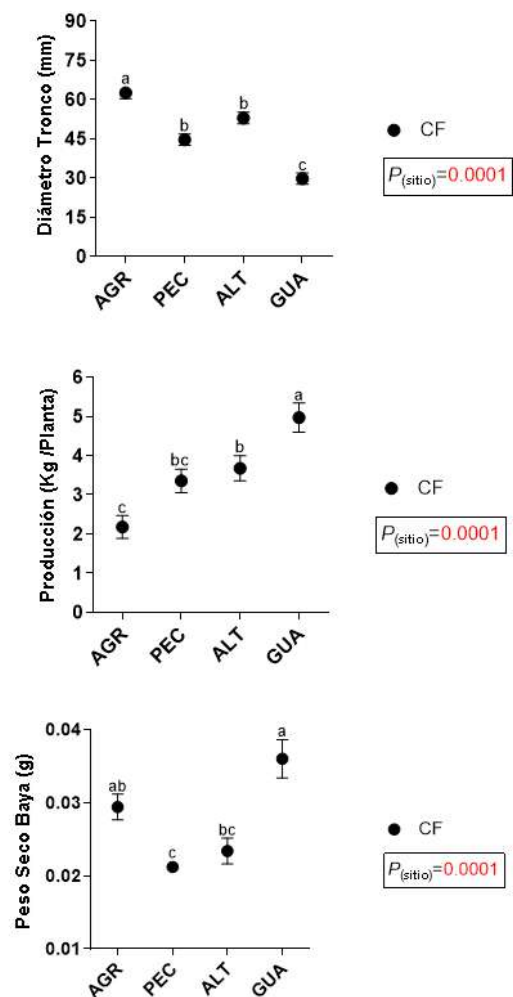


Figura 2- Parámetros Agronómicos.

La quimimetría de vinos indico como se encuentran las IGs en función de los compuestos analizados (Figura 3- PCA). El PCA cuenta con un 95 % de explicación. Se observa en el eje x (78,3%) como se diferencia GUA del resto de las Indicaciones Geográficas. GUA tiene afinidad Petunidina 3-glucosido, Peonidina 3-glucosido, Delfinidina 3-acetilglucosido, Petunidina 3-acetilglucosido principalmente. Opuestamente se encuentra PEC y ALT, que contienen Malvidina 3-acetilglucosido y Malvidina 3-O-glucósido. AGR agrupa principalmente a Petunidina 3-p-cumarilglucosido.

Se puede observar diferencias de GUA con el resto de las IGs.

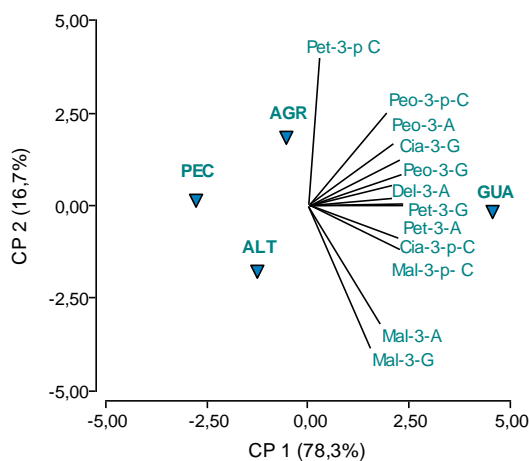


Figura 3- Análisis de Conglomerados (Antocianos).

No Antocianos
Distancia: (Euclidea)

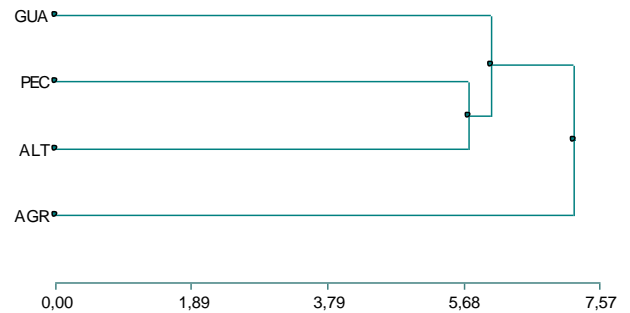


Figura 4- Análisis de Conglomerados (No antocianos).

Para los No antocianos (Figura 4 – conglomerado) se determinaron 18 compuestos como Ácido gálico, Ácido siríngico, Ácido Caféico, Ácido Caftárico, Ácido p-cumárico, Ácido ferúlico, *trans*-resveratrol, Procianidina B1, (+)-catequina, Procianidina B2, (-)-epicatequina, (-)-galocatequina, (-)-galocatequin galato, (-)-epicatequin galato

Kampferol-3-glucosido, Quercetina, OH-tirosol, Tirosol. Estos fueron analizados a través de un análisis multivariado (Análisis de Conglomerados), lo cual conjugo compuestos en función de cada IG y dando como resultado similitudes y diferencias entre las variables.

Se puede observar como AGR se diferencia del resto de las IGs.

Encontrando cierta similitud de ALT y PEC con GUA.

La elevada concentración de compuestos antocianos y no antocianos puede referir a la alta exposición a UV-B debido a la altitud (1350 msnm) y sus bajas temperatura.

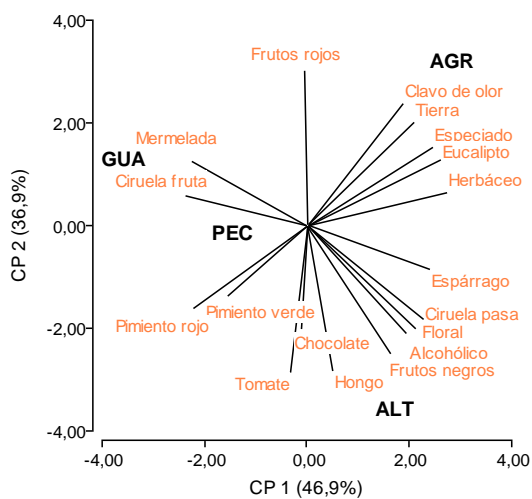


Figura 5 - PCA Descriptores aromáticos.

En el análisis sensorial se fijaron ciertos descriptores aromáticos como: frutos rojos, clavo de olor, tierra, especiado, eucalipto, herbáceo, mermelada, ciruela fruta, pimiento rojo, pimiento verde, tomate, chocolate, hongos, frutos negros, alcohólico, floral, ciruela pasa y espárrago.

El análisis multivariado, arroja que existen diferencias entre las IGs, en función de los descriptores anteriormente mencionados. En la figura 5 (PCA) Los vinos de GUA, tiene un perfil de ciruela fruta y mermelada, mientras que los de AGR tiene un perfil

más especiado. Finalmente, para las IGs PEC el perfil fue pirazínico (pimientos) y ALT chocolate y fruto negros.

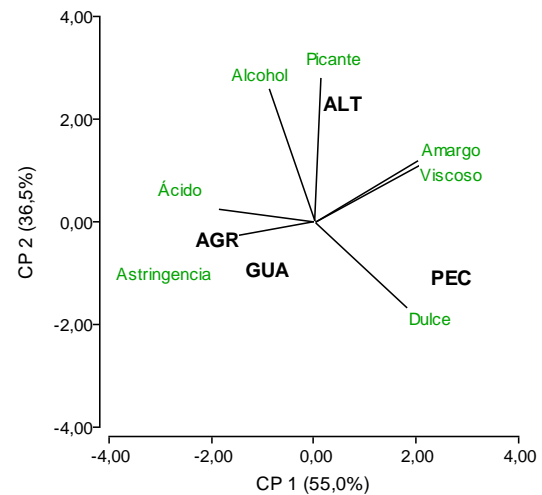


Figura 6- PCA Descriptores de boca.

Para el caso de descriptores de boca (Figura 6) (alcohol, picante, dulce, astringente, amargo, viscoso y ácido) se observó que el descriptor picante se relacionó con la IG ALT, el dulce con PEC y ácido y astringente con las IGs GUA y AGR.

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran un claro efecto del "terroir" en los vinos provenientes de distintos departamentos de Mendoza que fueron evaluados y comparados.

Los resultados muestran que las distintas IGs tienen diferente composición química y que los niveles de los distintos compuestos se correlacionan con variables



como la altitud. La concentración de antocianos totales es superior en Gualtallary, en correlación con la mayor altitud (1450 m.s.n.m). En oposición AGR concentro no antocianos (950 m.s.n.m).

Para las IGs ALT y PEC se comportaron de manera similar con respecto a compuestos fenólicos (antocianos y no antocianos).

A nivel sensorial la diferenciación fue clara para las diferentes indicaciones.

Los resultados obtenidos contribuyen a caracterizar las zonas productoras de Cabernet Franc de Argentina.

El presente estudio también ofrece nuevos conocimientos relacionados con la selección de sitios de viñedos y el perfil sensorial de los vinos que ayudan a comprender los efectos del clima y el origen geográfico de las uvas en los parámetros de calidad de los vinos finales.

Referencias Bibliográficas

- Observatorio vitivinícola Argentino(OVA)
<http://observatoriova.bolsamza.com.ar/BOE/OpenDocument/1902271409/OpenDocument/pendoc/openDocument.faces?logonSuccessful=true&shareId=0>.
- Antonioli, A., Fontana, A. R., Piccoli, P., & Bottini, R. (2015). Characterization of polyphenols and evaluation of antioxidant capacity in grape pomace of the cv. Malbec. *Food Chemistry*, 178, 172-178.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Koyama, K., Ikeda, H., Poudel, P. R., & Goto-Yamamoto, N. (2012). Light quality affects flavonoid biosynthesis in young berries of Cabernet Sauvignon grape. *Phytochemistry*, 78, 54-64.
- Robinson, A. L., Adams, D. O., Boss, P. K., Heymann, H., Solomon, P. S., & Trengove, R. D. (2012). Influence of geographic origin on the sensory characteristics and wine composition of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon wines from Australia. *American journal of enology and viticulture*, 63(4), 467-476.
- Roullier-Gall, C., Witting, M., Tziotis, D., Ruf, A., Gougeon, R. D., & Schmitt-Kopplin, P. (2015). Integrating analytical resolutions in non-targeted wine metabolomics. *Tetrahedron*, 71(20), 2983-2990.
- Roullier-Gall, C., Lucio, M., Noret, L., Schmitt-Kopplin, P., & Gougeon, R. D. (2014). How subtle is the “terroir” effect? Chemistry-related signatures of two



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

“climats de Bourgogne”. *PLoS One*, 9(5), e97615.

- Ryona, I., Pan, B. S., Intrigliolo, D. S., Lakso, A. N., & Sacks, G. L. (2008). Effects of cluster light exposure on 3-isobutyl-2-methoxypyrazine accumulation and degradation patterns in red wine grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Franc). *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(22), 10838-10846.
- Scheiner, J. J., Heuvel, J. E. V., Pan, B., & Sacks, G. L. (2012). Modeling impacts of viticultural and environmental factors on 3-isobutyl-2-methoxypyrazine in Cabernet franc grapes. *American journal of enology and viticulture*, 63(1), 94-105.

Estudio del crecimiento de familias de medios hermanos de
Lotus tenuis en condiciones de salinidad e inundación



D. 34. Agroalimentos

Estudio del crecimiento de familias de medios hermanos de *Lotus tenuis* en condiciones de salinidad e inundación

Autor: Monsalvo, Alma Victoria; vikimonsalvo@gmail.com

Co-autores: Affinito, Agustina; maaffinito@comunidad.unnoba.edu.ar; Andrés, Adriana; adrianaandres@unnoba.edu.ar; Maciel, María; marialola.maciel@gmail.com; Varea, Ivana; ivanavarea@unnoba.edu.ar

Profesora guía: Affinito, Agustina; maaffinito@comunidad.unnoba.edu.ar

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

Resumen

Lotus tenuis es una leguminosa forrajera que se adapta a suelos que presentan limitaciones edáficas como salinidad e inundación. Su evaluación en estos ambientes es de interés agronómico ya que otras especies no se adaptan a los mismos. El objetivo de este trabajo fue estudiar el crecimiento en etapa vegetativa de 9 familias de medios hermanos (FMH) de la especie en condiciones de salinidad e inundación. Las FMH se dispusieron en invernáculo utilizando un diseño en bloques completos al azar con 2 repeticiones y 4 tratamientos: control (C, riego con agua y libre drenaje), salinidad (S, riego con NaCl 150 mM y libre drenaje), inundación (I, sumersión en agua hasta 2 cm sobre el nivel del sustrato), salinidad-inundación (SI, sumersión en NaCl 150 mM hasta 2 cm sobre el nivel del sustrato). A los 28 días se evaluaron longitud de tallo principal (LTP, cm), número de tallos vegetativos (NTV) y peso seco aéreo (PSA, g) en 6 plantas/FMH/tratamiento. Se realizó ANOVA y pruebas de comparaciones múltiples DGC. PSA y NTV presentaron valores promedio inferiores a los del control en I, S y SI, mientras que LTP no disminuyó en el tratamiento I respecto al control. Esto evidencia la existencia de una adaptación a nivel morfológico mediante la elongación de los órganos aéreos, incrementando así el área foliar por encima del nivel del agua. Además, se encontró interacción significativa ($p < 0,05$) entre FMH y tratamiento para las tres variables. Las FMH 1, 2 y 10 resultaron promisorias en las tres condiciones de estrés. Las FMH 1 y 2 presentaron alto NTV, LTP y PSA mientras que la FMH 10 presentó alto PSA y LTP. La FMH 13 presentó alta LTP en I, S y SI pero esto no impactó en un mayor PSA en SI. La información obtenida resulta de importancia para el programa de mejoramiento genético de la especie.

Palabras clave: mejoramiento genético, forrajeras, estrés abiótico



Introducción

En los últimos tiempos a causa de la expansión agrícola, la ganadería se ha relocalizado en las zonas bajas de la Pampa Deprimida donde se encuentran suelos con limitantes edáficas como salinidad e inundación, que afectan significativamente la productividad de los cultivos, limitando su crecimiento y rendimiento (Munns & Gilliam, 2015; Striker & Colmer, 2017). La reducción del crecimiento producida por las sales es el resultado de la acción combinada de varios factores que impactan causando pérdida de turgencia, inhibición de la extensión celular, inhibición de la acumulación de clorofila en hojas, pérdida de regulación estomática, acumulación de iones tóxicos en las células y tejidos, formación de productos tóxicos para la planta, o bien al efecto negativo de los iones sobre el equilibrio nutritivo de la misma (Munns *et al.*, 2016; Munns & Tester, 2008; Shabala & Munns, 2017). Por otra parte, la saturación de los poros de un suelo anegado inhibe el intercambio de gases entre las raíces y la atmósfera, generando hipoxia o anoxia en las raíces. El crecimiento de estas se reduce al igual que su absorción de agua y nutrientes, lo que afecta el suministro de energía para el crecimiento de la planta (Colmer & Greenway, 2011). Cuando la inundación también genera la sumersión de la parte

aérea, se reduce la luz solar y el CO₂ para la fotosíntesis (Voeselek *et al.*, 2006).

Uno de los recursos forrajeros que mejor se adapta a ambientes marginales con estas limitantes edáficas es *Lotus tenuis* Waldst. et Kit, una leguminosa herbácea perenne que presenta crecimiento postrado y ciclo productivo primavero-estivo-otoñal (Beuselinck *et al.*, 1986; Lambrechtsen *et al.*, 1986; Miñón *et al.*, 1990; Vignolio & Fernández, 2006). Se encuentra naturalizada en los campos bajos salino-alcálicos de la Pampa Deprimida Argentina y es muy valorada por su aporte a la oferta forrajera de los sistemas ganaderos de la región, ya que presenta una buena adaptación en áreas donde predominan gramíneas. Esto permite que sea una especie conveniente para mejorar el contenido de nitrógeno y la digestibilidad de la materia seca en regiones donde no prosperan otras especies importantes como la alfalfa, u otras leguminosas (Clua *et al.*, 1997). *L. tenuis* presenta capacidad de adaptarse a diversos ambientes. Frente a la inundación, altera su hábito de crecimiento de postrado a erecto (Striker *et al.*, 2005). También presenta una mayor porosidad en las raíces respecto de otras especies lo que genera una mejor aireación (Striker & Colmer, 2017). Respecto a la salinidad, *L. tenuis* se considera una especie tolerante que



presenta diversos mecanismos para hacer frente al estrés (Affinito, 2020; Teakle, Amtmann, *et al.*, 2010). Numerosas evidencias demuestran la presencia de una alta variabilidad genética a distintos niveles en el germoplasma de *L. tenuis* al evaluar la tolerancia a la salinidad en las etapas de germinación y crecimiento vegetativo (Affinito, 2020; Franco, 2014; Ixtaina & Mujica, 2010; Pesqueira, 2008; Teakle, Snell, *et al.*, 2010). También se encontró variabilidad en la tolerancia a la inundación (Di Bella *et al.*, 2020, Vignolio *et al.*, 1999).

Investigaciones realizadas en *L. tenuis* en la unidad integrada UNNOBA-INTA, han permitido seleccionar familias de medios hermanos (FMH) tolerantes y susceptibles a salinidad (Affinito, 2020; Andrés & Rosso, 2007; Franco, 2014). Sin embargo existen escasos estudios referidos a la variabilidad de la especie cuando existe un efecto combinado del estrés salino y la inundación. El estudio de la respuesta de la especie a estreses abióticos permite mejorar su productividad y adaptabilidad incrementando la oferta forrajera para la región. La obtención de germoplasma con tolerancia a estreses abióticos como salinidad e inundación es un objetivo central para el programa de mejoramiento genético de la especie.

Objetivo

Estudiar el crecimiento en etapa vegetativa de 9 familias de medios hermanos (FMH) de *Lotus tenuis* en condiciones de salinidad e inundación para seleccionar germoplasma tolerante a dichos estreses.

Materiales y Métodos

Material vegetal

Se evaluaron 9 familias de medios hermanos (FMH) de *L. tenuis* obtenidas por el programa de mejoramiento genético de la especie de la Unidad Integrada UNNOBA-INTA, que provienen de poblaciones naturalizadas colectadas en campos bajos de la Provincia de Buenos Aires (Andrés & Rosso, 2007).

Evaluación en invernáculo

Las 9 FMH de *L. tenuis* se sembraron en macetas de 100 ml con tierra y arena (1:1). Se regaron con solución nutritiva Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950). Luego de 50 días, se colocaron 6 macetas con plantas individuales en contenedores de polietileno de 14 cm x 19 cm x 40 cm. Cada contenedor constituyó una unidad experimental. El ensayo se realizó en condiciones de invernáculo y se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con dos repeticiones y cuatro tratamientos:

- Control (C): las plantas fueron regadas con agua en condición de drenaje libre
- Salinidad (S): se regaron con NaCl 150 mM en condición de drenaje libre
- Inundación (I): sumersión en agua hasta 2 cm sobre el nivel del sustrato, sin drenaje.
- Salinidad e inundación (SI): sumersión en NaCl 150 mM hasta 2 cm sobre el nivel del sustrato, sin drenaje.

Las plantas de los tratamientos C y S se mantuvieron a capacidad de campo durante todo el ensayo. La concentración salina en los tratamientos S y SI se alcanzó gradualmente para evitar *shock* osmótico, a razón de 50 mM por día. Diariamente se adicionó solución en los tratamientos con inundación para mantener el nivel de agua 2 cm por encima del sustrato. Luego de 28 días de alcanzados los tratamientos completos, se cosecharon las plantas y se evaluó longitud de tallo principal (LTP, cm), número de tallos vegetativos (NTV) y peso seco aéreo (PSA, g).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el software InfoStat/P (Di Rienzo *et al.*, 2020) en su interfaz con R. Se ajustaron modelos para heterogeneidad de

variaciones mediante el módulo de modelos lineales generales y mixtos (MLM). Se realizó ANOVA de dos factores (FMH y tratamientos) y cuando existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) se compararon las medias mediante la prueba de comparaciones múltiples DGC.

Resultados y Discusión

Los resultados indicaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre FMH y entre tratamientos e interacción significativa entre FMH y tratamientos para las tres variables evaluadas. Los valores promedio del PSA y el NTV en los tratamientos I, S y SI, resultaron inferiores a los del control (Tabla 1). Por otra parte, la longitud del tallo principal promedio en el tratamiento I no presentó diferencias significativas con la del control (Tabla 1). Esto evidencia la existencia de una adaptación a nivel morfológico mediante la elongación de los órganos aéreos, incrementando así el área foliar por encima del nivel del agua (Striker, 2012). Esta respuesta facilita la fotosíntesis y captación de oxígeno en los órganos aéreos, y se corresponde con lo hallado en otras investigaciones trabajando con la especie en estudio (Di Bella *et al.*, 2020). En la tabla 1 también se observa que la combinación de salinidad e inundación afectó el crecimiento promedio de las plantas en

mayor medida que los estreses individuales.

Tabla 1. Valores promedio del peso seco aéreo (PSA), la longitud del tallo principal (LTP) y el número de tallos vegetativos (NTV) de 9 FMH de *Lotus tenuis* bajo los tratamientos Control (C), Inundación (I), Salinidad (S), y Salinidad-Inundación (SI).

Tratamiento	Variable		
	PSA (g)	LTP (cm)	NTV
C	0,74 A	21,50 A	14,90 A
I	0,51 B	20,95 A	12,11 B
S	0,44 C	15,42 B	11,43 B
SI	0,40 D	17,38 C	11,64 B

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas ($P < 0,05$) según el test DGC.

En coincidencia con lo hallado previamente (Affinito, 2020; Franco, 2014; Di Bella *et al.*, 2020; Ixtaina & Mujica, 2010; Pesqueira, 2008; Teakle, Snell, *et al.*, 2010; Vignolio *et al.*, 1999) se halló variabilidad entre las familias estudiadas. Las FMH 1, 2 y 10 resultaron promisorias en las tres condiciones de estrés. Las FMH 1 y 2 presentaron alto NTV, LTP y PSA (Figuras 1, 2 y 3) mientras que la FMH 10 presentó alto PSA y LTP (Figuras 1 y 3). La FMH 13 presentó alta LTP en I, S y SI (Figura 3) pero esto no impactó en un mayor PSA en SI (Figura 1).

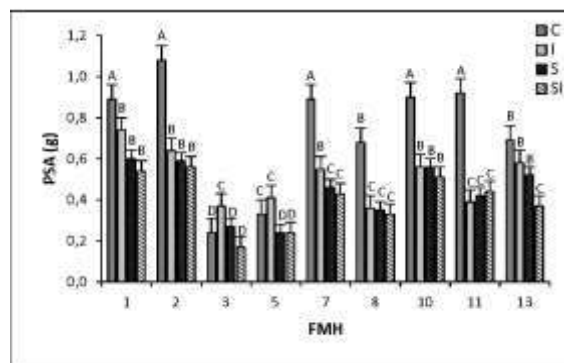


Figura 1. Peso seco aéreo (PSA, g) de familias de medios hermanos (FMH) de *Lotus tenuis* sometidas a tratamientos control (C), inundado (I), salino (S) y salino-inundado (SI). Se muestran las medias + E.E. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según test de diferencias de medias DGC.

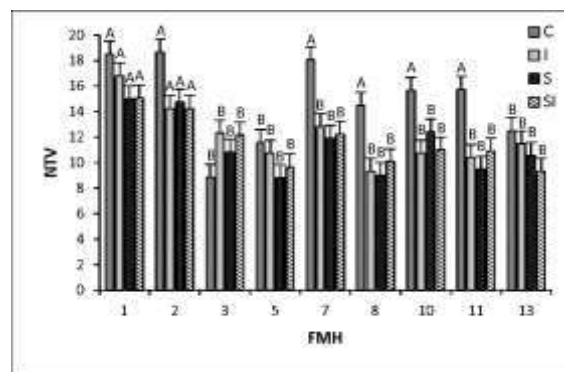


Figura 2. Número de tallos vegetativos (NTV) de familias de medios hermanos (FMH) de *Lotus tenuis* sometidas a tratamientos control (C), inundado (I), salino (S) y salino-inundado (SI). Se muestran las medias + E.E. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según test de diferencias de medias DGC.

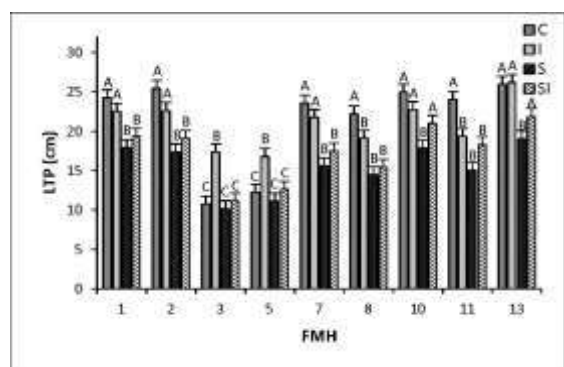


Figura 3. Longitud del tallo principal (LTP, cm) de familias de medios hermanos (FMH) de *Lotus tenuis* sometidas a tratamientos control (C), inundado (I), salino (S) y salino-inundado (SI). Se muestran las medias + E.E. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según test de diferencias de medias DGC.



Conclusiones

Este trabajo permitió detectar variabilidad fenotípica para caracteres morfológicos en germoplasma de *Lotus tenuis* bajo salinidad e inundación, lo cual resulta altamente auspicioso para su aplicación en el programa de mejoramiento de la especie. El ensayo realizado permitió detectar comportamiento diferencial entre las FMH evaluadas en fase vegetativa juvenil.

Bibliografía

Affinito, M. A. (2020). *Participación del antiporter vacuolar NHX1 de Lotus tenuis en la tolerancia a salinidad*. Universidad Nacional de Rosario.

Andrés, A., & Rosso, B. (2007). Characterization of *Lotus glaber* germplasm from Buenos Aires province – Argentina. *Lotus Newsletter*, 37(1), 24.

Beuselinck, P. R., Ben Younes, M., & McGraw, R. L. (1986). Taxonomic Investigation of an Accession of *Lotus* spp. *Crop Science*, 26(4), 661–664. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600040003x>

Clua, A. A., Gimenez, D. O., & Fernandez, L. V. (1997). Increase in forage yield in narrowleaf birdsfoot trefoil (*Lotus tenuis* Waldst & Kit ex Willd) in a permanent pasture with foliar applied gibberellic acid

(GA3), and phosphorus. *Plant Growth Regulation*, 21(3), 223–228. <https://doi.org/10.1023/A:1005841011102>

Colmer, T. D., & Greenway, H. (2011). Ion transport in seminal and adventitious roots of cereals during O₂ deficiency. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 39-57.

Di Bella, C. E., Kotula, L., Striker, G. G., & Colmer, T. D. (2020). Submergence tolerance and recovery in *Lotus*: Variation among fifteen accessions in response to partial and complete submergence. *Journal of plant physiology*, 249, 153180.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, G., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). Infostat - Software estadístico. In *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina* (No. 2020). Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar/>

Franco, M. (2014). *Estudio de la variabilidad genética en familias de medios hermanos de Lotus tenuis sometidas a estrés salino*. Facultad de Ciencias Agrarias, UNR.

Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil. In *California Agricultural Experiment Station Circular* (Vol. 347, Issue 347). California Agricultural Experiment Station Bulletin.



- <http://www.cabdirect.org/abstracts/19500302257.html>
- Ixtaina, V. Y., & Mujica, M. M. (2010). Respuesta del vigor de plántula de poblaciones de *Lotus tenuis* a variaciones contrastantes de disponibilidad de agua, luz y nutrientes. *Agrociencia*, 44(1), 31–41. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000100003
- Lambrechtsen, N. C., Wills, B. J., & Douglas, G. B. (1986). Management and uses of *Lotus tenuis* (Narrow-leaved birdsfoot trefoil). In *Plant Materials Handbook for Soil Conservation* (pp. 271–274).
- Miñón, D., Sevilla, G., Montes, L., & Fernandez, O. (1990). *Lotus tenuis*: leguminosa forrajera para la Pampa Deprimida. In *Boletín técnico 98*. INTA. http://produccionbovina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_artificiales/104-lotus.pdf
- Munns, R., & Gilliam, M. (2015). Salinity tolerance of crops - what is the cost? *New Phytologist*, 208(3), 668–673. <https://doi.org/10.1111/nph.13519>
- Munns, R., James, R. A., Gilliam, Matthew, Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2016). Tissue tolerance: an essential but elusive trait for salt-tolerant crops. *Functional Plant Biology*, 43(12), 1103–1113. <https://doi.org/10.1071/FP16187>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Pesqueira, J. (2008). Cambios bioquímicos, morfológicos y ecofisiológicos en plantas del género *Lotus* bajo estrés salino. [Universitat Politècnica de València]. In *Tesis doctoral*. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/5765>
- Shabala, S., & Munns, R. (2017). Salinity stress: physiological constraints and adaptive mechanisms. In S. Shabala (Ed.), *Plant Stress Physiology* (2nd ed., pp. 24–63). CAB International.
- Striker, G. G., Insausti, P., Grimoldi, A. A., Ploschuk, E. L., & Vasellati, V. (2005). Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* Mill. *Plant and Soil*, 276(1), 301–311.
- Striker, G. G. (2012). Time is on our side: the importance of considering a recovery period when assessing flooding tolerance in plants. *Ecological Research*, 27(5), 983–987.
- Striker, G. G., & Colmer, T. D. (2017). Flooding tolerance of forage legumes. *Journal of Experimental Botany*, 68(8), 1851–1872. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERW239>



Teakle, N. L., Amtmann, A., Real, D., & Colmer, T. D. (2010). Lotus tenuis tolerates combined salinity and waterlogging: Maintaining O₂ transport to roots and expression of an NHX1-like gene contribute to regulation of Na⁺ transport. *Physiologia Plantarum*, 139(4), 358–374. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2010.01373.x>

Teakle, N. L., Snell, A., Real, D., Barrett-Lennard, E. G., & Colmer, T. D. (2010). Variation in salinity tolerance, early shoot mass and shoot ion concentrations within *Lotus tenuis*: Towards a perennial pasture legume for saline land. *Crop and Pasture Science*, 61(5), 379–388.

Vignolio, O. R., & Fernández, O. N. (2006). Bioecología de *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae) en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista Argentina de Producción Animal*, 26, 113–130. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/4244>

Vignolio, O. R., Fernández, O. N., & Maceira, N. O. (1999). Flooding tolerance in five populations of *Lotus glaber* Mill. (Syn. *Lotus tenuis* Waldst. et Kit.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(4), 555-560.

Voesenek, L. A. C. J., Colmer, T. D., Pierik, R., Millenaar, F. F., & Peeters, A. J. M. (2006). How plants cope with

complete submergence. *New phytologist*, 170(2), 213-226.

Financiamiento

Este trabajo contó con financiamiento a través de la ampliación del proyecto de investigación "Estudios genéticos de la tolerancia a estreses abióticos en familias de *Festuca arundinacea* y *Lolium multiflorum*" de la convocatoria SIB 2019 de la UNNOBA.

EVALUACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE FERMENTACIÓN EN EL
PROCESO INDUSTRIAL DE ELABORACIÓN DE CERVEZA PARA
INCREMENTAR LA GENERACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D.34. Agroalimentos

EVALUACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE FERMENTACIÓN EN EL PROCESO INDUSTRIAL DE ELABORACIÓN DE CERVEZA PARA INCREMENTAR LA GENERACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE

Autor: Contreras Useglio, Rolando M.; e.mail:rolconuse@gmail.com

Profesor/a guía: Vasquez, Jorge; e.mail: jorgevasquezp@gmail.com

Universidad Mayor de San Simón

Resumen

El presente estudio tiene como orientación la evaluación de estrategias en el proceso de fermentación para la generación de dióxido de azufre en la elaboración de cerveza a nivel industrial para la eliminación de conservantes, como el MKS (Metabisulfito de Potasio) o sulfitos. Para llevar a cabo el objetivo mencionado, se ha recolectado muestras de malta y maíz, proveniente de Uruguay y Santa Cruz respectivamente. Se realizaron pruebas en el proceso de Cocimiento para determinar los factores más relevantes en cuanto a las características fisicoquímicas del mosto. Se realizaron pruebas en fermentación para determinar los factores más relevantes en el proceso, llegándose a considerar la estrategia de dosificación de levadura, la aireación de mosto, la carga específica y la generación de levadura. Se analiza el producto terminado con respecto a los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, la caída de Dióxido de Azufre en el tiempo y pruebas sensoriales para garantizar la calidad del producto final, así como el tiempo de conservación.

Palabras clave: Cerveza, Fermentación, Dióxido de azufre



INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Desde la antigüedad el hombre se ha dedicado a elaborar alimentos mediante procesos fermentativos, obteniendo un sin número de productos como: el pan, queso, yogurt, entre otros. Así pues, mediante la fermentación de ciertos cereales se han obtenido una variedad de bebidas fermentadas como el saque en Asia, cervezas en Europa y chicha en América. En la elaboración de este tipo de bebidas se ha utilizado una enorme variedad de materias primas como la cebada, maíz, arroz y una mezcla de estas. La mezcla ha dado como resultado un producto de alto contenido proteico y beneficios en ciertos aspectos como nutrientes para generar energía, hacia personas que las consumen de una forma adecuada y sin excesos.

La cerveza es una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo, que se fabrica con granos de cebada germinados u otros cereales cuyo almidón se fermenta en agua con levadura (básicamente *Saccharomyces cerevisiae* o *Saccharomyces pastorianus*) y se aromatiza a menudo con lúpulo, entre otras plantas. (Verhoef, 2003)

De ella se conocen múltiples variantes con una amplia gama de matices debidos a las

diferentes formas de elaboración y a los ingredientes utilizados. Generalmente presenta un color ambarino con tonos que van del amarillo oro al negro pasando por los marrones rojizos. Se la considera «gaseosa» (contiene dióxido de carbono disuelto en saturación que se manifiesta en forma de burbujas a la presión ambiente) y suele estar coronada de una espuma más o menos persistente. Su aspecto puede ser cristalino o turbio. Su graduación alcohólica puede alcanzar hasta cerca de los 30 % vol., aunque principalmente se encuentra entre los 3 % y los 9 % vol. En Bolivia, la mayoría de las cervezas oscilan entre 3 a 5% de Alcohol. (Euromonitor, 2017)

La composición de las Cervezas tipo Pilsen en su mayoría es la siguiente:

Tabla 1

Composición de la Cerveza

Parámetro	Unidad	Estándares	
Mosto original	% p/p	9.72	11.88
Atenuación límite aparente	%	74.25	90.75
Alcohol	% p/p	3.33	4.07
Alcohol	% v/v	4.32	5.28
Extracto real	% p/p	3.24	3.96

Extracto aparente de la atenuación límite (EAAL)	% p/p	1.71	2.09
Extracto aparente (EA)	% p/p	1.8	2.2
Diferencia de extracto (EA – EAAL)	% p/p	0.09	0.11
Color	EBC	3.5	6.5
Amargo	BU57	14.0	20.0
pH		3.78	4.62
Diacetilo total (método Parnás)	Ppb	< 100	
Butanodiona	ug/l	< 50	
Pentanodiona	ug/l	< 50	
Turbidez a 0 °C	EBC	< 2	
Carbonatación botellas	g/l	4.95	6,05
Estabilidad de espuma	seg. Nib.	200	350
Ésteres totales	mg/l	18	22
Dimetil sulfuro (DMS)	ug/l	< 100	
Dióxido de azufre (SO ₂)	mg/l	< 10	

Cloruros (como Cl-)	mg/l	< 300
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	< 100
Estabilidad coloidal	EBC	< 3,0

En la actualidad la cerveza se ha caracterizado por ser un producto de alta aceptación dentro del mercado nacional e internacional. En Bolivia, las cervezas son elaboradas mediante la mezcla de cereales principalmente cebada y maíz, posteriormente adicionando el lúpulo, la levadura y otros aditivos. Si se consume con moderación, puede tener un papel preventivo en algunas enfermedades y aportar beneficios a nuestro organismo. (Euromonitor, 2017)

Según Gilbert (2002), por consumo responsable se debe entender que no es más de 2-3 vasos de cerveza para un varón adulto al día y 1 o 2 para una mujer. Además, la ingesta no debe ser acumulada ante determinada ocasión, como los fines de semana, por ejemplo. Algunos de los beneficios que ofrece son:

- 1) Acción Nutritiva
- 2) Previene infartos



- 3) Previene la osteoporosis
- 4) Minimiza infecciones en mujeres
- 5) Protección frente a enfermedades como el Alzheimer
- 6) Prolonga la vida
- 7) Prevención y control de la diabetes
- 8) Recuperar el metabolismo hormonal e inmunológico de los deportistas tras realizar ejercicio
- 9) Aporta Ácido fólico y contribuye a la hidratación en el embarazo
- 10) Bajo aporte calórico (No genera obesidad)

Por todas estas razones, en los últimos años, estamos apreciando en América un constante incremento de consumo de cerveza, principalmente la artesanal por parte de los consumidores en detrimento de la cerveza industrial. Siendo la diferencia principal entre la cerveza industrial y la artesanal el tratamiento de la materia prima en el proceso de elaboración y la eliminación de conservantes no naturales.

Las cervezas artesanales no utilizan ningún aditivo artificial, simplemente agua, levadura, malta de cebada (también trigo en cervezas de este cereal) y lúpulos. El proceso de elaboración es manual o con

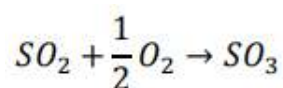
una mínima ayuda de maquinaria desde el molido de las maltas hasta el embotellamiento, al contrario de las grandes cerveceras industriales, donde el proceso es automático y la participación humana es mínima. Tampoco se realiza ningún proceso de filtración ni pasteurización que merme sus cualidades organolépticas, procesos habituales en el caso de las cervezas industriales. (Gilbert, 2002)

La cerveza tiene bajo contenido calórico y posee nutrientes que hacen que pueda incluirse dentro de una alimentación saludable y se integre en la dieta mediterránea. Según Kunze (2006): “La cerveza es una bebida tradicional que, además de aportar ciertas sustancias nutritivas y no nutritivas, es fuente de agua para el organismo. Al tratarse de una bebida fermentada, forma parte de la cultura mediterránea, siempre teniendo en cuenta que es una bebida de adultos sanos cuyo consumo debe ser responsable y moderado”.

Actualmente, en la industria Cervecera Boliviana, se emplean aditivos tales como el MKS u otros sulfitos en el proceso de filtración previo a envasar el producto. El MKS (Metabisulfito de Potasio) es una sal de potasio. Cuando se emplea en la industria alimentaria aparece bajo el código

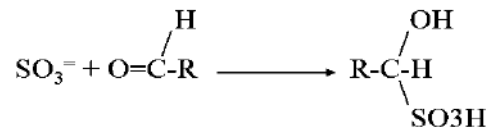
E 224.2. Se emplea como conservante alimentario en diferentes sectores de la industria; uno de los más corrientes en la elaboración de vino, mostos y preparados cárnicos (hamburguesas y carnes picadas) donde se emplea por su función antioxidante y antiséptica en contra de las levaduras y bacterias no deseadas; de la misma forma facilita la solubilización de las sustancias fenólicas. Este aditivo añadido al vino proporciona dióxido de azufre a la vendimia como conservante, produciendo como efecto secundario un incremento de potasio en los vinos.

Según Secom (2107), existen varios factores que inciden en el deterioro de la cerveza. El oxígeno es el principal enemigo de la cerveza porque el oxígeno es oxidación y como se sabe, eso se traduce en mal sabor. Para ello se tiene el MKS. El metabisulfito es un polvo cristalino blanco amarillento y soluble en agua. Al disolverse libera dióxido de sulfuro gaseoso, de olor sumamente desagradable que reacciona con el oxígeno según:



También mediante reacciones de adición con los dobles enlaces del oxígeno bloquea grupos aldehídicos y cetónicos, reduciendo percepción de los deméritos típicos de

estos compuestos
("Cartón"=Trans2Nonenal)



Por otro lado, el MKS es un polvo de textura cristalina con un olor picante a sulfuro. Debe manipularse con cuidado ya que en contacto con los ojos y piel provoca irritación. La simple inhalación puede provocar edema pulmonar. Debe estar en un entorno alcalino, debe evitarse que entre en contacto con sustancias ácidas (y oxidantes) ya que libera anhídrido sulfuroso que es un gas tóxico e irritante. En el proceso industrial, una vez descargados los granos son enviados a los silos donde esperan para ser utilizados. Estos silos son de forma cilindro – cónicas y de material metálico, poseen un sistema automático de carga y descarga, así como un controlador permanente de nivel interno por sonar. (Secom, 2017)

Los depósitos para almacenamiento de malta y adjunto deben evitar la humidificación de estos y el contacto con agentes externos agresores.

En Bolivia se consumen anualmente 339 millones de litros de bebidas alcohólicas por un valor, a precios de mercado de ese año, de 740 millones de dólares. Esto es



poco más del 3% del Producto Interno Bruto (PIB) que, según el Instituto Nacional de Estadística (INE), se estimaba entonces en 23.700 millones de dólares. El consumo de cerveza llegaba hasta el año 2012 a 343,5 millones de litros representando 34.25 litros por persona, de la chicha a 17.9 millones de litros, de vino a 11,2 millones de litros, de whisky a 1.7 millones de litros, de Cuba Libre a seis millones de litros. (Euromonitor, 2017)

La cerveza representa el 69% de la facturación, el vino y el singani juntos el 9% (4.8% el vino y 4.2% el singani) y las otras 10 bebidas el 22%, es decir un promedio de 2.2% por cada una, detalla el documento. De acuerdo con el estudio, de los 740 millones de dólares que se consumen en Bolivia, 552 millones son producción nacional legal (75%), 49 millones son producción nacional clandestina (7%), 73 millones son importaciones legales (10%) y 66 millones son internaciones ilegales o contrabando (9%). (Euromonitor, 2017)

Según un estudio realizado por Euromonitor el 2017, se tiene registrado que los bolivianos consumen 348 litros de cerveza por persona al año y el país ocupa el octavo lugar en la región, haciendo un total de 387.9 millones de litros al año.

En la actualidad la Cervecería Boliviana Nacional, es parte de la compañía Anheuser-Busch InBev N.V./S.A. que es una empresa multinacional belga con sede en Lovaina, Bélgica y es la mayor fabricante mundial de cerveza, con una cuota del mercado mundial próxima al 25%. La CBN tiene en Bolivia cinco plantas cerveceras abasteciendo cerca del 70% de consumo a nivel nacional y al mismo tiempo exportando a otros países parte de la producción.

Podemos dividir el proceso de elaboración de Cerveza en los siguientes:

1. Cocimiento
2. Fermentación
3. Filtración

Cocimiento

Por cocimiento entenderemos a partir de ahora las operaciones desde la recepción de materia prima hasta obtener el mosto frío. Entonces las áreas que se encuentran incluyendo esta etapa son la molienda del grano, la maceración, la filtración, el hervido, la sedimentación y el enfriamiento del mosto.

La malta contiene en sí misma materias solubilizadas, que han sido formadas durante la germinación en el malteo y éstas se obtienen directamente en contacto con



el agua durante la maceración, pero la mayor parte debe ser solubilizada por la acción enzimática. Para facilitar el contacto y permitir una buena solubilización, es preciso efectuar una molienda del grano. (Kunze, 2006)

La molienda es una operación mecánica indispensable y desempeña un papel muy importante, que en ocasiones se subestima cuando por el contrario es de una necesidad básica y fundamental para una buena extracción en Sala de Cocimiento. En definitiva, la molienda tiene por finalidad aumentar la superficie de contacto con el agua de fabricación y favorecer las reacciones enzimáticas. (Kunze, 2006)

Una vez que disponemos de la malta molida y el adjunto preparados en sus respectivas tolvas finales, los mezclamos con agua de manera a iniciar las reacciones enzimáticas. Estas reacciones se producen respectivamente en el macerador de malta y el cocedor de adjuntos. (Kunze, 2006)

El objetivo principal de la maceración es transformar los almidones en azúcares fermentecibles o no para la levadura, prosiguiendo así las reacciones que se habían iniciado en la maltería y se detuvieron por desecación. (Kunze, 2006)

La enzima es un compuesto proteico cuya función principal es catalizar las reacciones enzimáticas. Estas enzimas requieren de condiciones especiales para su funcionamiento, principalmente del pH y la temperatura, aunque también se ven afectada por el contenido de ciertos inhibidores y la relación agua/molienda. (Badui, 1993)

La finalidad esencial de la filtración consiste en la separación del mosto de la mezcla sacarificada, y de la parte insoluble de esta última, es decir el bagazo o hez de malta. Esta separación consiste en un proceso físico, aunque no exento de complejidad, es decir que en función de la técnica empleada se pueden conseguir mejores o peores resultados tanto cualitativos como cuantitativos. Terminada la filtración del mosto y los lavados, el proceso que sigue en la Sala de Cocimiento es la ebullición y el lupulado. Se trata de una operación relativamente sencilla comparativamente con las fases anteriores del macerado y la filtración, sin embargo, durante la ebullición tienen lugar interacciones complejas que influyen notablemente en la composición final del mosto. (Kunze, 2006)

Según Kunze (2006) la Estabilización del Mosto tiene lugar durante el proceso de ebullición en diferentes aspectos:



- Aspecto biológico: el mosto contiene microorganismos termoresistentes. La ebullición prolongada a los valores del pH (5,2 - 5,4) consigue destruir las formas más resistentes de microorganismos al calor. Las cualidades antisépticas de lúpulo contribuyen favorablemente a esta esterilización.
- Aspecto bioquímico: Durante la ebullición se destruyen los restos de actividad enzimática, en particular la de la alfa amilasa que resiste parcialmente a las altas temperaturas del final del macerado previas a la filtración y por ende más aún todavía si por otros motivos no se habían alcanzado esta elevada temperatura (75-76°C).
- Aspecto coloidal: mediante la ebullición se consigue una estabilización coloidal debido a la coagulación por efecto térmico de las materias nitrogenadas de naturaleza coloidal, las cuales precipitan formando coágulos para ser eliminados ulteriormente en la fase siguiente de la ebullición. Esta coagulación tiene gran importancia cervecera.

Las proteínas complejas son en parte responsables del enturbiamiento de la cerveza, razón por la cual es preciso eliminarlas; sin embargo, una eliminación total no es deseable, ya que las proteínas son responsables del "cuerpo" de la cerveza y de la estabilidad de la espuma. La ebullición no deberá llevarse a extremos en este sentido. (Kunze, 2006)

La inestabilidad coloidal ésta provocada por la asociación de proteínas - taninos, y no son precisamente las proteínas de mayor peso molecular los más afines a los polifenoles, y la ebullición no permitirá por lo tanto resolver totalmente la estabilidad coloidal aunque si en gran medida. (Kunze, 2006)

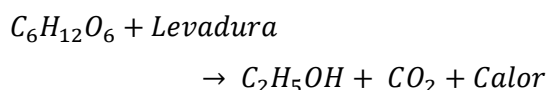
El principio del Whirlpool (remolino) se basa en que las partículas sólidas en suspensión en una masa de líquido en rotación emigran hacia el centro y el fondo del recipiente. El mosto es bombeado desde la caldera de mosto y entra tangencialmente generando el movimiento de rotación; se crean zonas de diferente velocidad lineal o angular. Las partículas de turbio grueso se ven sometidas a los efectos de las fuerzas centrífuga y centrípeta; y éstas por su diferente densidad respecto al mosto, se decantan en centro y el fondo del recipiente,



torando una torta compacta. (Kunze, 2006)

Antes de sembrar el mosto con levadura para iniciar la fermentación, es preciso enfriar el mosto. Este se encuentra a 100°C al final de la ebullición, y la mortandad de la levadura se sitúa alrededor de los 40°C. Es preciso por lo tanto enfriar el mosto hasta valores de 8 – 10°C para los casos de fermentación “baja”. El oxígeno es indispensable para la levadura y por lo tanto para la fermentación del mosto. La oxigenación del mosto se realiza generalmente mediante la aireación del mismo. (Kunze, 2006)

Tradicionalmente se ha definido la fermentación cervecera como el proceso anaeróbico mediante el cual la levadura convierte los azúcares del mosto con alcohol y gas carbónico. La fermentación alcohólica en este caso se viene representado por el desdoblamiento de la glucosa en etanol y gas carbónico con desprendimiento de calor bajo la acción de los fermentos ó enzimas de la levadura. (Kunze, 2006)



Sabido es que no participa únicamente la glucosa en la fermentación, sino el conjunto de los azúcares fermentecibles

contenidos en el mosto. Sin embargo, las reacciones son mucho más complejas y las transformaciones que tienen lugar durante la fermentación no se limitan únicamente a los azúcares, sino a todos los componentes del mosto que son asimilados por la levadura dando lugar a numerosos productos derivados finales en la cerveza. Tales compuestos, resultantes del metabolismo de la levadura, como los alcoholes superiores, los ésteres, cetonas, aldehidos. sustancias azufradas, así como la aparición de ácidos orgánicos, y otras transformaciones tales como las que afectan a la coloración de la cerveza; a las isohumulonas y a los polifenoles juegan un papel fundamental y determinante en el sabor, en el perfil aromático y características finales de la cerveza. Uno de los compuestos que también se producen en la fermentación es el Dióxido de Azufre, por lo que el presente trabajo de investigación busca maximizar la generación de las cantidades de dióxido de azufre con el objeto de eliminar el MKS empleado como conservante. (Kunze, 2006)

A pesar de toda su complejidad, la fermentación depende de tres parámetros principales:

- a) La composición del mosto.
- b) La levadura en sí misma.

c) Las condiciones de fermentación.

La interacción y dependencias de estos tres parámetros nos conducirán a la cerveza final deseada.

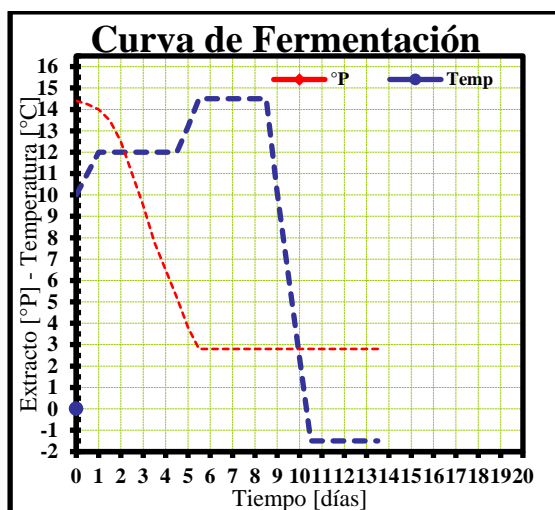
En la primera parte se estudia lo que respecta a la obtención del mosto, que contiene las sustancias nutrientes de la levadura. La raza o tipo de levadura seleccionada determinará el tipo de fermentación (alta o baja) y por consiguiente el tipo de cerveza así como las condiciones del proceso tales como el tiempo, la temperatura, la presión, etc.

En la práctica tradicional la fermentación se produce en dos fases o etapas separadas y sucesivas:

- La fermentación principal
- La fermentación secundaria.

Figura 1.

Curva de Fermentación Teórica



La primera etapa, fermentación principal ó tumultuosa, se caracteriza por un desprendimiento intenso gaseoso como consecuencia del anhídrido carbónico resultante de la transformación de la glucosa (que procede del desdoblamiento de la maltosa), y la disminución de la densidad del medio debido al alcohol producido y un crecimiento de la levadura con respecto a la cantidad inicial de siembra además de una importante producción de calor que se traduce en una elevación de la temperatura. (Kunze, 2006)

La fermentación principal abarca desde que se comienza a llenar el Tanque elevando levemente la temperatura hasta llegar a 12°C, hasta que el extracto desciende a 5.5°P donde inicia el cierre del frío para llegar a la guarda caliente a 14.5°C o fermentación secundaria. La segunda etapa, la fermentación secundaria o guarda, mucho menos "activa" que la precedente complementa la fermentación de los carbohidratos y demás complejos resultantes de la sacarificación del almidón y presentes en el mosto original. En la guarda caliente es donde la levadura termina de reducir el diacetilo y consumir el resto del extracto fermentecibles, el momento en el cual es cosechada. Una vez que se reduce el diacetilo se procede al enfriamiento hasta llegar a la guarda fría a -1.5°C. (Kunze, 2006)



Las levaduras que se emplean en la industria cervecera tienen similitudes básicas en sus propiedades y se distinguen dos especies: *Saccharomyces cerevisiae* o levadura de fermentación alta (que producen las cervezas ales, pofler y stout) y la “*Saccharomyces carlsbergensis*” o levadura de fermentación baja (que producen los tipos de cerveza “lager” Pilsen, Viena, Dormundt, etc.). Todos los demás tipos de levaduras (por ejemplo, de los géneros *Sachsaccharomyces*, *Hansenula*, *Dichia*, *Torulopsis*, *Cándida*, *Brettanomyces*, etc. y otras especies de *Saccharomyces*) han sido asociadas con alteraciones de deterioro de la cerveza y genéricamente se denominan “levaduras salvajes” o no cultivadas. (Ingeniería de Procesos. Gerencia de Tecnología y Calidad., 2016)

Se entiende el crecimiento de la levadura en el aspecto de su aumento de tamaño celular y sobre todo en la proliferación o aumento de la masa celular en el mosto en fermentación. La curva de crecimiento típica de un microorganismo a la cual se asemeja la de la levadura y en la cual se ven las 5 etapas o fases diferenciales. Pues bien, desde el punto de vista práctico cervecero interesa que la fase de latencia (o adaptación) sea lo más breve posible. Esto desde un doble punto de vista; en primer lugar cuanto más breve sea, más

rápidamente se inicia la fermentación y por lo tanto mayor rendimiento productivo se obtiene (eficiencia); en segundo lugar cuanto más rápidamente se inicie la fermentación, la levadura toma la delantera a cualquier otro organismo posible de infección y lo desplaza; se produce una selección. Este aspecto está relacionado con el poder fermentativo de la levadura, su actividad fermentativa definida como, la cantidad de azúcar que la unidad de masa de levadura transforma en la unidad de tiempo. (Kunze, 2006)

Como se indica, este aspecto es importante y se trata de buscar una raza de levadura capaz de fermentar la máxima cantidad de azúcares del mosto en el menor tiempo posible. Evidentemente hay factores externos como composición del mosto, oxigenación, dosis de siembra, temperatura de siembra. etc., así como otros intrínsecos de la levadura y su estado fisiológico relacionado con el modo de conservación previo a la siembra que tendrá un efecto directo sobre la curva de fermentación. (Kunze, 2006)

La precipitación proteica es muy grande durante la fermentación principal y la formación de complejo polifenoles-proteínas es debida a la disminución del pH y a un aumento del contenido alcohólico. Al finalizar la fermentación principal, la



cerveza está muy ‘cargada’ – turbia. Esta turbidez es debida principalmente al contenido de levadura en suspensión, y al velo producido por las micelas coloidales en la asociación proteínas - taninos que se forman debido al descenso de la temperatura, a la disminución del pH y a la menor solubilidad debido al aumento de la concentración de alcohol. (Ingeniería de Procesos. Gerencia de Tecnología y Calidad., 2016)

El contenido en levadura suele ser variable y dependerá del tipo de levadura empleado (floculante o pulverulentas), del grado de atenuación principal (de la diferencia de atenuación respecto a la límite), etc. Durante el tiempo de guarda a temperaturas bajas, a 0°C la mayor parte de la levadura en suspensión y de la turbidez de taninos/proteínas, sustancias amargas, etc. se depositan en el fondo del tanque, al final de la fase de fermentación. Esta clarificación por sedimentación por efecto de gravedad se ve mejorada por las bajas temperaturas. En cualquier caso, es preciso una guarda larga y fría para conseguir un efecto de clarificación natural de la cerveza. Durante el periodo de guarda y reposo podemos obtener un equilibrio coloidal y del sabor. La disminución de temperatura contribuye a la aparición de mayor cantidad de material insoluble como fenómeno físico – químico.

Sin embargo, la temperatura no es el factor preponderante; la eficacia del proceso depurativo natural viene dado por el binomio “Temperatura – tiempo”. Como podemos darnos cuenta esto lleva a un conflicto con los requerimientos productivo – económicos de hoy día. Con todo esto podemos resumir que el periodo de clarificación natural no es suficiente por lo que los objetivos principales de la filtración son Aportar estabilidad y Obtener mayor brillantez del producto. (Kunze, 2006)

OBJETIVOS

El objetivo de la presente investigación es evaluar las diferentes estrategias de fermentación en la elaboración de cerveza a nivel industrial para incrementar la generación de dióxido de azufre y poder eliminar el uso de conservantes químicos como el MKS.

MATERIALES Y METODOS

Análisis Físicoquímico de la Materia Prima

Inicialmente, se realiza la recolección de muestras de malta y maíz. Para ello, se elige la Malta Uruguaya (MUSA) y Maíz Desgerminado proveniente de Santa Cruz. Se realiza el muestreo, obteniéndose 5 Kg de cada materia prima aproximadamente. Se realizaron análisis de caracterización de la materia prima de humedad, proteínas, materia grasa, y otros



componentes a nivel de carbohidratos y enzimas en la malta y maíz.

Análisis Fisicoquímico del Mosto

Una vez recepcionado el grano, en el proceso de cocimiento se procede con la molienda, maceración, filtración, hervido, centrifugación, enfriamiento y posterior aireación para la inoculación de la levadura. Del mosto obtenido, se procede principalmente a determinar el Extracto o contenido de glucosa a través de la concentración en °P(Grados Plato), además de otros parámetros de importancia para la fermentación como pH y grado de atenuación.

Pruebas preliminares en la fermentación

El proceso de cocimiento sigue un proceso por batch o lotes, donde para llenar un tanque consta de 8 cocimientos individuales de 450HI con una cadencia aproximadamente de 2horas con 50minutos.

En la fermentación se realiza un seguimiento a la generación de Dióxido de Azufre, además de los parámetros de concentración de glucosa, pH y temperaturas para asegurar que el proceso se lleva a cabo con total normalidad. En dicha etapa se procede a experimentar a partir de las variables de orden de dosificación de levadura,

cantidad de aire, cantidad de levadura y generación de levadura empleada.

Seguimiento a la generación de dióxido de azufre

Para determinar el dióxido de azufre se procede según el método de determinación espectrofotométrico:

Pipetear 1 ml de solución estabilizadora de mercurio y 2,5ml de H₂SO₄ dentro de un matraz de 100 ml y mezclar.

Cuidadosamente, pipetear 5 ml de muestra fría sin desgasificar usando una pipeta de 5 ml (previamente enfriada en heladera, esto ayuda a prevenir formación de espuma sin necesidad de usar 1-octanol como antiespumante) en el matraz de 100 ml. Tapar y mezclar con agitación circular. Adicionar 7,5 ml de solución de 0.1 N NaOH, tapar, mezclar nuevamente y dejar reposar por 30 seg. Luego adicionar 5 ml de H₂SO₄ 0.1 N y tapar. Mezclar por agitación circular.

Pipetear 10 ml de p-rosanilina dentro del matraz, agitar suavemente para mezclar; pipetear 10 ml de la solución de formaldehído y agitar nuevamente. Tapar los matraces luego de cada adición.

Llevar a volumen con agua destilada, tapar y agitar por invertido del matraz. Dejar reposar el matraz en oscuridad y a temperatura ambiente por 30 minutos previo a realizar la lectura espectrofotométrica. Comenzar a tomar el



tiempo luego de la adición del formaldehído.

La extinción de la solución es medida en el espectrofotómetro contra un blanco en una cubeta de 1 cm a una longitud de onda de 550nm.

Preparación del blanco: Cuidadosamente transferir 5 ml de cerveza fría sin desgasificar usando una probeta de 5 ml (previamente enfriada en heladera, esto ayuda a prevenir formación de espuma sin necesidad de usar 1-octanol como antiespumante) a un matraz de 100 ml. Agregar 0.5ml del indicador de almidón al 1% y añadir gota a gota solución de yodo 0.05N hasta ver permanencia de una coloración azulada durante 3 a 5 segundos. Agregar una gota más para asegurar un pequeño exceso y permitir que permanezca hasta que la coloración desaparezca (aproximadamente un minuto).

Poner en cero el espectro con agua destilada, determinar y registrar la lectura del espectrofotómetro para el blanco a la misma longitud de onda utilizada para la curva de calibración. Luego poner en cero el espectrofotómetro con el blanco preparado en 5.2.7, realizar la lectura de la muestra y tomar el valor de SO₂ de la siguiente curva calibrada:

Determinación de factores óptimos en la fermentación

Siendo los valores por tomar en cuenta para el diseño experimental:

-Cocimiento Dosificados, con referencia al número de batch en el cual se dosificaría la levadura.

-Aireación del mosto, con referencia al contenido de aire a inyectar en el mosto previa a la inoculación de la levadura.

-Carga específica de levadura, con referencia a la cantidad de levadura dosificada por volumen de cocimiento.

-Generación de levadura, con referencia al número de vez con que se reutilizaría la levadura en el proceso de fermentación.

Tabla 1

Variables en el Proceso de Fermentación

Niveles-Factores	Nivel Bajo	Nivel Alto
Cocimientos Dosificados	1-2-3	1-3-4
Aireación de Mosto (ppm)	9	10
Carga Específica de Levadura (litros Levadura/hl Mosto)	0.92	0.94
Generación de Levadura	2	4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Caracterizando la Malta se determinaron parámetros tales como el porcentaje promedio de impurezas (1.71%), la humedad promedio (4.90%) y el contenido de proteínas (10.5%).

Caracterizando el Maíz se determinaron parámetros tales como el porcentaje promedio de impurezas (1.15%), la humedad promedio (12.85%) y el contenido de ácidos grasos (0.49%).

Al final del proceso de cocimiento, previo a la fermentación, se tuvieron características del mosto, tales como el extracto de 14.32°P, un pH de 5.15, una Atenuación del 84.28%.

En las pruebas de fermentación se realizaron seguimientos a la generación de SO₂, donde obteniendo las mejores condiciones de proceso a partir de un diseño experimental basado en la generación de SO₂, generaciones de levadura de muchos usos, una aireación del mosto de 9ppm, carga específica de levadura de 0.92l/hl de mosto y una estrategia de dosificación en los cocimientos 1, 3 y 4.

Finalmente, el análisis de varianza nos permite evaluar la influencia de los diferentes factores, donde los más relevantes son:

Figura 2

Resultados del Diseño Experimental en la fermentación

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	132.21	3	44.07	138.50	< 0.0001	significant
A-Cocimientos i	88.10	1	88.10	276.86	< 0.0001	
D-Generación c	31.18	1	31.18	97.98	< 0.0001	
AD	12.93	1	12.93	40.64	< 0.0001	
Residual	3.82	12	0.32			
Cor Total	136.03	15				

De esa manera, se llega a incrementar considerablemente el contenido de Dióxido de azufre, llegan al estándar requerido actualmente por la industria en la filtración a través de la dilución para lograr un extracto en producto terminado de 10.8°P promedio con un contenido superior de 10ppm de Dióxido de Azufre, tal cual se muestra en las gráficas de seguimiento a dicha variable.

Figura 3

Concentración de Dióxido de Azufre en la Fermentación tradicional

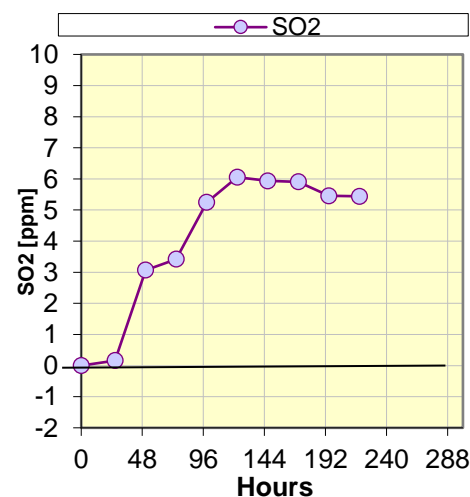
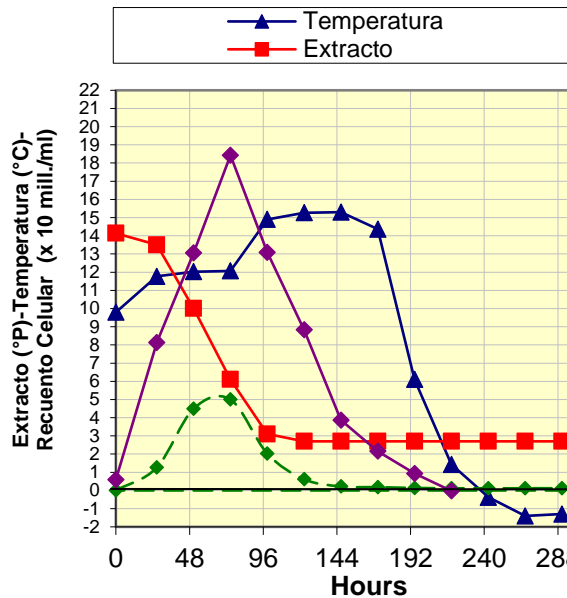


Figura 4

Curva de Fermentación tradicional



Con la estrategia de fermentación tradicional se lograban contenidos de alrededor de 6ppm de Dióxido de Azufre, por lo que era inevitable tener que adicionar MKS para lograr los contenidos requeridos para evitar la prematura oxidación del producto.

Figura 5

Concentración de Dióxido de Azufre con la nueva estrategia de fermentación

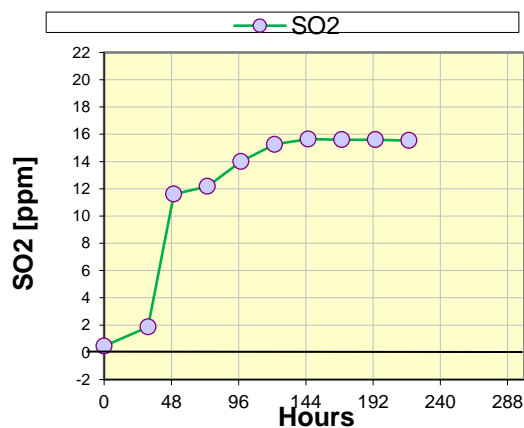
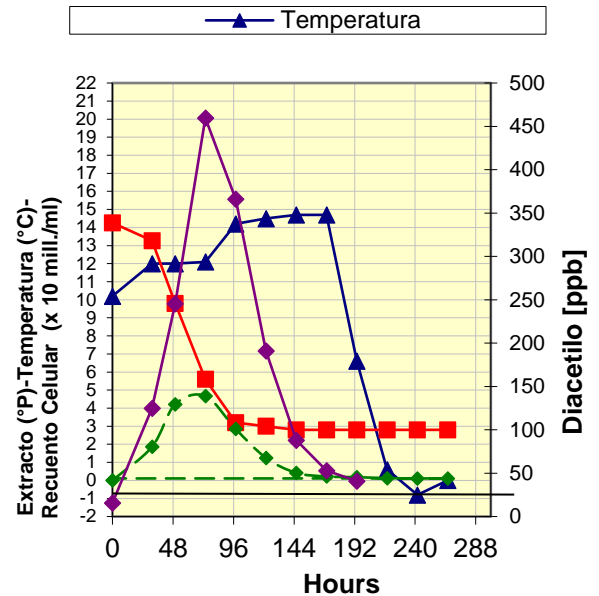


Figura 6

Curva de Fermentación con la nueva estrategia



Con la estrategia de fermentación propuesta se logran contenidos de alrededor de 16ppm de Dióxido de Azufre, por lo que deja de ser necesario adicionar MKS como conservante al producto.

En la filtración se procede a diluir la cerveza para llegar a un extracto de 10.8°P, donde el contenido de dióxido de azufre se reduce proporcionalmente a 12ppm aproximadamente. Lo que permitiría eliminar el contenido de MKS empleado como conservante hasta entonces.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que diferentes estrategias en la fermentación pueden mejorar los rendimientos de



generación de dióxido de azufre, al punto que nos permiten reducir y hasta eliminar el contenido de conservantes, dando lugar a un producto más natural.

Por otro lado, comparando con diferentes estudios, se puede evaluar resultados similares, principalmente debidos a la estrategia de dosificación de levadura, donde a momento de dosificar la levadura se encuentra una mayor generación de dióxido de azufre cuando se dosifica con un tiempo de espera luego del primer cocimiento, en esta situación en el tercer lote de producción.

Según los parámetros de fermentación, mientras la cosecha de levadura tenga mayor cantidad de cosechas o generaciones, se logra aún mayor cantidad de generación de dióxido de azufre. Sin embargo, debido a la calidad del producto en cuanto a sabores y aromas, no es recomendable emplear cosechas superiores a la 4ta generación.

En cuestión de la aireación y la cantidad de levadura dosificada, mientras mayores sean éstos, se encuentra una aceleración en el proceso de producción, de tal forma que presenta características de acidez en el producto final, por lo que son parámetros que deben controlarse para asegurar la calidad del producto terminado.

CONCLUSIONES

Para el presente estudio, se ha recolectado muestras de malta y maíz, proveniente de Uruguay y Santa Cruz respectivamente.

Se determina en la Malta:

- La cantidad de impurezas promedio de los granos de malta es de 1.71%.
- La humedad de la malta promedio es de 4.9%.
- El contenido de proteínas, según el laboratorio de Control de Calidad de Maltería Nueva Palmira – Uruguay es 10.5%

Se determinó en el Maíz:

- La cantidad de impurezas promedio de los granos de maíz es de 1.15%.
- La humedad del maíz promedio es de 12.89%.
- El contenido de ácidos grasos, según el laboratorio de Control de Calidad de Planta Santa Cruz– Bolivia 0.49%

Se determinó en el mosto un extracto promedio de 14.35°P, pH de 5.15, extracto aparente de 2.26, atenuación de 84.3% y FAN de 190mg/l.

Se realizaron pruebas preliminares en fermentación para determinar los factores



más relevantes en el proceso, llegándose a considerar:

- Cocimientos Dosificados con Levadura
- Aireación del Mosto
- Carga específica de Levadura
- Generación de Levadura

Se determina que la Estrategia de dosificación de Levadura es el parámetro de mayor influencia en el proceso de generación de Dióxido de Azufre.

El ajuste del modelo con un valor de 0.92, muy próximo a la unidad, indica que los datos experimentales obtenidos se encuentran correctamente ajustados al modelo experimental.

Las mejores condiciones de operación para el proceso de fermentación, aplicado a todas las generaciones de levadura vienen dados por una aireación del mosto de 9ppm, carga específica de levadura de 0.92l/hl de mosto y una estrategia de dosificación en los cocimientos 1, 3 y 4.

Se determina que la cantidad promedio de dióxido de azufre, en las mejores condiciones de operación para segunda generación de levadura, es de 8.6mg/l, incrementando en un 54% la cantidad de generada de dióxido de azufre en la fermentación.

Se determina que la cantidad promedio de dióxido de azufre, en las mejores condiciones de operación para tercera generación de levadura, es de 10.7 mg/l, incrementando en un 91% la cantidad de generada de dióxido de azufre en la fermentación.

Se determina que la cantidad promedio de dióxido de azufre, en las mejores condiciones de operación para segunda generación de levadura, es de 13mg/l, incrementando en un 130% la cantidad de generada de dióxido de azufre en la fermentación.

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se mantienen dentro de los estándares definidos. El contenido de dióxido de azufre se mantiene estable durante seis meses o más por lo que el producto no corre riesgo de oxidación durante su tiempo de vigencia en el mercado. Finalmente, el análisis sensorial es validado a partir de panelistas expertos y entrenados.

Con los valores obtenidos en fermentación, ya es posible modificar la receta de filtración y anular la dosificación de MKS, con los beneficios de un ahorro para la compañía y principalmente el retirar un conservante con características alergénicas del producto.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Badui, S. (1993). Química de los alimentos. Pearson.
- [2] Calvo, M. (s.f.). Química de los alimentos: Alginato.
- [3] Gilbert, D. (2002). El gran Libro de las Cervezas. España: Editors, S.A.
- [4] Hough, J. H. (2003). Biotecnología de la Cerveza y de la Malta. Madrid: AMV.
- [5] Ingeniería de Procesos. Gerencia de Tecnología y Calidad. (2016). Manual de Iniciación a la Elaboración de Cerveza. Buenos Aires: Quilmes.
- [6] Jackson, M. (1994). El libro de la cerveza. Barcelona: Blume.
- [7] Kunze, W. (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. Berlín: VLB.
- [8] Verhoef, B. (2003). La enciclopedia de la cerveza. Arganda del Rey: Edimat.

Evaluación de productos alternativos para el control de araña roja
(*Tetranychus* spp.) en etapa vegetativa de frutilla (*Fragaria* spp.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D.34. Agroalimentos

Evaluación de productos alternativos para el control de araña roja (*Tetranychus* spp.) en etapa vegetativa de frutilla (*Fragaria* spp.)

Autora: Escobar Galeano, Adriana Luján; adriescobar083@gmail.com

Co-autora: Gutierrez Ruiz Diaz, Tamara Beatriz; tamaragutierrezruizdiaz@gmail.com

Orientadores: Acuña Vera, Pedro; pacuna@uni.edu.py

Maidana Ojeda, Marco; marcomo-1987@hotmail.com

Universidad Nacional de Itapúa (UNI)

Resumen

El trabajo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola 2021 en la localidad de Natalio km 20, Itapúa, Paraguay. Se trazó como objetivo evaluar diferentes productos alternativos sobre el control del ácaro rojo en etapa de producción vegetativa en el cultivo de frutilla. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro tratamientos más un testigo y cuatro repeticiones. Los tratamientos utilizados fueron: T₁ extracto de paraíso; T₂ extracto de ajo; T₃ extracto de neem + jabón potásico; T₄ abamectina y T₅ testigo. Las variables evaluadas fueron población inicial de ácaros, número de ácaros vivos, porcentaje de infestación de *Tetranychus* spp., y eficacia del producto. El número de ácaros vivos no registró diferencias hasta la cuarta y quinta aplicación de productos, siendo abamectina el que mostró los mejores resultados con el menor número de ácaros vivos, 0,63 y 0,55, respectivamente. Para el porcentaje de infestación se observó un menor valor (7,50%) con la utilización de la abamectina en la quinta aplicación, los extractos de Neem + jabón potásico y el extracto de ajo indicaron valores de 27,50% y 30,00% de control, respectivamente. Los resultados obtenidos indican que la utilización de los diferentes extractos vegetales y la abamectina proporcionan un mejor control de la araña roja. Para la eficacia del producto se observó respuestas favorables al uso de abamectina en las distintas aplicaciones, obteniéndose la mayor eficacia (85,18%) en la quinta aplicación, seguido del extracto de Neem + jabón potásico con 51, 60%.

Palabras clave: *Tetranychus* spp., frutilla, productos alternativos.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



AÑO
30

Introducción

La frutilla [*Fragaria ananassa* (L) Duch] es una planta perenne, ampliamente cultivada, cuyos frutos son muy apreciados para el consumo en fresco. La producción de frutilla, a nivel mundial, se ha incrementado un 13% entre los años 2007 y 2012 según la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) (Pefaur Lepe, 2014), constituyéndose China, Estados Unidos y España los mayores productores (González Zagal, 2013).

Paraguay presentó un incremento similar con la expansión del área productiva, llegando incluso a duplicarse con relación a la década de los años 80, encontrándose el cultivo en los departamentos de Central, Caaguazú y Cordillera (Doldán Larrea & González, 2007).

La producción de frutilla presenta un alto valor en el mercado por su alta rentabilidad y por su corto periodo de cosecha, representando un potencial de ganancias obtenidas a pequeña escala, así también, las industrias se ven favorecidas con los productos variados con los que se pueden obtener valor agregado (Adorno Chávez & Solián Duarte, 2018).

El daño por ataque de ácaros representa uno de los principales factores limitantes de

la producción, por las pérdidas considerables ocasionadas (Lemus-Soriano, García-Barajas, Pérez-Aguilar, & Romero-García, 2017). En ese sentido, la plaga conocida como araña roja (*Tetranychus urticae*) es una de las más perjudiciales debido a que se presenta en cualquier momento, aunque la severidad del daño puede incrementarse en épocas secas, debido a que invernan en plantas espontáneas o en hojas viejas para atacar a hojas jóvenes con el aumento de la temperatura (Lozada Martínez, 2011).

Los daños causados son debido a que los individuos se alimentan del follaje, reduciendo la vitalidad de la planta para luego incidir severamente en la capacidad que tiene para desarrollarse, ya que estos arácnidos se alimentan al extraer la savia, obteniéndolo con la ayuda de un estilete, y posterior a esto el resultado son plantas con tamaños reducidos y duración de vida útil mínima, debido a que el contenido de clorofila en las hojas disminuye y los pigmentos fotosintéticos pueden cambiar como respuesta al estrés que el cultivo ha manifestado durante el ataque del ácaro (Mesa, citado por Toapanta Yanchatipán, 2018).

La presencia de *Tetranychus* spp. representa un problema muy serio en la



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

producción por lo que se recomienda su control con productos acaricidas adecuados (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (MAG s.f.).

Las arañitas rojas, provocan un amarillamiento de la lámina foliar y posteriormente un necrosamiento, afectando además el fruto, por ello representan consideraciones económicas ya que, en la mayoría de los productos destinados al mercado en fresco, la calidad se asocia a la apariencia del fruto (Salas, citado por Ochoa & Aguilar, 1989).

Villegas-Elizalde y otros (2010) mencionan que el control químico es el método más utilizado; sin embargo, su uso indiscriminado puede ocasionar la generación de resistencia, alteración del balance de la naturaleza, reducción de la biodiversidad (Marroquín López, 2018). En *T. urticae*, existen más de 200 casos documentados de resistencia a nivel mundial (Rizzieri *et al.*, 1988; Georghiou y Lagunes, 1991; Konanz y Ñauen, 2004, citados por Robles-Bermúdez, y otros, 2012).

Actualmente ya se han reportado casos de resistencia a acaricidas como es el caso de propargite que inicialmente mostraban resultados satisfactorios y en la actualidad

ya no controla esta plaga (Robles-Bermúdez, y otros, 2012).

Además, el desconocimiento del uso de otros productos ocasiona grandes pérdidas en la producción de frutilla; razón por la cual en los frutos se han detectado grandes niveles de contaminación por residuos de plaguicidas ya que la utilización del control químico provoca efectos dañinos en el medio ambiente como también en las personas que aplican dichos productos y las personas que consumen esta fruta (Lozada Martínez, 2011), además del deterioro en la salud y el medio ambiente, provocan grandes daños económicos destinados a su control y pérdidas por producción afectadas (Colcha Rovalino, 2013).

Ante esta situación se deben considerar otras alternativas para el control de la plaga, como la utilización de acaricidas a base de extractos vegetales. Plantas como el ají (*Capsicum frutescens*), el ajo (*Allium sativum*), el ricino (*Ricinus communis*), el neem (*Azadirachta indica*) y el paraíso (*Melia azedarach*) han demostrado resultados favorables (Pino y Valois, citados por Marroquín López, 2018).

Otros autores como Dabrowski y Seredynska (2007) refieren que los



estudios sobre el efecto de extractos y aceites vegetales en arañas rojas (*Tetranychidae*) se han intensificado en los últimos 30 años.

Objetivo

Evaluar el efecto de diferentes productos alternativos sobre el control del ácaro *Tetranychus* spp. en la etapa de producción vegetativa en el cultivo de la frutilla en la localidad de Natalio, de tal manera a determinar el producto de mayor eficacia para el control de la araña roja.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en la parcela del señor Braulio Salinas, en el distrito de Natalio km 20, departamento de Itapúa, Paraguay, con latitud 26.757° S y longitud 55.1378° O.

El clima del país es tropical a subtropical, con una temperatura media anual que ronda los 22°C, llegando incluso a medias próximas a los 15°C en la región Oriental (Pastén, 2009); las precipitaciones anuales promedian los 1.700 mm con las máximas de octubre a marzo (FAO, 2015). Durante la investigación se registró un total de 647 mm de lluvia (enero a abril del 2021), según los datos del pluviómetro instalado en la parcela y un promedio de temperatura de 26°C.

Se utilizó el diseño en bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en preparados de productos alternativos para el control de la araña roja (*Tetranychus* spp.) que se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el ensayo de productos alternativos para el control de araña roja (*Tetranychus* spp.) de la frutilla (*Fragaria* spp.) en la etapa vegetativa. Natalio, Itapúa, Paraguay, 2021.

Tratamiento	Descripción	Dosificación (extracto en 5 litros de agua)
T ₁	Extracto de paraíso	1 L /5 L
T ₂	Extracto de ajo	1 L /5 L
T ₃	Extracto de neem + jabón potásico	0,015 L + 0,05 L /5 L
T ₄	Abamectina	0,001 L /5 L
T ₅	Testigo	0

El ensayo se llevó a cabo en una parcela establecida, cubierta con una malla protectora media sombra de 50%, se realizó el análisis de suelo y la fertilización

fue de acuerdo a los requerimientos de los resultados obtenidos, el riego fue por goteo y la eliminación de malezas se realizó dependiendo de la necesidad con carpidas.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Se utilizó como material vegetal la variedad de frutilla San Andreas, protegida con cubierta vegetal (paja). Las evaluaciones de las variables se realizaron entre febrero y abril del 2021, a excepción de la población inicial de ácaros que se realizó en enero del 2021, con un mes de anticipación a la primera aplicación y posterior evaluación de las demás variables.

Los productos se aplicaron en horas de la mañana cada 15 días después de la verificación de la presencia del ácaro en las hojas del cultivo, con un pulverizador tipo mochila con pico tipo cónico hasta los 60 días, además, para evitar o reducir la deriva de los productos entre los tratamientos y repeticiones se utilizaron como barreras carpas de 1,50 m de altura a los costados de los tablonos en cada aplicación, siendo la velocidad del viento de 10 km/hora en las aplicaciones.

Las variables en las que se realizaron observación y conteo de *Tetranychus* spp., la identificación se realizó de acuerdo al color, número de plantas y tamaño conforme a lo mencionado en la revisión bibliográfica (Salas F, 1978) y fueron las siguientes:

Población inicial de ácaros: se contó y registró en una planilla de campo la cantidad de ácaros presentes, dos veces por semana, iniciando un mes antes de la primera aplicación de los productos. Se extrajeron dos hojas de diez plantas al azar y el conteo se realizó bajo un estereoscopio. Se expresó en unidades de ácaros (Lozada Martínez, 2011).

Número de ácaros vivos: se determinó observando y cuantificando con una lupa, dos hojas por planta de diez plantas al azar cada 15 días después de las aplicaciones de los productos. Se expresó en número de ácaros por planta (Lozada Martínez, 2011).

Porcentaje de infestación de *Tetranychus* spp.: se registró contando el número total de plantas y el número de plantas con presencia de ácaros a partir de los 15 días después de la aplicación (Carrera Llano, 2016). El registro se realizó a intervalos de 15 días hasta los 60 días después de la aplicación. Se expresó en porcentaje.

Eficacia del producto: se analizó cada dos días DDA hasta los 60 días DDA (Carrera Llano, 2016). Se extrajo una hoja de diez plantas al azar y se observó bajo estereoscopio, para luego calcular la mortandad (%) por la fórmula de Abbot:



$$\text{Eficacia de Abbot (\%)} = (VT - VE) / VT * 100$$

Donde:

VT: individuos vivos en la unidad de observación de control o testigo.

VE: individuos vivos en la unidad de observación del ensayo.

Resultados y discusión

Población inicial de ácaros

Los resultados para la variable población inicial de ácaros (conteo inicial de la población) en la evaluación de productos alternativos para el control de araña roja *Tetranychus* spp. en frutilla se presentan en la Tabla 2. No se registraron diferencias entre los tratamientos.

Tabla 2. Promedio de ácaros en la evaluación de productos alternativos para el control de araña roja *Tetranychus* spp. en frutilla. Natalio, Paraguay, 2021.

Ácaros vivos antes de aplicación	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
	30 ADA*	21 ADA	14 ADA	7 ADA
Extracto de paraíso	1,35	1,60	1,15	1,00
Extracto de ajo	1,00	1,23	1,08	1,18
Neem + jabón potásico	1,98	1,80	1,10	0,75
Abamectina	1,00	1,25	1,03	0,85
Testigo	1,08	1,90	1,35	0,93
Promedio	1,28	1,56	1,14	0,94
F calculada	0,89 ^{ns}	1,50 ^{ns}	0,47 ^{ns}	1,38 ^{ns}
CV (%)	16,87	32,54	32,26	7,05

CV = Coeficiente de variación, ^{ns} = no significativo. *ADA: antes de la aplicación.

Letras iguales no difieren entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

La población inicial de ácaros se mantuvo uniforme antes de realizarse la primera aplicación con las condiciones climáticas dadas. No se registró un aumento de población que pudiese afectar al cultivo dentro de las cuatro semanas previas a las aplicaciones. Esto se pudo deber a la variación de los parámetros climáticos como el incremento de lluvias en el periodo de ejecución.

Número de ácaros vivos

Los datos registrados para el número de ácaros vivos se presentan en la Tabla 3. Para la primera, segunda y tercera aplicación no hubo diferencias significativas, mientras que en la cuarta y quinta aplicación hubo diferencias significativas.



Tabla 3. Promedio número de ácaros vivos en la evaluación de productos alternativos para el control de araña roja *Tetranychus spp.* en frutilla. Natalio, Paraguay, 2021.

Tratamientos	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
	17/02/21	03/03/21	17/02/21	30/03/21	14/04/21
Testigo	1,23	1,35	1,23	1,63 a	1,18 a
Extracto de paraíso	0,95	0,88	0,98	1,03 ab	0,93 ab
Neem+jabón potásico	1,43	1,13	1,05	1,00 ab	0,75 ab
Extracto de ajo	1,25	1,25	0,80	0,93 ab	1,08 ab
Abamectina	0,93	0,80	0,63	0,63 b	0,55 b
Promedio	1,16	1,08	0,94	1,04	0,90
F. calculada	1,12 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,95 ^{ns}	4,56 [*]	3,48 [*]
CV (%)	34,93	27,92	13,19	32,77	30,07

CV = Coeficiente de variación, ^{ns} = no significativo, ^{*} = significativo al 5% por la prueba de F. Letras iguales no difieren entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Con los resultados obtenidos en esta variable se logra observar que los datos de los tratamientos son similares en la primera, segunda y tercera aplicación. Con la aplicación de productos a los 45 días (30/03/21) y 60 días (14/04/21), se observa que la abamectina produjo los mejores resultados al reportar el menor número de ácaros vivos 0,63 y 0,55, respectivamente.

El producto orgánico más apropiado para disminuir los daños producidos por los ácaros a los 45 días fue el extracto de ajo con un promedio de 0,93 ácaros vivos por planta y a los 60 días el extracto de neem + jabón potásico con 0,75 ácaros vivos por planta. Los valores son similares a lo observado por Lozada Martínez (2011), quien reportó que el menor número de ácaros vivos fue con la aplicación de productos a los 60 días en dosis 2 cc/L

(Biosan). A pesar de observar que en la cuarta y quinta aplicación hubo un control de la araña roja, los productos orgánicos no difieren significativamente de la abamectina por lo que se podría considerar la utilización de productos orgánicos como una alternativa en el control de araña roja *Tetranychus spp.*

Porcentaje de infestación de *Tetranychus spp.*

En la Tabla 4 se presentan los resultados del porcentaje de araña roja en la evaluación de productos alternativos. Los tratamientos presentaron valores similares en la primera aplicación; se observa que la aplicación con abamectina fue la más eficiente para el control de la araña roja seguido de los extractos de neem+ jabón potásico, ajo y paraíso en comparación con el testigo sin aplicación.



Tabla 4. Porcentaje de plantas infestadas en el ensayo de evaluación de productos alternativos para el control de araña roja *Tetranychus spp.* en frutilla. Natalio, Paraguay, 2021.

Tratamiento	1 ^a lectura	2 ^a lectura	3 ^a lectura	4 ^a lectura	5 ^a Lectura
Testigo	45,00	37,50	45,00	35,00	37,50 a
Extracto de paraíso	27,50	32,50	42,50	22,50	32,50 a
Extracto de ajo	27,50	30,00	35,00	32,50	30,00 ab
Neem+jabón potásico	22,50	32,50	37,50	30,00	27,50 ab
Abamectina	15,00	25,00	35,00	20,00	7,50 b
Promedio	23,13	31,50	39,00	31,00	27,00
F calculada	1,82 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,04 ^{ns}	5,43 ^{**}
CV (%)	59,47	31,10	16,84	45,29	23,93

CV = Coeficiente de variación, ^{ns} = No significativo, ^{**} Significativo al 1% de probabilidad de error por la prueba de F, ^{*} Significativo al 5% de probabilidad de error por la prueba de F.

Letras iguales no difieren entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la segunda y tercera aplicación no se observaron diferencias entre los tratamientos, pero no obstante hay una tendencia hacia la abamectina como alternativa de control de la araña roja. En la cuarta aplicación tampoco se registró diferencia entre los tratamientos, siendo el tratamiento con el menor porcentaje de incidencia la abamectina con 20% en comparación al testigo sin aplicación de 35%, seguido de neem+ jabón potásico con 30%.

En la quinta aplicación se pudo observar que los resultados obtenidos fueron significativos entre los diferentes tratamientos utilizados en el experimento, el tratamiento con el porcentaje más bajo de incidencia de la araña roja fue para la abamectina con 7,50% seguido del neem + jabón potásico 27,50% comparados al

testigo que tuvo un porcentaje de incidencia del 37,50%, siendo el valor más alto.

Los resultados obtenidos indican que las aplicaciones secuenciales de abamectina tiene un efecto sobre el porcentaje de infestación de la araña roja en el cultivo de frutilla, estos resultados no coinciden con los datos obtenidos por Carrera Llano (2016) donde no registraron diferencias entre los tratamientos utilizados para el control de ácaro en fresa.

Eficacia del producto

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de la variable eficacia del producto sobre araña roja en la evaluación de productos alternativos.



Para la primera aplicación se observa que la abamectina presentó alta eficacia en comparación a los demás con 79,88%, aunque no fue diferente estadísticamente del resto de los productos aplicados, seguido del tratamiento neem + jabón potásico con 65,13%.

Los tratamientos en la primera aplicación presentaron valores por debajo del 45% de eficacia. En la segunda aplicación, los tratamientos se comportaron en forma similar manteniéndose por debajo del 38,75% de eficacia.

Tabla 5. Promedio de eficacia del producto en la evaluación de productos alternativos para el control de araña roja *Tetranychus spp.* en la etapa vegetativa de frutilla. Natalio, Paraguay, 2021.

Tratamientos	1 ^a DDA	2 ^a DDA	3 ^a DDA	4 ^a DDA	5 ^a DDA
Abamectina	79,88 a	38,75	61,00 a	67,85 a	85,18 a
Neem+jabón potásico	65,13 a	27,50	40,90 a	32,50 ab	51,60 ab
Extracto de ajo	45,85 ab	16,68	50,98 a	45,35 a	50,60 ab
Extracto de paraíso	37,35 ab	25,00	40,58 a	61,55 a	38,58 ab
Testigo	0,00 b	0,00	00,00 b	0,00 b	0,00 b
Promedio	45,64	21,59	38,69	41,45	45,19
F calculada	5,45**	0,82 ^{ns}	13,79**	8,10**	5,24*
CV (%)	44,70	111,18	25,76	35,62	44,68

CV = Coeficiente de variación, ^{ns} = no significativo** Significativo al 1% de probabilidad de error por la prueba de F, * Significativo al 5% de probabilidad de error por la prueba de F.

Letras iguales no difieren entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la tercera aplicación se observa un aumento en la eficacia de los productos, evaluados, comparado al testigo, teniendo un comportamiento similar. Sin embargo, la mayor eficacia se encontró con abamectina, seguido de extracto de ajo, extracto de neem + jabón potásico, y extracto de paraíso no difiriendo estadísticamente entre ellas.

mejor producto con el mayor porcentaje de eficacia para el control de la araña roja en el cultivo de frutilla; en la cuarta aplicación el extracto de paraíso presentó el segundo valor más alto en eficacia entre los productos alternativos aplicados, seguido por el extracto de ajo y el neem+ jabón potásico con valores superiores al 45%.

En la cuarta y quinta aplicación la abamectina fue aumentando el nivel de eficacia del 67,85% al 85,18% siendo el

Estos resultados indican que en las aplicaciones secuenciales de abamectina se puede llegar a un nivel de eficacia del 85,18% de control de la araña roja en el



cultivo de frutilla. Estos resultados no coinciden con los datos obtenidos por Lozada Martínez (2011) donde no encontraron diferencias estadísticas para los tratamientos del ensayo realizado.

Carrillo-Rodriguez, Hernandez-Cruz, Chávez-Servia, Vera-Guzmán, & Perales-Segovia (2011) obtuvieron también valores altos en cuanto al porcentaje de eficiencia para el tratamiento con abamectina, con un valor 96,8% de eficiencia, concordando con los resultados del presente experimento.

En el trabajo realizado por Trabuco de Evert, Zarza Silva, & López Morel (2017) observaron que el extracto de ajo obtuvo un nivel de eficiencia del 80%, estos valores no coinciden con los valores obtenidos por el presente trabajo, en el cual el mayor porcentaje de eficacia fue solo para la tercera aplicación con un valor del 50,98%. Datos obtenidos por Carrillo-Rodriguez, Hernandez-Cruz, Chávez-Servia, Vera-Guzmán, & Perales-Segovia (2011) demostraron que el extracto de paraíso en una concentración al 20,0% obtuvo un 68,3% de eficiencia, coincidiendo con los valores obtenidos en el presente trabajo de investigación con un valor de 61,55% en la cuarta aplicación.

Por otra parte, Carrera Llano (2016) no registró diferencias significativas entre los productos utilizados en su experimento para el control de ácaro (*Tetranychus urticae*), concordando con la segunda aplicación de este ensayo, donde no se obtuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos utilizados.

Conclusiones

Abamectina, a los 45 días y 60 días DDA, reporta el menor número de ácaros vivos, mientras que el extracto de ajo es el producto orgánico más apropiado para disminuir los daños producidos por los ácaros a los 45 días y el extracto de neem + jabón potásico, a los 60 días.

Abamectina presenta menor porcentaje de infestación con *Tetranychus* spp. en frutilla, el extracto de neem+ jabón potásico es el segundo tratamiento con un porcentaje bajo.

En la eficacia de los productos el tratamiento con el valor más alto es abamectina, como el mejor producto a utilizar para el control de la plaga, seguido del extracto de neem + jabón potásico.



Bibliografía

- Adorno Chávez, M., & Solián Duarte, L. C. (2018). Efecto de fungicidas sobre la antracnosis (*Colletotrichum fragariae* Brooks) en plantines de frutilla [*Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier]. *Investigación Agraria*, 38-50.
- Carrera Llano, L. E. (Noviembre de 2016). Evaluación de dos productos acaricidas, jabón de coco y adjuvante (trisiloxano 100%) a tres dosis para el control de ácaros (*Tetranychus urticae*) en el cultivo de frutilla (*Fragaria vesca* L.) en el barrio el Paraíso parroquia Huachi grande, cantón Ambato,. 57. Lacatunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3591/1/T-UTC-00827.pdf>
- Carrillo-Rodríguez, J. C., Hernández-Cruz, B., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., & Perales-Segovia, C. (2011). Efecto de extractos vegetales sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en laboratorio. *J. Interamer. Soc. Trop. Hort*, 154-157.
- Colcha Rovalino, S. E. (Octubre de 2013). Manual práctico de reproducción masiva de *Amblyseius californicus*, usado en el control biológico de *Tetranychus urticae*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6049/1/UPS-YT00145.pdf>
- Dabrowski, Z., & Seredynska, U. (2007). Caracterización de la respuesta de la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch, Acari: Tetranychidae) a extractos acuosos de especies vegetales seleccionadas. *Journal of Plant Protection Research*, 113-124.
- Doldán Larrea, L. C., & González, J. D. (2007). Influencia de las organizaciones de productores en los resultados productivos y económicos en el cultivo de frutilla en la compañía Estanzuela de Itaiguá. *Investigación Agraria*, 38-43.
- FAO Aquastat. (2015). *Perfil del país-Paraguay*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/3/ca0443es/CA0443ES.pdf>
- González Zagal, C. (Septiembre de 2013). *Frutillas y moras procesadas: la irrupción de los otros berries*. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Obtenido de Oficina de Estudios y Políticas Agrarias: <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/12030.pdf>
- Lemus-Soriano, B. A., García-Barajas, J., Pérez-Aguilar, D. A., & Romero-García, A. (2017). Control del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* koch (Prostigmata: Tetranychidae) con oximatrina en fresa. *Entomología Agrícola*, 314-319.
- Lozada Martínez, A. J. (2011). *Evaluación de productos orgánicos para el control de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*)*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/879/1/Tesis_t004agr.pdf



- Marroquin López, U. D. (2018). Evaluación de extractos vegetales en el control de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) (Tesis de grado). 50. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmli/bitstream/handle/123456789/45161/Marroquin%20L%C3%B3pez%20Ursula%20D%27%20Alba.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. (s. f.). *Fragaria spp. Rosaceae*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658fresa.pdf>
- Ochoa, R., & Aguilar, H. (1989). Combate químico de la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en fresa (*Fragaria* sp.). *Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica*, 51-60.
- Pastén, M. (2009). *Caracterización de la sequía en Paraguay usando el Índice Estandarizado de Precipitación (IEP)*. Obtenido de <http://sdi.cnc.una.py/catbib/documentos/420.pdf>
- Pefaur Lepe, J. (Agosto de 2014). *El mercado de las frutillas*. Santiago, Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Obtenido de <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2014/08/Frutillas2014.pdf>
- Robles-Bermúdez, A., Robles-Bermúdez, G. F., Rodríguez-Maciel, C., Santillán-Ortega, C., Lagunes-Tejeda, Á., Flores-Canales, R. J., & Cambero-Campos, J. O. (2012). Resistencia de cuatro poblaciones del acaro (*Tetranychus urticae* Koch.) a propargite en rosa de corte (*Rosa x hybrida*) en el Estado de México, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.
- Salas F, L. (1978). Algunas notas sobre las arañas rojas (Tetranychidae: Acari) halladas en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 47-59.
- Toapanta Yanchatipán, N. J. (2018). *Evaluación del nivel de daño agronómico de Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) en variedades de Fragaria spp.* Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29169/1/Tesis-223%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20621.pdf>
- Trabuco de Evert, M. B., Zarza Silva, H., & López Morel, F. (2017). *Evaluación de extractos vegetales para el control del ácaro rayado (Tetranychus urticae koch.) en cultivo de frutilla en condiciones de invernadero*. Obtenido de Guía Rural: <https://www.guiarural.com.py/evaluacion-extractos-vegetales-control-del-acaro-rayado-tetranychus-urticae-koch-cultivo-frutilla-condiciones-invernadero/>
- Villegas-Elizalde, S., Rodríguez-Maciel, J. C., Anaya-Rosales, S., Sánchez-Arroyo, H., Hernández-Morales, J., & Bujanos-Muñiz, R. (2010). Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia*, 75-81.

Evaluación de una herramienta biotecnológica para el control de *Pectobacterium carotovorum*, agente causante de la podredumbre blanda de la papa



D.34. Agroalimentos

Evaluación de una herramienta biotecnológica para el control de *Pectobacterium carotovorum*, agente causante de la podredumbre blanda de la papa

Fullana, Lara, fullanalara@gmail.com

Arce, Rocío C., arce@ibr-conicet.gov.ar; Carrillo, Néstor; carrillo@ibr-conicet.gov.ar; Krapp, Adriana R.; krapp@ibr-conicet.gov.ar

Profesor/a guía: Arce, Rocío C.

Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas

Resumen

La incorporación de Fe es problemática para los organismos terrestres, y muchos agentes infecciosos han desarrollado mecanismos para piratear ferro-proteínas del hospedador. La proteína vegetal más abundante con Fe es la ferredoxina (Fd), que transporta equivalentes redox en numerosas vías, incluyendo fotosíntesis. Entre las bacterias que han aprovechado esta abundancia en su beneficio se encuentra *Pectobacterium carotovorum* (*Pcc*), un fitopatógeno necrotrofico que produce la podredumbre blanda en numerosos cultivos de importancia agroeconómica, como la papa y la cebolla.

Hay varias observaciones que demuestran que este mecanismo podría ser clave para el éxito de la infección. Esto sugiere que plantas con niveles disminuidos de Fd podrían ser resistentes a la podredumbre blanda. Por desgracia, Fd es un gen esencial, y su deficiencia tiene consecuencias fenotípicas catastróficas para la planta. En este contexto, muchas cianobacterias y algas presentan una proteína libre de Fe llamada flavodoxina (Fld), capaz de reemplazar funcionalmente a Fd, y cuya expresión es inducida en situaciones de deficiencia de Fe.

Aunque el gen que codifica Fld no se encuentra presente en plantas, la expresión de una Fld cianobacteriana en plantas modelo y cultivos incrementó la tolerancia a estrés ambiental y deficiencia de Fe. Por lo tanto, nos proponemos ensayar la virulencia de la bacteria en plantas transgénicas con niveles disminuidos de Fd y que expresan Fld. Para ello pusimos a punto las condiciones de infección con *Pectobacterium* en dos especies diferentes de plantas, *Arabidopsis* y tabaco, y generamos las líneas transgénicas mediante diferentes metodologías, en *Arabidopsis* se trabajó con líneas knock-out en el gen de Fd2 (KO), y en tabaco mediante una técnica de silenciamiento inducido por virus (VIGS). Resultados preliminares en tabaco demuestran que la deficiencia en Fd permite limitar la disponibilidad



de Fe durante la infección con *Pcc* y afectar al desarrollo de la enfermedad.

Palabras clave: Ferredoxina, Flavodoxina, *Pectobacterium*

Introducción

Fitopatógenos

La infección de las plantas es un proceso complejo. Al encontrar una planta huésped, los microorganismos patógenos primero deben adaptarse a la vida en la superficie epífita y sobrevivir el tiempo suficiente para iniciar la infección. Su capacidad de respuesta a los desafíos ambientales es fundamental, ya que deben ir integrando señales ambientales que desencadenan las respuestas apropiadas. En última instancia, los fitopatógenos deben ingresar al tejido vegetal utilizando vías de motilidad y quimiotaxis. Esta migración está ligada a la superación de las barreras físicas y químicas de entrada en el apoplasto de la planta. Una vez dentro de la misma, las bacterias utilizan una serie de sistemas de secreción para liberar fitotoxinas y proteínas efectoras que cumplen diversas funciones patogénicas (Pfeilmeier y col., 2016).

Los patógenos de plantas pueden clasificarse según el tipo de nutrición que tienen una vez que infectan un huésped. Estos pueden ser necrotrofos, biotrofos o hemibiotrofos. Los necrotrofos matan las células del hospedador y se alimentan de

ellas, mientras que los biotrofos requieren tejido vivo para crecer y, en consecuencia, manipulan la fisiología del hospedador para obtener nutrientes. Los hemibiotrofos suelen mostrar una etapa biotrófica de nutrición antes de cambiar a un estilo de vida necrotrofico (Rajarammohan, 2021).

La vida en las hojas de las plantas es compleja y dinámica, y los patógenos deciden continuamente si expresan características que les permitan sobrevivir en la superficie o eludir la epidermis de la hoja y entrar en el apoplasto, antes de propagarse en el espacio intercelular o colonizar el sistema vascular de la planta. Este proceso de toma de decisiones es un factor crítico en el inicio, virulencia y persistencia de las infecciones de las plantas y está mediado, en gran medida, por vías de señalización basadas en moléculas pequeñas.

Pectobacterium

La familia *Enterobacteriaceae* contiene muchas especies que forman relaciones comensales o patógenas con los humanos, pero además contiene varios fitopatógenos como los miembros del género *Pectobacterium* (anteriormente *Erwinia*); el agente causal de la podredumbre blanda. Este género contiene especies con rangos



de huéspedes que causan enfermedades en varios cultivos económicamente importantes, como la papa, la remolacha azucarera y el maíz (Ma y col., 2007).

Una característica clave del género *Pectobacterium* es la producción de una variedad de enzimas líticas durante la infección, que conduce a la lisis de las células huésped y una maceración característica o pudrición blanda de los tejidos (Pérombelon, 2002). La hidrólisis de la pectina, que se encuentra en la pared celular de las células de las plantas, proporciona oligogalacturónidos que son utilizados por las bacterias como fuente de carbono, mientras que la lisis asociada de las células huésped libera micronutrientes intracelulares como el Fe (Grinter y col., 2013).

Los estudios experimentales sobre los sistemas de adquisición de Fe que posee *Pectobacterium*, su regulación y papel en la virulencia son limitados; sin embargo, el análisis de datos de estudios existentes, junto con las secuencias del genoma de varias cepas sugiere que el género utiliza múltiples sistemas para obtener Fe durante la infección.

Captación de Fd

Recientemente se demostró que *P. carotovorum* (*Pcc*) y *P. atrosepticum*,

ambos patógenos de plantas, son capaces de adquirir Fe de la Fd, que es una proteína que contiene un pequeño y estable grupo de Fe-azufre [2Fe-2S] (Grinter y col., 2012, 2013). En el mecanismo propuesto por Wojnowska y Walker (2020), *Pcc* posee en su superficie celular un receptor llamado FusA, capaz de unir la Fd que sería liberada del hospedador al producirse la lisis celular (Grinter y col., 2016). Esta unión provoca la liberación de la caja TonB que se encuentra ubicada en el extremo N-terminal de FusA, posteriormente se une a FusB, que disloca el dominio del tapón a través de la energía de la fuerza motriz de protones. Luego, FusB puede ingresar a la luz de FusA y unirse a la Fd y, a través de la transducción de la fuerza motriz de protones, trasladar la Fd al periplasma. Luego, el dominio de la caja TonB puede volver a ingresar al barril FusA y devolver las proteínas FusA y FusB a sus estados de reposo (Figura 1; Wojnowska y Walker, 2020). En la translocación al periplasma, FusC escinde a la Fd desencadenando la liberación del grupo [2Fe-2S], que se transportaría al citoplasma en un proceso que puede estar mediado por el supuesto transportador ABC codificado por *FusD* (Mosbahi y col., 2018).

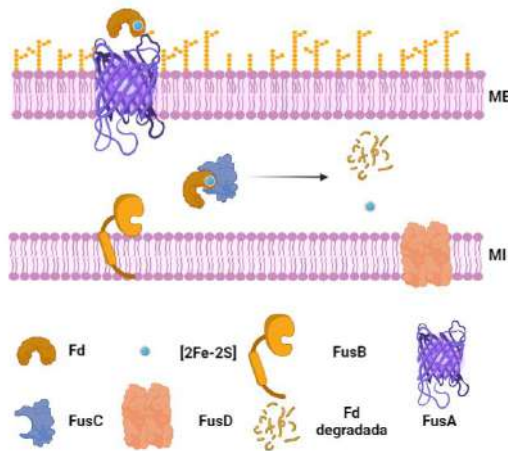


Figura 1. Mecanismo de captación de la Fd propuesto en Wojnowska y Walker (2020).

La evidencia disponible muestra una correlación importante entre la adquisición de Fe y la virulencia (Tyrrell y Callaghan, 2016).

Ferredoxina

Las ferredoxinas son ferro-sulfo proteínas pequeñas (~11 kDa) que participan en diversas rutas de transferencia de electrones en plantas, animales y microorganismos, cumpliendo un rol esencial en la distribución de equivalentes de reducción a diversas vías biosintéticas, regulatorias y disipativas.

Fd desempeña un rol clave en rutas como el transporte cíclico de electrones que opera bajo condiciones fisiológicas y de estrés para eliminar el exceso de poder reductor y prevenir la sobrerreducción de la cadena de transferencia de electrones

fotosintética y del estroma. Sin embargo, son proteínas muy antiguas que evolucionaron bajo condiciones anaeróbicas, cuando el Fe se encontraba más biodisponible; por lo tanto, no están bien adaptadas a las condiciones actuales de una atmósfera rica en oxígeno. Es por eso que, a pesar de que la función de Fd es crítica para amortiguar los efectos oxidantes del estrés ambiental, los niveles de ARNm y de la proteína caen abruptamente bajo una variedad de condiciones ambientales adversas que generan estrés oxidativo (Tognetti y col., 2006; Zurbriggen y col., 2008).

Flavodoxina

Entre los genes que funcionan como protectores de cianobacterias y algas contra el estrés ambiental se destaca Fld, una flavoproteína transportadora de electrones isofuncional con Fd, que se induce durante episodios de estrés ambiental y deficiencia de Fe. Las Flds son transportadores electrónicos solubles que contienen un mononucleótido de flavina unido no covalentemente y transportan electrones de bajo potencial entre diferentes donantes y aceptores en vías metabólicas redox de bacterias y algas (Sancho, 2006).

El gen que codifica para Fld está ausente en plantas, sin embargo, la introducción de



Fld dirigida a cloroplastos en plantas modelo incrementó la tolerancia a estrés biótico y abiótico, y complementó funcionalmente líneas deficientes en Fd, indicando que Fld es capaz de interactuar productivamente con componentes fotosintéticos de plantas a pesar de la divergencia evolutiva (Tognetti y col., 2006; Zurbriggen y col., 2008; Blanco y col., 2011; Rossi y col., 2017).

Los resultados de estos estudios demuestran que, bajo condiciones de estrés, Fld es capaz de reemplazar funcionalmente a Fd, canalizando el exceso de energía y poder reductor hacia vías productivas del cloroplasto y evitando la acumulación de oxidantes. Por lo tanto, la expresión de esta flavoproteína en plantas deficientes en Fd disminuiría la disponibilidad de Fe para la infección por *Pcc* sin presentar las penalidades propias de la falta de Fd.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una estrategia biotecnológica para el control del patógeno *Pcc* mediante la expresión de Fld en plantas deficientes en Fd.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar *in planta* el modelo de secuestro de Fd por *Pcc*.
2. Determinar si la deficiencia de Fd limita la infección por *Pcc*.
3. Caracterizar el grado de susceptibilidad a *Pcc* de plantas transgénicas de tabaco con niveles reducidos de Fd y complementadas con Fld.

Materiales y métodos

Material vegetal

Arabidopsis

Para todos los experimentos se utilizaron plantas de *Arabidopsis* del ecotipo Noessen (salvaje y mutante). Las plantas Fd2-KO (línea knockout con inserción en el gen Fd2) contienen en la región codificante de At1g60950 una inserción del transposón Ds (Ds-T-DNA), producida mediante el uso del sistema de etiquetado Ac/Ds descrito en Voss y col. (2008). Las semillas de las plantas de *Arabidopsis* fueron germinadas en esterilidad en placas de Petri con medio Murashige y Skoog (1962) a la mitad de su concentración (MS 0,5X) y 0,8 % (p/v) agar. Las placas fueron selladas luego con cinta micropore® de 3M para mantener las condiciones de humedad. Las semillas fueron estratificadas a 4 °C durante 2 días en oscuridad antes de ser expuestas a la luz. Todas las manipulaciones en

esterilidad fueron realizadas en flujo laminar horizontal. Las plantas fueron crecidas en recipientes de 250 cm³ con tierra en cámara de cultivo a 150 μmol m⁻² s⁻¹ y un fotoperíodo de 16/8 h luz/oscuridad. La temperatura fue regulada en 23/19 °C y la humedad relativa ambiental mantenida entre 40 % y 90 % durante el ciclo luz/oscuridad. El riego fue realizado con agua día por medio.

N. tabacum

Se utilizaron plantas salvajes de tabaco, *N. tabacum* cv. Petit Havana (WT). Las semillas de las plantas de tabaco fueron germinadas en mezclas (1:1) de tierra y sustrato Klasmann TS1. Luego fueron crecidas hasta 25 días post germinación (dpg), donde se las trasplantó a macetas de 1,5 L con tierra en condiciones de cámara de cultivo, a una intensidad lumínica de 250 μmol m⁻² s⁻¹ y un fotoperíodo de 16/8 h luz/oscuridad. La temperatura fue regulada en 28/23 °C y la humedad relativa ambiental mantenida entre 40 % y 90 % durante el ciclo luz/oscuridad. El riego fue realizado con agua día por medio.

Preparación de extractos proteicos a partir de tejido foliar

Se realizaron homogenados a partir de tejido foliar (100 mg de peso fresco

aproximadamente) de las distintas líneas transgénicas por pulverización en N₂ líquido y resuspensión en 200 μL de una solución de extracción que contenía 50 mM Tris-HCl pH 8, 5 mM MgCl₂, 5 mM DTT, 1 mM EDTA y 1 mM fluoruro de fenilmetilsulfonilo (PMSF). El extracto fue centrifugado a 13.000 g por 10 min a 4 °C, y el sobrenadante utilizado para la separación electroforética de las proteínas y ensayos de inmunodetección (Western blot).

Separación de proteínas por electroforesis en gel de poliacrilamida en condiciones desnaturizantes y reductoras (SDS-PAGE)

El extracto obtenido fue desnaturizado previo a la siembra y corrida electroforética por incubación a 95 °C durante 5 min en 50 mM Tris-HCl, pH 6,8, 0,5 M DTT, 10% (v/v) glicerol, 2% (p/v) dodecil sulfato de sodio (SDS) y 25 μg mL⁻¹ azul de bromofenol. La separación electroforética fue realizada según Ausubel y col. (1989). La composición del gel de concentración fue la siguiente: 5% (p/v) acrilamida bis-acrilamida en 1 M Tris-HCl, pH 6,8, y 10% (p/v) SDS. El gel de separación fue de 15% (p/v) acrilamida bis acrilamida en una solución de 1,5 M Tris-HCl pH 8,8, y 10 % (p/v) SDS. Las electroforesis fueron realizadas a una intensidad constante de



20-25 mA en 25 mM Tris-HCl, 0,2 M glicina, pH 8,3, 1 mM EDTA y 0,05 % (p/v) SDS. Una vez finalizada la electroforesis, los geles fueron teñidos con 0,2% (p/v) azul de Coomassie R-250 en etanol-ácido acético-H₂O en una relación de 50:10:40 (v/v) durante 1 h y decolorados en agua.

Transferencia e inmunodetección de proteínas en membranas de nitrocelulosa (Western blot)

Luego de la separación electroforética, las proteínas fueron electrotransferidas a membranas de nitrocelulosa en una cuba de transferencia (Trans-blot, Bio-Rad). La transferencia fue llevada a cabo en 20 mM Tris-HCl, 150 mM glicina, pH 8,0, 0,02% (p/v) SDS y 20% (v/v) metanol a una intensidad de corriente constante de 20 mA y a 4 °C, con agitación durante toda la noche. Una vez terminada la transferencia, la membrana fue lavada con una solución conteniendo 0,1% (v/v) Tween, 0,43 mM Na₂HPO₄, 0,14 mM KH₂PO₄, pH 7,3, 13,7 mM NaCl, 0,27 mM KCl y 5% (p/v) leche descremada en polvo (PBS-leche). Los lavados fueron de 15 min con agitación y se repitieron tres veces, posteriormente la membrana fue incubada durante 1 h con el anticuerpo primario en 10 mL de PBS-leche. Luego, las membranas fueron lavadas tres veces durante de 15 min cada vez con PBS-Tween al 0,1% (v/v), e

incubadas durante 1 h con anti-IgG de conejo conjugada a la enzima fosfatasa alcalina (Bio-Rad), en una relación 1:3.000 (v/v) en 10 mL de la solución PBS-Tween al 0,1% (v/v). Luego de una hora de incubación con agitación, las membranas fueron lavadas tres veces por 15 min cada vez con solución PBS-Tween al 0,1% (v/v) y un lavado con una solución conteniendo 100 mM Tris-HCl, pH 9,0, 100 mM NaCl y 5 mM MgCl₂. Luego de 10 min se colocó la membrana en una solución de igual composición, a la cual se agregaron 0,01% (p/v) 5-Br-4-Cl-3-indolil-fosfato (BCIP) y 0,01% (p/v) azul de nitro tetrazolio (NBT), y se incubó a temperatura ambiente en oscuridad hasta desarrollo de color. Los anticuerpos policlonales utilizados fueron obtenidos de conejos inoculados con las correspondientes proteínas purificadas.

Infección con *Pcc*

Se infectaron hojas de plantas de *Arabidopsis* de 4 semanas con 3 metodologías, y plantas enteras de *Arabidopsis* con una cuarta. La primera, llamada “jeringa” consiste en la infiltración con una jeringa sin punta, de una suspensión conteniendo 10⁵ unidades formadoras de colonias (UFC) por mL de *Pcc* en la parte abaxial de la hoja, permitiendo la introducción de la suspensión en la hoja. La segunda



metodología, llamada “gota”, consiste en pinchar suavemente la parte adaxial de la hoja con un tip para micropipeta y dejar la gota de la suspensión conteniendo 10^7 UFC/mL de *Pcc* en la herida realizada. La tercera infección en hoja, llamada “vacío”, consiste en colocar las hojas removidas de la planta en placas que contienen una suspensión de 10^3 UFC/mL de *Pcc* y someterlo a 4 rondas de vacío. Luego, la suspensión con la hoja se agita (100 rpm) a 28 °C durante todo el experimento. El cuarto método de infección consiste en espolvorear con un atomizador una suspensión de 10^5 UFC/mL de *Pcc* en la planta completa de Arabidopsis.

La infección de las plantas de tabaco fue realizada con la metodología “jeringa”. Se introdujeron 0,5 mL de una suspensión de *Pcc* conteniendo 10^8 UFC/mL. Las plantas tenían entre 6 y 7 semanas de edad.

Silenciamiento postranscripcional mediado por virus (VIGS)

Para el ensayo de VIGS, todos los vectores, pTRV1, pTRV2, pTRV2-PDS y pTRV2-Fd fueron introducidos en la cepa GV2260 de *Agrobacterium* mediante electroporación. El cultivo de 5 mL fue crecido durante toda la noche a 28 °C en medio LB con los antibióticos apropiados y agitación. Al día siguiente, el cultivo fue inoculado en 50 mL de medio LB que

contenía antibióticos, 10 mM MES y 20 μ M 20 μ M acetosiringona. El cultivo fue incubado durante la noche en un agitador a 28 °C. Las células fueron centrifugadas a 3000 g durante 10 min y resuspendidas en medio de infiltración (10 mM $MgCl_2$, 10 mM MES, 200 μ M acetosiringona), ajustado a una OD \sim 1,0 y dejado a temperatura ambiente durante 3 h.

Las plantas de tabaco fueron infiltradas mediante 3 técnicas para silenciar el gen de la fitoeno desaturasa (PDS), control positivo que causa el blanqueo de las hojas, fácilmente visible a simple vista, por lo que la eficiencia y la localización de VIGS pueden ser observadas cualitativamente. La primera técnica, “jeringa”, consiste en la infiltración con una jeringa sin aguja en la parte abaxial de las hojas de las plantas de tabaco de 3 semanas. La segunda técnica, llamada “agrodrench”, consiste en volcar la suspensión de *Agrobacterium* conteniendo los vectores en una proporción (1:1) en la corona de la planta. La tercera técnica, llamada “spray” consiste en espolvorear con un spray la solución de *Agrobacterium* en la planta entera.

Resultados y discusión

Arabidopsis

Caracterización fenotípica de plantas de *Arabidopsis* KO y salvajes

Las plantas KO poseen diferencias fenotípicas respecto a las plantas salvajes. Como se puede observar en la Figura 2. Las plantas mutantes poseen menor cantidad de hojas, y esto es debido a que su ciclo de vida se encuentra levemente retrasado respecto a las plantas salvajes.

En todo momento del desarrollo de las plantas, las líneas KO se vieron con un tamaño menor y con un retraso en las etapas de desarrollo de tallo, floración y manifestación de la senescencia.

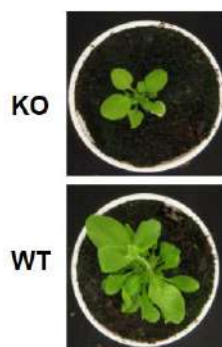


Figura 2. Fenotipo de plantas de 4 semanas de edad de *Arabidopsis* en plantas KO y salvajes (WT).

Las plantas KO muestran una disminución significativa de Fd

Para corroborar que los niveles de Fd se encontraran disminuidos en las plantas KO, se procedió a extraer proteínas de hojas de las líneas involucradas en este estudio y analizarlas por Western Blot (WB) (ver materiales y métodos).

Los resultados del WB confirman que las plantas de *Arabidopsis* que poseen la inserción del transposón en el gen de Fd2 contienen un menor nivel proteico respecto a las plantas salvajes, como se muestra en la Figura 3.

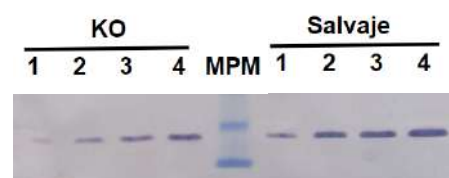


Figura 3. Expresión de Fd en hojas de plantas de *Arabidopsis*. Extractos solubles de tejido foliar de plantas de 4 semanas fueron resueltos por SDS-PAGE y revelados por Western Blot con anticuerpos contra Fd. Las calles 1, 2, 3 y 4 corresponden al mismo número de mg de tejido sembrados. MPM es el marcador de peso molecular, donde las bandas corresponden a 17 y 11 kDa.

Posteriormente se procedió a realizar un análisis de imágenes utilizando 11

siembras con el programa ImageJ. Este análisis arrojó el gráfico mostrado en la Figura 4 y mostró que las plantas salvajes contienen el doble de Fd respecto a las plantas KO analizadas.

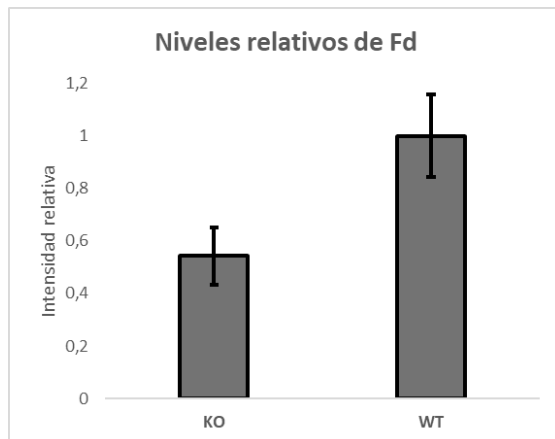


Figura 4. Niveles relativos de Fd en plantas KO y salvajes (WT). El análisis fue realizado con el programa ImageJ y se utilizaron 11 muestras de plantas KO y 11 muestras de plantas salvajes.

Pruebas de infección con *Pcc* en Arabidopsis

Para poner a punto la estrategia de infección en Arabidopsis, se probaron 4 métodos diferentes; infiltración con jeringa, por gota, spray y vacío (ver materiales y métodos).

Se infectaron con *Pcc* plantas u hojas, según corresponde, de 4 semanas de edad. Los resultados arrojados por el

análisis visual de la progresión de la infección en el área infiltrada mostró que la estrategia de someter al vacío a las hojas de Arabidopsis fue exitosa, mientras que en las demás técnicas no se observaron diferencias respecto a las plantas infectadas con una solución sin *Pcc* (control).

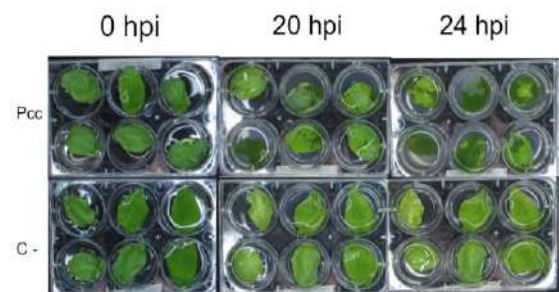


Figura 5. Progresión de la infección de *Pcc* en hojas de Arabidopsis de 3 semanas de edad mediante el método de infiltración al vacío; hpi: horas post infección.

En la Figura 5 puede observarse la progresión de la infección. A las 0 horas post infección (hpi), las hojas se encuentran intactas, mientras que a las 20 hpi se puede observar una leve sintomatología de necrosis tisular en las hojas expuestas a *Pcc* respecto a las plantas control. A las 24 hpi la necrosis en la hoja se encuentra muy avanzada y el control se mantiene sin daño tisular.

Tabaco

Silenciamiento del gen de Fd mediante la técnica de VIGS

El silenciamiento de genes inducido por virus (VIGS) se ha convertido en un enfoque muy útil para el análisis en una amplia gama de especies. VIGS utiliza la maquinaria de silenciamiento génico postranscripcional (PTGS) que las plantas emplean cuando se enfrentan a infecciones virales para poder restringir la infección. Este sistema se usa para regular negativamente a los genes endógenos de la planta que se quieren silenciar. La ventaja radica en que el método permite la disminución de la expresión génica en plantas sin la necesidad de protocolos de transformación estables o establecimiento de poblaciones mutantes.

Para llevar a cabo el silenciamiento, se utiliza la información genética de virus de plantas que han sido modificados para lograr la introducción mediante la infección con cepas de *Agrobacterium*. Entre los virus recombinantes utilizados se encuentra el tobacco rattle tobavirus (TRV), que es un virus bipartito de ARN, y es el utilizado en este trabajo. Se requieren entonces de dos vectores, que llevan la información de los ARN 1 y 2 del virus, modificados para poder realizar VIGS. Estos son pTRV1 y pTRV2, el primero codifica para una replicasa, mientras que

pTRV2 lleva la secuencia del gen endógeno que se quiere silenciar.

Para poner a punto la metodología de infección se probaron 3 métodos: inyección con jeringa, volcar la solución en la corona de la planta (agrodrench) y espolvorear con un spray a las plantas. Estos métodos fueron probados silenciando el gen PDS, en el que el silenciamiento puede observarse a simple vista a través de un blanqueamiento de la hoja, como puede observarse en la figura 6.



Figura 6. Observación fenotípica del silenciamiento del gen PDS, que produce un blanqueamiento de la hoja de tabaco. La primera imagen muestra el silenciamiento mediante la infiltración por la técnica de jeringa, mientras que la segunda imagen muestra el silenciamiento mediante la técnica de agrodrench.

La técnica que tuvo mayor eficiencia fue la de infiltración con jeringa, debido a esto, se decidió seguir las posteriores infiltraciones siguiendo esta metodología.

Infeción con *Pcc* en plantas de tabaco a las que se les ha silenciado la Fd mediante VIGS

Luego de realizar el silenciamiento postranscripcional del gen de la Fd mediante la técnica de VIGS en plantas de tabaco de 3 semanas, se procedió a realizar la infección de las hojas con *Pcc* para analizar si la disminución de Fd se correlacionaba o no con una disminución del daño generado por la infección de la bacteria.

Para chequear el funcionamiento del silenciamiento por VIGS en cuanto a la disminución de Fd, se evaluaron los niveles de esta proteína mediante WB en discos de hojas (ver materiales y métodos).

En la Figura 7 puede observarse una correlación entre la disminución de Fd y la menor progresión de la infección por parte de la bacteria patógena.

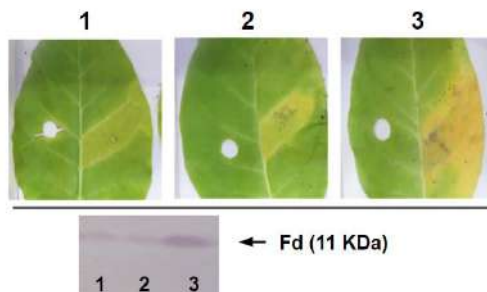


Figura 7. Western Blot de Fd en discos de hoja de tabaco salvajes y fotos de las

mismas hojas de tabaco a las 48 horas post infiltración con *Pcc*.

Conclusiones

Los resultados preliminares son muy alentadores respecto a limitar la infección por *Pcc* mediante la disminución de los niveles de Fd, compensando los efectos metabólicos de esta deficiencia a través de la expresión de Fld.

Respecto a las plantas de *Arabidopsis*, todavía estamos optimizando los tiempos de infección y recientemente pudimos transformar plantas salvajes y KO con un vector que construimos que lleva el gen de Fld. Con estas plantas se harán las respectivas infecciones con *Pcc* y se espera observar algún tipo de correlación respecto a las plantas que tienen más o menos cantidad de Fd y expresan o no Fld.

En cuanto a las pruebas de infección en *N. tabacum*, los resultados sugieren que la disminución de Fd en la hoja podría estar relacionada con la menor progresión de la infección, lo que de confirmarse indicaría que este mecanismo de piratería de Fe constituye un factor de virulencia para *Pcc*. Resta evaluar si la expresión de Fld es capaz de corregir los efectos metabólicos y de crecimiento resultantes de la deficiencia de Fd, a fin de postular esta tecnología como una potencial herramienta



biotecnológica para el control de la podredumbre blanda. De todos modos, tal como se ha indicado, los resultados preliminares apoyan la hipótesis postulada.

Bibliografía

Blanco, N. E., Ceccoli, R. D., Segretin, M. E., Poli, H. O., Voss, I., Melzer, M., Bravo-Almonacid, F. F., Scheibe, R., Hajirezaei, M. R., y Carrillo, N. (2011). Cyanobacterial flavodoxin complements ferredoxin deficiency in knocked-down transgenic tobacco plants. *The Plant Journal* 65(6), 922–935. <https://doi.org/10.1111/J.1365-313X.2010.04479.X>

Grinter, R., Josts, I., Mosbahi, K., Roszak, A. W., Cogdell, R. J., Bonvin, A. M. J. J., Milner, J. J., Kelly, S. M., Byron, O., Smith, B. O., y Walker, D. (2016). Structure of the bacterial plant-ferredoxin receptor FusA. *Nature Communications* 2016 7:1, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/ncomms13308>

Grinter, R., Milner, J., y Walker, D. (2012). Ferredoxin containing bacteriocins suggest a novel mechanism of iron uptake in *Pectobacterium* spp. *PLoS One*, 7(3). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0033033>

Grinter, R., Milner, J., y Walker, D. (2013). Beware of proteins bearing gifts: protein antibiotics that use iron as a Trojan horse.

FEMS Microbiology Letters, 338(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12011>

Ma, B., Hibbing, M. E., Kim, H. S., Reedy, R. M., Yedidia, I., Breuer, J., Breuer, J., Glasner, J. D., Perna, N. T., Kelman, A., y Charkowski, A. O. (2007). Host range and molecular phylogenies of the soft rot enterobacterial genera *Pectobacterium* and *Dickeya*. *Phytopathology*, 97(9), 1150–1163. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-9-1150>

Mosbahi, K., Wojnowska, M., Albalat, A., y Walker, D. (2018). Bacterial iron acquisition mediated by outer membrane translocation and cleavage of a host protein. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(26), 6840–6845. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1800672115>

Pfeilmeier, S., Caly, D. L., y Malone, J. G. (2016). Bacterial pathogenesis of plants: future challenges from a microbial perspective. *Molecular Plant Pathology*, 17(8), 1298–1313. <https://doi.org/10.1111/MPP.12427>

Rajarammohan S. (2021) Redefining plant-necrotroph interactions: the thin line between hemibiotrophs and necrotrophs. *Front. Microbiol.* 12:673518. doi: 10.3389/fmicb.2021.673518



Rossi, F. R., Krapp, A. R., Bisaro, F., Maiale, S. J., Pieckenstein, F. L., y Carrillo, N. (2017). Reactive oxygen species generated in chloroplasts contribute to tobacco leaf infection by the necrotrophic fungus *Botrytis cinerea*. *The Plant Journal*, 92(5), 761–773. <https://doi.org/10.1111/TPJ.13718>

Sancho, J. (2006). Flavodoxins: sequence, folding, binding, function and beyond. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 63(7–8), 855–864. <https://doi.org/10.1007/S00018-005-5514-4>

Tognetti, V. B., Palatnik, J. F., Fillat, M. F., Melzer, M., Hajirezaei, M. R., Valle, E. M., y Carrillo, N. (2006). Functional replacement of ferredoxin by a cyanobacterial flavodoxin in tobacco confers broad-range stress tolerance. *The Plant Cell*, 18(8), 2035. <https://doi.org/10.1105/TPC.106.042424>

Tyrrell, J., y Callaghan, M. (2016). Iron acquisition in the cystic fibrosis lung and potential for novel therapeutic strategies. *Microbiology*, 162, 191. <https://doi.org/10.1099/MIC.0.000220>

Voss, I., Koelmann, M., Wojtera, J., Holtgreffe, S., Kitzmann, C., Backhausen, J. E., y Scheibe, R. (2008). Knockout of major leaf ferredoxin reveals new redox-

regulatory adaptations in *Arabidopsis thaliana*. *Physiologia Plantarum*, 133, 584–598. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01112.x>

Wojnowska, M., y Walker, D. (2020). Fusb energizes import across the outer membrane through direct interaction with its ferredoxin substrate. *MBio*, 11(5), 1–11. https://doi.org/10.1128/MBIO.02081-20/SUPPL_FILE/MBIO.02081-20-ST002.DOCX

Zurbriggen, M. D., Tognetti, V. B., Fillat, M. F., Hajirezaei, M. R., Valle, E. M., y Carrillo, N. (2008). Combating stress with flavodoxin: a promising route for crop improvement. *Trends in Biotechnology*, 26, 531–537. <https://doi.org/10.1016/J.TIBTECH.2008.07.001>

Financiamiento

Para el financiamiento se cuenta con el subsidio PICT-2015-3828 otorgado al Dr. Néstor Carrillo.

Fraude alimentario : una metodología para la producción de
frutillas congeladas



D.34. Agroalimentos

Fraude alimentario: una metodología para la producción de frutillas congeladas

Autores: Perez, María Agustina; mariaagustinaperez15@gmail.com.

Co-autor(es): Pacheco, Milagro del Rosario; milii.pacheco@gmail.com

Vergel, Julio; juliovergel2@gmail.com

Profesor/a guía: Chauvet, Susana Berta; schauvet@herrera.unt.edu.ar

Gabinete de Calidad Total – Depto de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

Universidad Nacional de Tucumán

Resumen

El Fraude alimentario abarca una amplia gama de actos fraudulentos y es motivo de creciente preocupación. Constituye un engaño a los consumidores y usuarios de ingredientes y envases para obtener una ganancia económica. Su prevención es necesaria para proteger la salud de los consumidores, pero también preservar a las empresas desde un punto de vista económico y de prestigio. Para disponer de una metodología para el análisis de vulnerabilidad al fraude alimentario, se estudiaron técnicas de riesgos y se adoptó el Método de Análisis de Modos de Falla y Efecto (FMEA) que utiliza para analizar el riesgo de un proyecto o producto, la frecuencia, la gravedad y la detección de los peligros. Para adaptar el FMEA, se redefinió, la frecuencia como la probabilidad (P), la gravedad como impacto económico (I) y la facilidad de detección del Fraude (D). Se propuso una escala de 1 a 3 para evaluar la P, I y D y calcular su producto en el

Índice de Riesgo de Fraude (IRF) pudiendo arrojar valores entre 1 a 27. Se definió una vulnerabilidad crítica al fraude con un IRF superior a 12.

Se aplicó la metodología a la producción de frutillas congeladas para ello se hizo un Diagrama de Flujo para identificar las entradas (materias primas e insumos) y las etapas de producción. Se logró determinar las vulnerabilidades críticas en la frutilla, el uso de pesticidas prohibidos y en el hipoclorito de Sodio, que se provea uno no grado alimentario. Al evaluar los procesos se detectó vulnerabilidad crítica en pasar fruta convencional por orgánica y en este caso se propuso hacer balance de masa a fin de verificar la cantidad de fruta orgánica. Con los detectados como críticos se propuso revisar las medidas de control a fin de prevenir la ocurrencia del fraude, que pudieran atentar contra la salud de los consumidores y/o desprestigio para la empresa.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

La metodología propuesta resultó sencilla de aplicar para detectar en donde enfocarse en lo relativo a fraude alimentario, siendo factible de ser aplicable a otras empresas agroalimentarias.

Palabras clave: Fraude alimentario, Vulnerabilidad de Fraude, Análisis de Riesgo.

Introducción

La importancia del fraude alimentario ha aumentado en los últimos años, sobre todo tras una serie de escándalos alimentarios que han reducido la confianza de los consumidores en la industria alimentaria. Aunque el motivo de una acción de fraude alimentario (la causa) sea obtener ganancia económica, puede, sin embargo, generar un riesgo para la inocuidad alimentaria (FSCC 22000, 2019). El fraude alimentario incluye la adulteración, sustitución, adición o dilución intencionada a un ingrediente, alimento, materia prima o la manipulación, falsificación de un producto, empaque o material (Areste Sibera, 2017).

Los sistemas de gestión de inocuidad alimentaria no fueron originalmente diseñados para la mitigación del fraude alimentario. Pero desde el año 2017 la Global Food Safety Initiative (GFSI) exigen el control de fraude alimentario (Spink, 2018). Su prevención es necesaria para proteger la salud de los consumidores, pero también a las corporaciones desde el punto de vista económico, regulatorio y de prestigio.

Los alimentos como el aceite, pescado, productos orgánicos, miel, cereales, café y té, hierbas y especias, vino, jugo de frutas, lácteos y carnes se consideran especialmente vulnerables al fraude, pero ningún alimento puede quedar exento de este control (Areste Sibera, 2017). En los últimos años se advirtieron más de 180 casos de fraude alimentario, por ejemplo, en España, se encontró que en el azafrán había presencia de fibras no catalogadas como aptas para uso alimentario; en Brasil, se encontró en el aceite de oliva la presencia de aceites no aptos para consumo humano; en Portugal, en la carne picada había altos recuentos de bacterianos y presencia de sulfitos en el producto para mejorar su color, todo transcurrió en el año 2019. Luego durante la pandemia de COVID-19 se vieron afectadas las rutas globales de distribución, tanto legales como ilegales. También se detectaron casos de fraude, por ejemplo, se encontraron productos lácteos contaminados con bacterias, carne de animales sacrificados ilegalmente y productos alimenticios etiquetados fraudulentamente como remedios medicinales. Se descubrieron miles de productos médicos falsificados, entre ellos desinfectantes y kits de detección de COVID-19. Argentina no queda exenta de estos tipos de fraude, por ejemplo, la leche en polvo libre de gluten, que consigna un Registro Nacional de Establecimientos (RNE) perteneciente a otra firma, un Registro Nacional de Productos Alimenticios (RNPA) inexistente y el símbolo de



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



3
AÑOS

alimento libre de gluten sin estar autorizado como tal, o también chocolate semiamargo relleno con dulce de almendras que contiene un producto con alérgenos sin declarar, entre otros.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es diseñar una metodología para detectar las vulnerabilidades de fraude alimentario y aplicarla a la producción de frutillas congeladas en Tucumán.

Materiales y Métodos

Para efectuar un análisis de riesgo se disponen de distintas metodologías, entre ellas, la Nota Técnica de Prevención (NTP) 330 bajo el título de Método simplificado de evaluación de riesgos de accidente (Rubio Romero, 2004), que evalúa los riesgos como el producto de la probabilidad y el nivel de consecuencias de un accidente de trabajo. Otro usado es el Método FINE (Rubio Romero, 2005) que determina un estimado de riesgo potencial, con una valoración matemática para el control de riesgos basado en el producto de Consecuencias, Exposición y Probabilidad, asignándoles valores a estos parámetros y según la magnitud del riesgo se definen las acciones a tomar. En el Método Binario del INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), donde existen varias versiones, pero todas ellas se fundamentan en que la magnitud del riesgo siempre está determinada por dos elementos: a) la posibilidad de ocurrencia o sea la frecuencia con que se

materializa el riesgo y b) el Impacto, o sea los daños que pueden derivarse (Rubio Romero, 2004). Se determina si los riesgos detectados son importantes o no, a efectos de establecer prioridades en la actuación preventiva.

Otro método y más conocido, es el Análisis de Modos de Falla y Efecto, conocido como FMEA, por sus siglas en inglés (Gryna, 2017), sirve para identificar, clasificar y eliminar anticipadamente las fallas de un proyecto, proceso, producto o servicio. Evalúa la frecuencia, la gravedad y la detección de los peligros específicos y se identifican las fallas más graves para ser atendidas de manera prioritaria para garantizar la inocuidad de los alimentos, mediante la cuantificación Numero Prioritario de Riesgo (NPR).

Del análisis de los métodos se seleccionó el FMEA para adaptar y encontrar una metodología para determinar la vulnerabilidad de Fraude Alimentario. Para ello se redefinió los parámetros que evalúa el FMEA:

- Frecuencia como la Probabilidad que se dé un fraude alimentario, ya sea en el producto o en el proceso.
- Gravedad de la falla como Impacto económico que se obtendrá si se da el fraude alimentario.
- Detección para evitar las fallas, como la facilidad para detectar el fraude.



- El Numero de Prioridad de Riesgo, se lo transforma en Índice de Riesgo de Fraude (IRF) y se calcula con (1):

$$\text{IRF} = P \times I \times D \quad (1)$$

donde:

P: Probabilidad de ocurrencia

I: Impacto económico

D: Detección

En el FMEA se utiliza una escala de 1 a 10 (Gryna, 2017) para evaluar los factores de Frecuencia, Gravedad de la falla y la posibilidad de detección, siendo 1 un riesgo bajo, donde las prácticas actuales son suficientes y; 10 representa un riesgo elevado. En base a los valores obtenidos de 1 a 1000 la clasificación de los riesgos se realiza inicialmente en dos categorías: aceptables e inaceptables. Un riesgo con alta frecuencia de ocurrencia y un impacto negativo muy fuerte, es un riesgo inaceptable. Por el contrario, un riesgo de bajo impacto y escasa frecuencia es un riesgo que se puede tolerar. Por último, se determinan las acciones necesarias para eliminar los riesgos o lograr que se mitigue su impacto.

Basado en FMEA, se redefinió a sólo 3 valores: 1, 2 y 3 y se los definió para cada parámetro en la Tabla 1.

Tabla 1: Clasificación de los Eventos

Puntuación	Probabilidad	Impacto económico	Detección
1	Improbable que ocurra	Bajo	Alta
2	Moderada	Moderado	Improbable
3	Alta	Alto	Muy Improbable

Al calcular el IRF, según (1) se pueden obtener los valores entre 1 a 27, por ello se definió 3 grupos según el nivel de criticidad y cómo actuar:

- Grupo A: $1 \leq \text{IRF} \leq 4$ es de bajo riesgo, las prácticas actuales son suficientes.
- Grupo B: $4 < \text{IRF} \leq 12$ riesgo medio, algunas medidas proporcionales pueden ser requeridas para atender la vulnerabilidad al fraude
- Grupo C: $12 < \text{IRF} \leq 27$ tiene riesgo elevado, por ejemplo, se conoce que históricamente este material es adulterado, la detección con los métodos actuales es improbable, por lo tanto, se requieren medidas adicionales.

Para la aplicación del método se propuso confeccionar un Diagrama de Flujo a fin de detectar todas las materias primas e insumos y los procesos donde es factible la potencialidad de fraude alimentario. Una vez identificadas se efectuó una búsqueda bibliográfica de los antecedentes de fraude alimentarios, tanto en la empresa que se aplica, como en el mercado y se procedió a evaluar los parámetros P, I y D y

calcular el IRF, según (1) y determinar a qué grupo pertenece, ya sea A, B o C.

Resultados y discusión

Para comprobar la eficiencia del método se aplicó la metodología propuesta a una empresa que procesa frutilla congelada.

Se construyó el Diagramas de Flujo (DF) (Fig. 1), donde se identificaron las materias primas e insumos y las etapas de procesos.

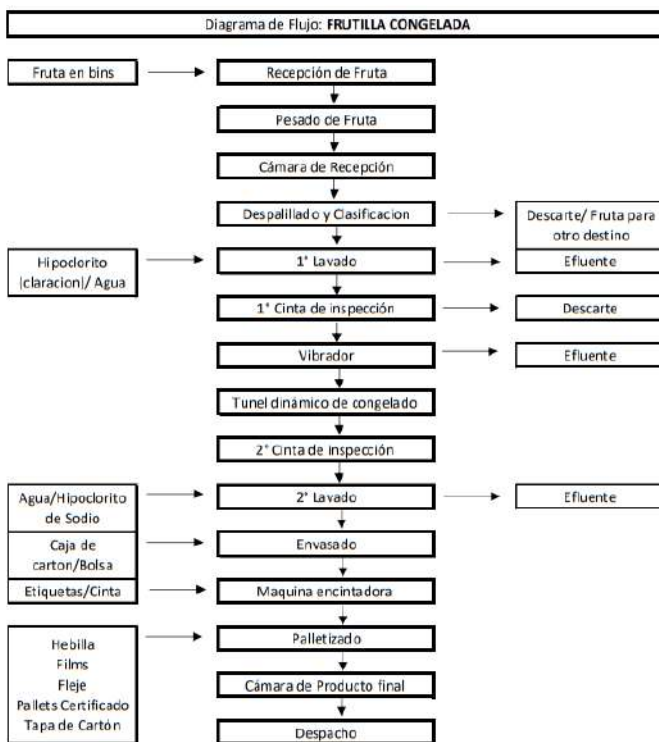


Fig. 1: Diagrama Flujo de Frutilla Congelada

Mediante entrevistas a los encargados de procesos se logró determinar que posibles fraudes pueden ocurrir, aunque no se tenía antecedentes de eventos en las materias primas

ni insumos. También se hizo una búsqueda en bases de datos sobre eventos de fraudes, detectándose que en frutillas no es frecuente encontrar eventos de fraude, pero no está exenta. Tomando en cuenta la información relevada, se procedió a evaluar los posibles riesgos identificados en materias prima e insumos y luego etapa por etapa del proceso y se cuantifico el IRF, según (1). A modo de ejemplo se presenta:

a) Riesgo de presencia de pesticidas prohibidos
 $P=2$: Tomando en cuenta el contexto económico argentino y los precios de los agroquímicos
 $I=3$: Ya que se consiguen los agroquímicos prohibido más baratos que los aceptados en el mercado

$D=3$: Si bien existen métodos para detección, los resultados son caros y no se cuenta con respuesta inmediata.

IRF=18: Riesgo elevado

Como medida de control se cuenta con Evaluación de Proveedores, por ello se modificó para solicitar a los productores una Declaración jurada de los Agroquímicos que aplica, Certificación Global Gap y un muestreo en sus Fincas antes de la recepción de las frutas.

b) Riesgo de entrega de fruta no orgánica en lugar de frutilla orgánica

$P=2$: Tomando en cuenta las buenas prácticas en el campo.

$I=3$: La manipulación y cuidado de la fruta orgánica implica una mayor inversión.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



3
AÑOS

D=2: Si bien existen métodos para detección, pero no se cuenta con respuesta inmediata.

IRF=12: Riesgo medio

Como medida de control se cuenta con Evaluación de Proveedores, por ello se modificó a solicitar a los productores la Declaración jurada de los Agroquímicos que aplica en su finca.

Al aplicar la metodología al proceso productivo, se tiene, por ejemplo:

c) Pesado: Riesgo: Declaración incorrecta del peso de la fruta ingresada en la recepción

P=1: Se cuenta con personal capacitado para realizar este trabajo.

I=2: Si hay una diferencia en el peso se paga más o menos por la materia prima recibida.

D=1: Se realiza la comparación de los valores con los que ingresan y se puede verificar al instante.

IRF= 2: Riesgo bajo

La ejecución actual es adecuada, hay que tener en cuenta de realizar la calibración adecuada de forma regular en los equipos y que el personal esté atento cuando realiza la recepción

d) Lavado de fruta Riesgo: sustituir fruta orgánica por convencional.

P=2: Se cuenta con procedimiento para procesar fruta orgánica separada de la convencional, pero se puede dar mezclas.

I=3: El fabricante puede ganar más ya que la fruta orgánica se vende a precios superiores.

D=3: Difícil de detectar que se haya sustituido, solo con análisis muy caros y sin respuesta inmediata.

IRF=18: Riesgo alto

Para este caso, se puede utilizar un balance de masa de fruta orgánica, afectada por rendimiento, para verificar que no se tenga una mayor producción que la que debería dar.

Se ha detectado que los insumos que presentan un mayor riesgo de fraude son: Frutilla que utilizan pesticidas prohibidos (IRF=18), Hipoclorito de Sodio, no grado alimentario (IRF=18); y en proceso lavar fruta convencional por orgánica (IRF=18) y producir frutilla con un Brix menor a lo especificado (IRF=18). Estos representan un riesgo de fraude elevado, por lo que hay que aplicar medidas de control para mitigarlos o reducirlos o eliminarlos.

Conclusiones

El fraude alimentario representa un gran impacto para las empresas, disponer de una metodología para controlarlo y prevenirlo sería un apoyo para las mismas preservando su economía y prestigio. La metodología propuesta basada en el FMEA, con las adaptaciones planteadas es sencilla de aplicar y permite determinar los riesgos críticos y replantear las medidas de control a fin de reducir el riesgo de fraude. Se considera que la metodología es



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

factible de ser aplicada a otros rubros de la industria alimentaria, sólo es necesario determinar los posibles fraudes y hacer la búsqueda de antecedentes en bases de datos disponibles.

Bibliografía

- FSSC 22000. (2019). “Certificación 22000 de sistema de la inocuidad de los alimentos” Versión 5. Mayo de 2019
- ARESTE SIBERA MONSERRAT, CUGAT PUGOL GLORIA. (2017) “Guía para la prevención de fraude Alimentario”. PermionLab, Vol 1.
- SPINK JOHN. (2018) “Review of GFSI Food Fraud Technical Document: Tackling Food Fraud through Food Safety Management Systems”. May 16, 2018.
- RUBIO ROMERO J. C. (2004) Métodos de evaluación de riesgos laborales. Ediciones Díaz de Santos. España
- RUBIO ROMERO J. C. (2005). Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales. 2005. Ediciones Díaz de Santos. España. Edición 1
- GRINA FRANK, CHUA RICHARD, DEFEO JOSEPH, (2007) “Método Juran. Análisis y planeación de la calidad”. Editoria MC Graw Hill. Mexico. Edición 5.

Financiamiento

Secretaría de Ciencia, Arte e Innovación Tecnológica (SCAIT). Universidad Nacional de Tucumán

Precipitaciones extremas en periodos críticos para las plantaciones
caribeñas de banano en Costa Rica y su relación con el ENOS

D.34. Agroalimentos

Precipitaciones extremas en periodos críticos para las plantaciones caribeñas de banano en Costa Rica y su relación con el ENOS.

Autor: Orozco-Montoya, Ricardo A.; email: rorozco@at.fcen.uba.ar

Profesor/a guía (Directora de tesis): Penalba, Olga C; email: penalba@at.fcen.uba.ar

Universidad de Buenos Aires

Resumen

Las lluvias en la Vertiente del Caribe (VC) de Costa Rica se dan durante todo el año. Esto le confiere condiciones ideales para la producción de banano (*Musa spp*), primer producto agrícola de exportación en 2021. Un estudio determinó que la agricultura en VC es vulnerable a los cambios climáticos. El objetivo de esta investigación es analizar el cumplimiento de los requerimientos hídricos de las plantaciones de banano en el mes de diciembre y su relación con El Niño-Oscilación Sur (ENOS).

El estudio se basa en el análisis de las precipitaciones mensuales de 28 estaciones meteorológicas en el período máximo 1981-2019, ubicadas en la VC, de las cuales 11 se encuentran en la Región Bananera (RB). Los requerimientos hídricos mensuales del cultivo varían entre 200mm y 500mm. El análisis mensual del régimen pluviométrico muestra variaciones regionales y temporales, con máximos cerca de la cordillera y mínimos hacia la costa. Se calcularon los percentiles 25 y 75 de la precipitación de diciembre. Los resultados muestran que, en la RB, si bien se cumplen los requerimientos mínimos del cultivo, se presenta riesgo de déficit y exceso de lluvia. Diciembre presentó la mayor ocurrencia de casos de precipitación por arriba de 500mm, pudiendo ser perjudicial para el cultivo.

A partir de lo anterior, se calcularon las probabilidades de precipitaciones por debajo (arriba) de 200mm (500mm), por péntadas. La péntada con mayor probabilidad de déficit en diciembre (excesos) fue 2001-2005 (1996-2000). Finalmente, se analizó la influencia del ENOS a partir del Oceanic Niño Index (ONI) en las precipitaciones de diciembre. Los resultados más importantes fueron correlaciones negativas y que la probabilidad de lluvias por arriba de 500mm, es mayor al presentarse La Niña.

Palabras clave: precipitación, Caribe, banano.

Introducción

Costa Rica está situada en el istmo centroamericano. Su ubicación geográfica en el trópico contribuye a un clima único. La temperatura y las precipitaciones en este país muestran una alta variabilidad espacio-temporal, con una fuerte diferencia climática entre las dos vertientes: sotavento (Pacífico) y barlovento (Caribe) de los vientos alisios (Alfaro e Hidalgo, 2021).

Las precipitaciones en la Vertiente del Pacífico han sido ampliamente estudiadas, entre otros se puede citar a: Alfaro, 2002; Alfaro e Hidalgo, 2021; Maldonado et al., 2018; Muñoz et al., 2002; Quesada y Waylen, 2013; Retana, 2012; Taylor y Alfaro, 2005). Principalmente en la última década se ha avanzado en el análisis de eventos extremos secos (AlMutairi et al., 2019; Quesada-Hernández et al., 2020; Quesada-Montano et al., 2019). Sin embargo, los estudios sobre la vertiente caribeña son incipientes, utilizando pocas estaciones o periodos cortos.

La vertiente del Caribe (VC) posee un clima húmedo durante todo el año, sin una estación seca definida. Las lluvias son casi invariables entre enero y mediados de octubre, con acumulaciones típicas de entre 180 y 300mm por mes. A partir de mediados de octubre se produce un marcado aumento de la acumulación de lluvias hasta el final del año (Taylor y

Alfaro, 2005). Aunque la región carece de una estación seca definida, existen dos periodos de disminución significativa de las precipitaciones en marzo-abril (150mm en promedio) y en septiembre-octubre (300mm en promedio) (Amador et al., 2013; Alfaro, 2002; Alfaro e Hidalgo, 2021; Sáenz y Amador, 2016). Las clasificaciones climáticas realizadas por Pérez-Briceño et al., (2017) confirman que la VC de Costa Rica es una región húmeda, presentando una variación espacial que va desde un clima cálido subhúmedo con escasas precipitaciones en el noroeste de la región, hasta un clima excesivamente húmedo y frío en la zona de montaña.

En cuanto a la variabilidad temporal, ésta no ha sido estudiada en detalle en la VC. En la literatura se encuentran trabajos como el de Quesada y Waylen, (2020), que analizan las series de precipitación diaria de estaciones individuales y de registro largo (Limón y 1949-2017). O como parte del estudio de Alfaro, (2002), en Centroamérica, que incluye información de las estaciones meteorológicas de la región de interés durante al menos 20 años, siendo el periodo más reciente 1950-1994.

Conocer el comportamiento del clima en las últimas décadas es de suma importancia, ya que la variabilidad climática observada crea condiciones que pueden exceder la capacidad de adaptación de las actividades que dependen de ella, lo que

puede generar vulnerabilidad social y pérdidas económicas. La Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021), menciona que el cambio climático por influencia humana ya está afectando a los fenómenos meteorológicos y climáticos, principalmente a los extremos. Entre ellos, el aumento de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas (excesos/déficit). Debido a lo expuesto radica la importancia de contar con estudios que utilicen información reciente.

La VC encierra una importante actividad recreativa debido a que es uno de los principales destinos turísticos del país, por sus paisajes y la belleza natural de sus playas y arrecifes (Piedra-Castro et al., 2021). Además posee una creciente actividad industrial y portuaria, y una extensa actividad agrícola (Quesada y Waylen, 2020). Las características climáticas que actúan en la llanura costera del Caribe dan lugar a condiciones ideales para la producción de banano (*Musa spp.*) y piña (*Ananas comosus*). Ambos son los principales productos agrícolas de exportación de Costa Rica (39% y 31%) siendo el 10% y el 8% del total de bienes exportados (PROCOMER, 2021). Sin embargo, según Bouroncle et al., (2015), el sector agrícola de esta región es el más vulnerable a los cambios climáticos.

Siendo el banano el principal producto agrícola de exportación en Costa Rica, este trabajo hace énfasis en éste.

Las plantaciones bananeras alcanzaron las 54 757 hectáreas de producción en el 2021 (CORBANA, 2022), lo que representa el 4% de extensión territorial de la VC. Este producto se cultiva durante todo el año y requiere un suministro constante y amplio de agua para proporcionar las condiciones óptimas a su sistema radicular poco profundo y vegetación verde permanente (Salvación, 2020). Requiere en promedio 50mm de agua a la semana y lluvias distribuidas uniformemente a lo largo del año (Robinson y Galán-Saúco, 2010). Soto (2013) indica que los requerimientos hídricos óptimos del cultivo en la VC se ubican alrededor de los 167mm mensuales. Por su parte, la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) de Costa Rica indica que para la VC, los requerimientos hídricos mensuales varían entre 200 y 500mm (Guzmán y González, 2021). Los aportes menores de precipitación pueden reducir y paralizar la emisión de hojas, por lo que en casos de déficit hídrico, la instalación de sistemas de riego es prioritaria (Galán-Saúco y Robinson, 2013). Por el contrario, los aportes mayores pueden provocar excesos de agua que se acumulan en las raíces, provocando la muerte de estas y el amarillento de las hojas, por lo que se necesitan sistemas de drenaje eficaces. La

alta pluviosidad en combinación con una alta humedad, pueden generar infecciones por la enfermedad de la sigatoka negra (Robinson y Galán-Sauco, 2010).

Aunado a lo anterior, Bolaños (2019) identifica que los efectos en las precipitaciones debido a la influencia del fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS), en las plantaciones de banano en la VC, afectan de forma directa la producción en las plantaciones, tanto en las fases cálidas (El Niño) como en las frías (La Niña). Por ejemplo, se han registrado disminuciones de la productividad de un 9% entre junio-julio del 2015 en el caso de El Niño y de un 14% entre noviembre del 2008 y febrero del 2009 en caso de La Niña (Bolaños, 2019). Además las afectaciones indirectas abarcan la infraestructura en las fincas, los caminos y las viviendas (Bolaños, 2010).

Tomando en cuenta que diciembre es uno de los meses con mayor acumulación de precipitación (Taylor y Alfaro, 2005; Serrano et al., 2008), y los excesos pueden ser críticos para el cultivo (Robinson y Galán-Sauco, 2010; Vargas y Araya, 2009; Bolaños, 2019), el **objetivo** de este trabajo es analizar el cumplimiento de los requerimientos hídricos del cultivo de banano en el mes de diciembre y su relación con El ENOS.

Materiales y métodos

Datos Observacionales

La VC de Costa Rica, posee una extensión de 12 404 km². Para llevar a cabo el objetivo de la investigación, inicialmente se examinaron las series de precipitación diaria de 40 estaciones meteorológicas que cubren el período más largo desde 1943 hasta 2019. Los datos fueron proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). El control de calidad y consistencia llevado a cabo permitió identificar datos faltantes en las series, como valores incoherentes (negativos) y valores atípicos. Luego de este análisis, se excluyeron del estudio las estaciones con un 10-15% de datos faltantes (criterio establecido por la Organización Meteorológica Mundial-WMO, 2003), resultando en una base de datos consistida en 28 estaciones meteorológicas en el periodo máximo 1981-2019. Con el fin de tener una mejor comprensión espacial y regional, el estudio climatológico se llevó a cabo con las 28 estaciones y se hizo énfasis en 11 localizadas en la región bananera (RB) (Tabla 1), las cuales se distribuyen en la llanura costera con altitudes entre 0 y 100msnm (Figura 1).

Tabla 1. Número, nombre, localización y periodo disponible de las estaciones meteorológicas en la RB.

#	Nombre	Lat	Lon	Periodo
1	El Bum	10.66	-84.00	1985-2018
2	La Selva	10.43	-84.00	1971-2019
3	Cantagallo	10.50	-83.67	1996-2019
4	La Mola	10.34	-83.67	1980-2010
5	Hac. Carmen	10.20	-83.48	1972-2013
6	Siquirres	10.11	-83.50	1985-2018
7	La Lola	10.09	-83.39	1949-2013
8	Limón	9.96	1942-2019	
9	Pto. Vargas	9.73	-82.82	1977-2015
10	Hitoy Cerere	9.68	-83.02	1982-2019
11	Sixaola Day	9.53	-82.64	1985-2019

*La Figura 1 muestra la ubicación de las estaciones según el número (#) en la RB.

Metodología

Inicialmente, se analizaron los datos pluviométricos anuales, mensuales y estacionales. El análisis climatológico se basó en la media, la mediana, la desviación estándar y los percentiles extremos, en particular, el percentil 25 y 75 de las series de precipitaciones mensuales. Para llevar a cabo el análisis espacial se aplicó el método de interpolación *spline with barriers*. Este método de mínima curvatura permite analizar información de regiones con barreras naturales (orografía, lagos y ríos) o discontinuidades superficiales (Briggs, 1974; Wolny et al., 2017).

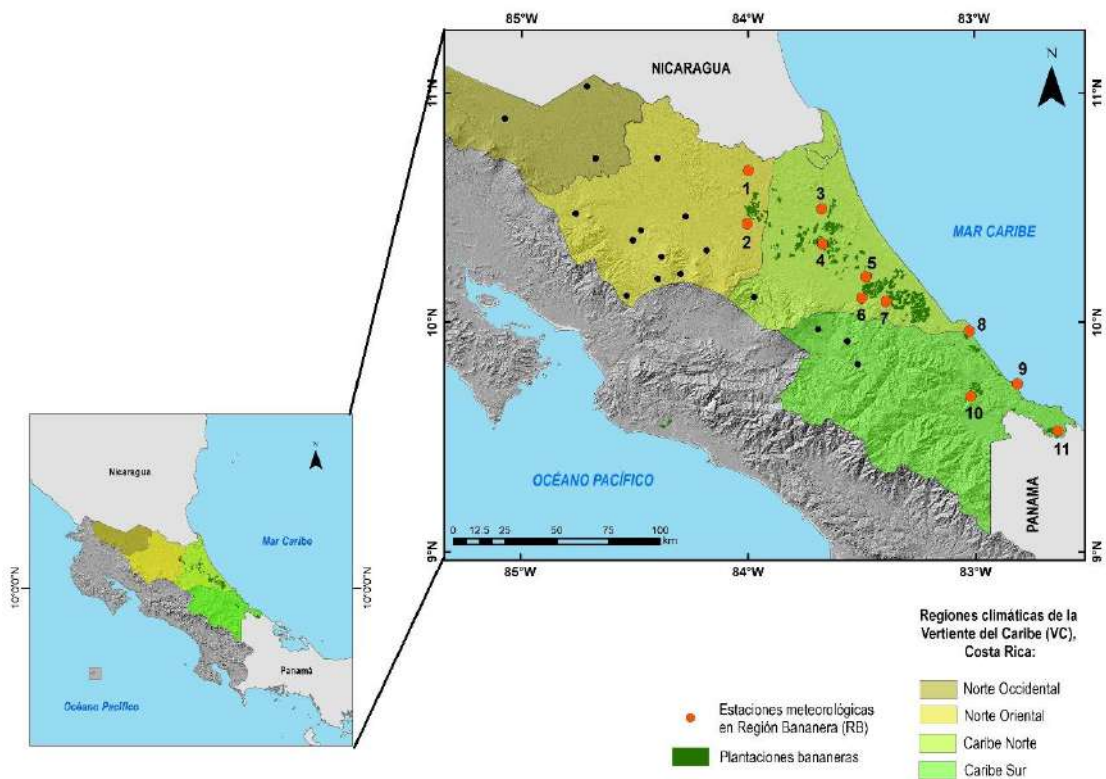


Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas analizadas: círculos anaranjados (11 estaciones en la RB – la información de las estaciones se detalla en la Tabla 1 según el número-), círculos negros (17 estaciones en la VC). Polígonos verdes (plantaciones bananeras).

Para analizar los requerimientos hídricos del banano, se utilizaron los umbrales requeridos en la VC según CORBANA: rango entre 200 y 500mm (Guzmán y González, 2021). Basado en estos umbrales y haciendo énfasis en el mes de diciembre, se calcularon las probabilidades de precipitaciones por debajo (encima) de 200mm (500mm), por péntadas, iniciando en 1981 y hasta 2019.

Con el fin de evaluar la señal del fenómeno ENOS en las precipitaciones mensuales, se analizaron los resultados en diferentes fases según el Oceanic Niño Index (ONI). El ONI es el índice estándar que utiliza la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para caracterizar las anomalías de las temperaturas superficiales del océano cálidas (El Niño) y frías (La Niña) en la región de El Niño 3.4 (5°N - 5°S , 120° - 170°O). La fase de El Niño (La Niña) se define cuando los valores de ONI están por encima de 0.5°C (por debajo de -0.5°C), y las condiciones neutrales se definen entre -0.5°C y 0.5°C . En el caso particular de este trabajo, se calcularon las correlaciones entre la precipitación de diciembre y el ONI para los siguientes trimestres agosto-octubre (ASO), septiembre-noviembre (SON), octubre-diciembre (OND) y noviembre-enero (NDE).

Finalmente, se evaluó la probabilidad de obtener lluvias por debajo (encima) de

200mm (500mm) en el mes de diciembre y su asociación con fases El Niño o La Niña en la RB.

Resultados y discusión

Climatología general de la VC

Primeramente se analiza la distribución espacial de distintos estadísticos de la precipitación anual y mensual en la VC de Costa Rica, con el fin de comprender a posteriori la variabilidad temporal de los requerimientos hídricos del banano en los períodos críticos.

En términos generales, la precipitación media anual total en la región es de unos 4000mm, con montos que oscilan entre 1750 y 7300mm aproximadamente (Figura 2). Geográficamente, las mayores cantidades (por encima de 7000mm) caen en la parte montañosa y las más bajas, (menores a 2000mm), ocurren en el norte cerca de la frontera con Nicaragua y en el sureste de la VC. La desigual distribución de las precipitaciones anuales en la región aquí observada coincide con la encontrada por Pérez-Briceño et al., (2017) para el periodo 1960-2011.

En la RB, las precipitaciones anuales oscilan entre 2500 y 4100mm aproximadamente. Los mayores valores se ubican al norte de la región, haciendo una especie de arco desde el sureste

(precipitación anual de 3912mm) hacia el noroeste (precipitación anual de 4144mm). Los menores valores se ubican al sur, más cercanos a la costa del Caribe y la frontera con Panamá (Figura 2).

banano, la Figura 3a, muestra la precipitación media de este mes, donde se destaca un comportamiento heterogéneo en toda la región, con diferencias hasta de 600mm sobre la línea cordillerana que divide ambas vertientes, con montos de

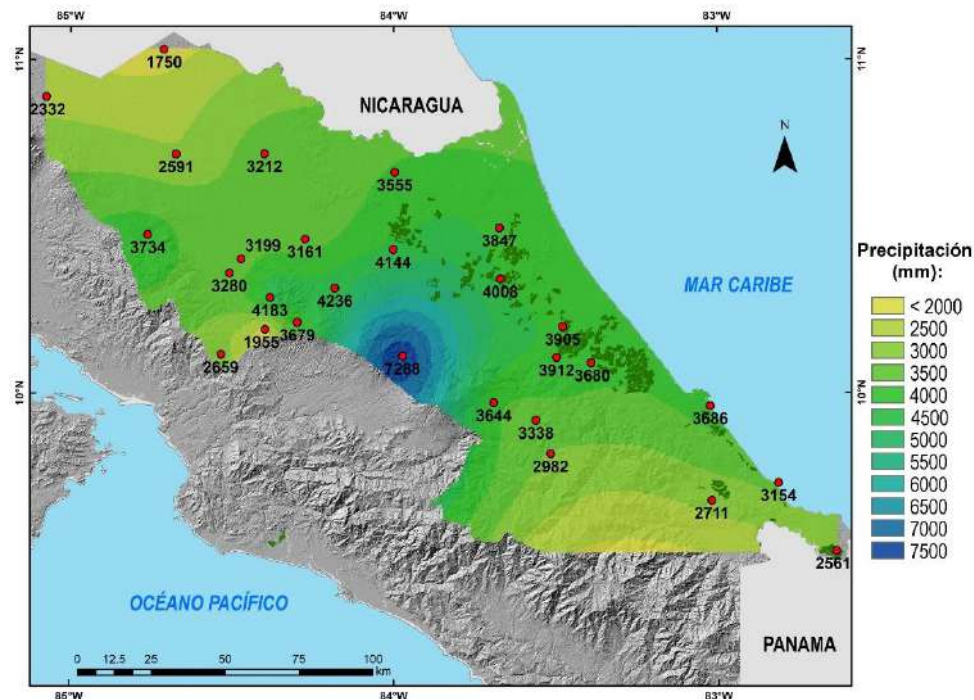


Figura 2. Precipitación media anual en la VC, Costa Rica. Polígonos verdes (plantaciones bananeras).

El ciclo medio anual de las precipitaciones en la VC presenta variaciones mensuales y espaciales. Las precipitaciones alcanzan su máximo entre junio-agosto y noviembre-enero, principalmente en el noreste y suroeste de la región. Y mínimos en marzo-abril y septiembre-octubre (Amador et al., 2013; Maldonado et al., 2016).

Comportamiento de los eventos extremos

Analizando el mes de diciembre como uno de los meses críticos para el cultivo de

100mm en el sector sureste y 600mm en el sector sur. Se presenta una franja característica con lluvias entre 500 y 600mm que conecta el noreste de la costa caribeña con la cordillera en el suroeste.

Posteriormente se analizó el comportamiento espacial de los percentiles 25 y 75 de la precipitación de diciembre. Haciendo énfasis en la RB se observaron valores entre 200 y 300mm. Algunas áreas hacia el norte presentaron montos mayores a 300mm (Figura 3b).

En cuanto al percentil 75, presenta montos por arriba de 500mm en toda la RB, con una franja de sur a norte entre la cordillera y la costa del Caribe. En este mes, la región cultivada de banano más afectada es el área costera norte con montos entre 600 y 700mm (Figura 3c).

Dados los umbrales requeridos para el banano recomendados por CORBANA, los

especialmente en la región, las mayores probabilidades de exceder los 500mm se encuentran en el norte de la RB, en las regiones climáticas Caribe Norte y Norte Oriental (Figura 4 derecha), mientras que las mayores probabilidades de lluvias por debajo de 200mm, en diciembre, se ubican en el Caribe Sur (Figura 4 izquierda).

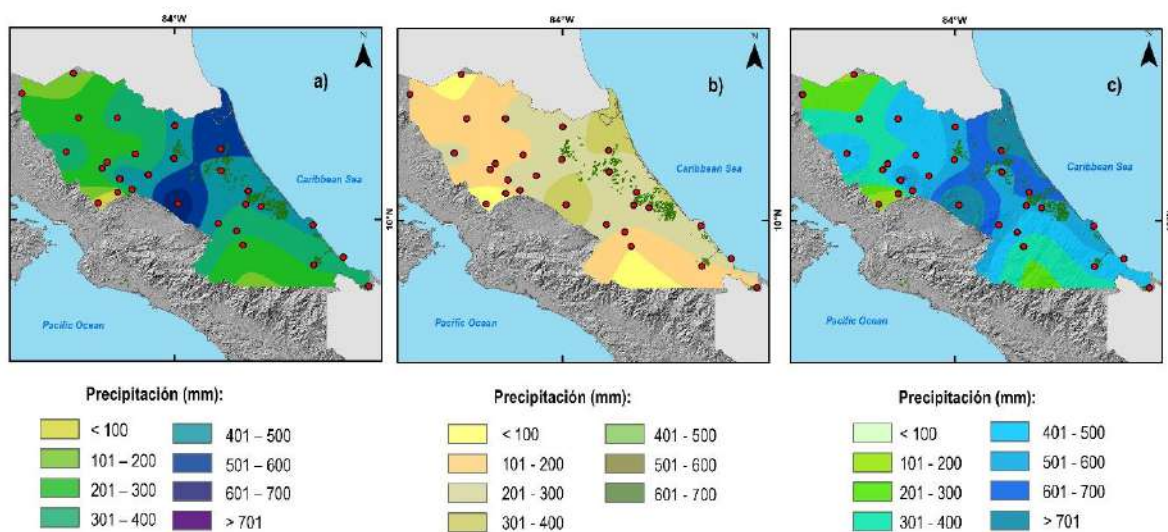


Figura 3. a) Precipitación total mensual (mm) en diciembre. b) Percentil 25 de la precipitación de diciembre (mm). c) Percentil 75 de la precipitación de diciembre (mm), VC, Costa Rica. Círculos rojos (28 estaciones en la VC). Polígonos verdes (plantaciones bananeras).

resultados evidencian regiones con probabilidad de tener eventos por debajo de 200mm y por arriba de 500mm.

De este modo, analizando en todo el periodo la probabilidad de tener precipitaciones fuera de los umbrales requeridos, y tomando como base que diciembre corresponde al mes con la mayor probabilidad de casos con lluvias por arriba del umbral, siendo perjudicial para el cultivo de banano, se muestra que

Probabilidades de precipitaciones óptimas para las plantaciones de banano

Con base en los umbrales recomendados por CORBANA y dadas las variaciones de la precipitación y su importancia para esta actividad productiva, a continuación se analiza la variabilidad temporal (péntadas) de las probabilidades de presentar lluvias

por debajo (arriba) de 200mm (500mm) en el mes de diciembre, en las 11 estaciones ubicadas en la RB.

200mm de alrededor el 20% en la parte norte de la RB, y cercanas al 50% hacia el sur. Sin embargo, se presentan péntadas

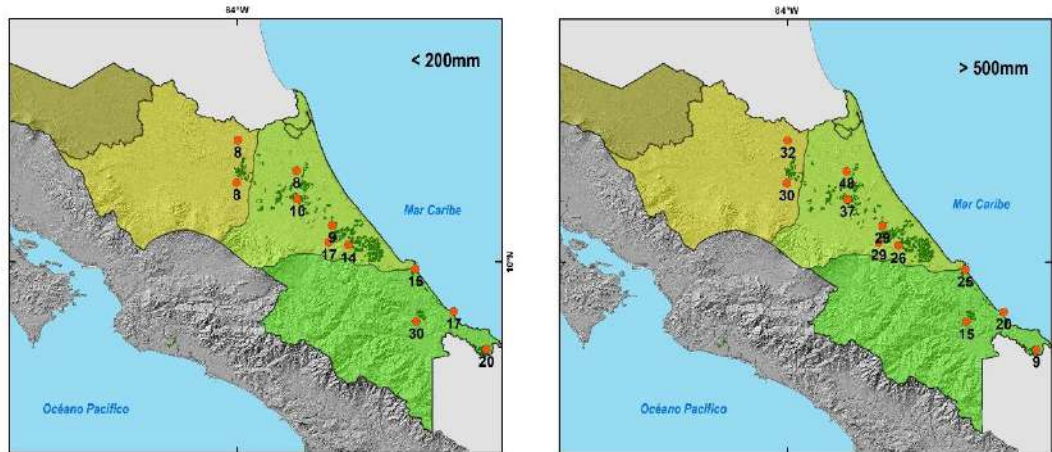


Figura 4. Distribución espacial de la probabilidad de precipitación por debajo de 200mm (izquierda) y por arriba de 500mm (derecha) para el mes de diciembre, por péntada, RB, Costa Rica.

Al analizar en conjunto los resultados de la Figura 5 (a y b), se observa que existen péntadas en donde prácticamente toda la RB estuvo afectada por excesos de precipitación, como es el caso de la péntada 1996-2000. Esto corresponde a altos porcentajes (superiores al 60%) de presentar precipitaciones por arriba de 500mm y solamente una estación (Sixaola Day, al sur de la RB) presentó precipitaciones por debajo de los 200mm en 10% de los años en esa péntada.

La figura 5a, identifica que en la péntada de 1991-1995 prácticamente toda la región presentó probabilidades de tener precipitaciones por debajo de 200mm en un 20%. Otro caso relevante se da en la péntada 2001-2005, con probabilidades de presentar precipitaciones por debajo de

como la del 2016-2020 donde solamente algunas estaciones presentaron riesgo de condiciones deficitarias, como el caso de la estación Hitoy Cerere (al sur de la RB), que presentó un 70% de probabilidad de presentar precipitaciones por debajo de 200mm tanto en la péntada 2016-2020 como en la 1986-1990.

En los casos con precipitaciones arriba de 500mm (Figura 5b), la atención se da en las péntadas desde 1996 hasta 2010, que presentaron las mayores probabilidades de precipitaciones por arriba del umbral. Por ejemplo, la péntada 1996-2000 presenta en todas las estaciones probabilidades mayores al 60% a excepción de Puerto Vargas y Sixaola Day en el Caribe Sur.

La péntada 2001-2005 presenta tanto probabilidades de excesos como de déficit. En este caso, se destaca que la mayoría de las estaciones del Caribe Norte presentaron probabilidades del 60% (20%) de presentar precipitaciones por arriba (debajo) de 500mm (200mm) y las del Caribe Sur con probabilidades del 40% de precipitaciones tanto por arriba como por debajo de los umbrales.

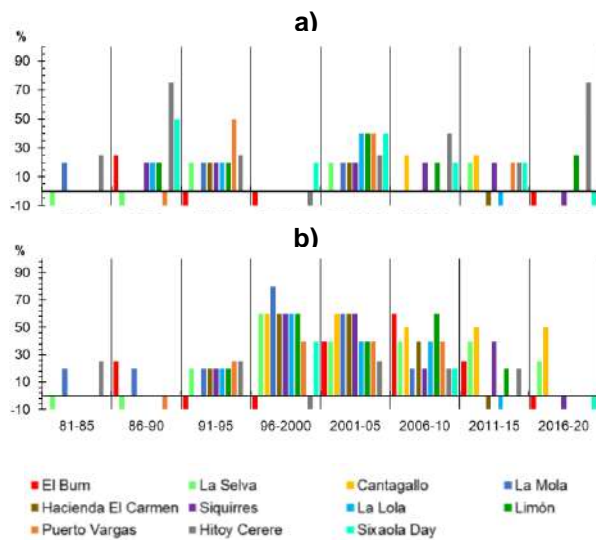


Figura 5. Probabilidad de casos de precipitación a): por debajo de 200mm. b): por arriba de 500mm, para el mes de diciembre, por péntada, RB, Costa Rica. Los porcentajes en negativo corresponden a estaciones sin datos para esa péntada.

Relación con el ENOS

Para determinar la relación entre la precipitación de diciembre en la RB y el ENOS, se realizó una correlación de esta con el ONI en 4 trimestres ASO, SON, OND y NDE. Se obtuvieron correlaciones con signo negativo para todas las estaciones, a excepción de la estación Hitoy Cerere, que

presentó signo positivo en los 4 trimestres. Esta relación inversa entre el ONI y la precipitación de diciembre indica que en los eventos La Niña la región presenta una tendencia a tener mayores precipitaciones en diciembre. Sin embargo, al analizar la significancia de estas correlaciones, solamente 2 estaciones la presentaron (La Mola y La Selva) ubicadas al norte de la RB, ambas con valores correlativos de -0.5 para los 4 trimestres (Figura 6).

Posteriormente se analizó la probabilidad de tener precipitaciones en diciembre por debajo de 200mm y por encima de 500mm según las fases del ENOS. En la Figura 7 (arriba) se observa que las probabilidades de precipitaciones por debajo de 200mm son mayores en los eventos El Niño, y tienden a comportarse de manera más homogénea en la región con valores en torno al 10 y 30% (Figura 7 arriba, derecha). En los eventos La Niña, se observa una distribución espacial muy marcada entre la región norte y sur, presentando esta última las mayores probabilidades de lluvias por debajo del umbral, especialmente 2 estaciones ubicadas en el extremo sureste de la región, en el Caribe Sur (Hitoy Cerere y Sixaola Day) con probabilidades del 64 y 33% (Figura 7 arriba, izquierda).

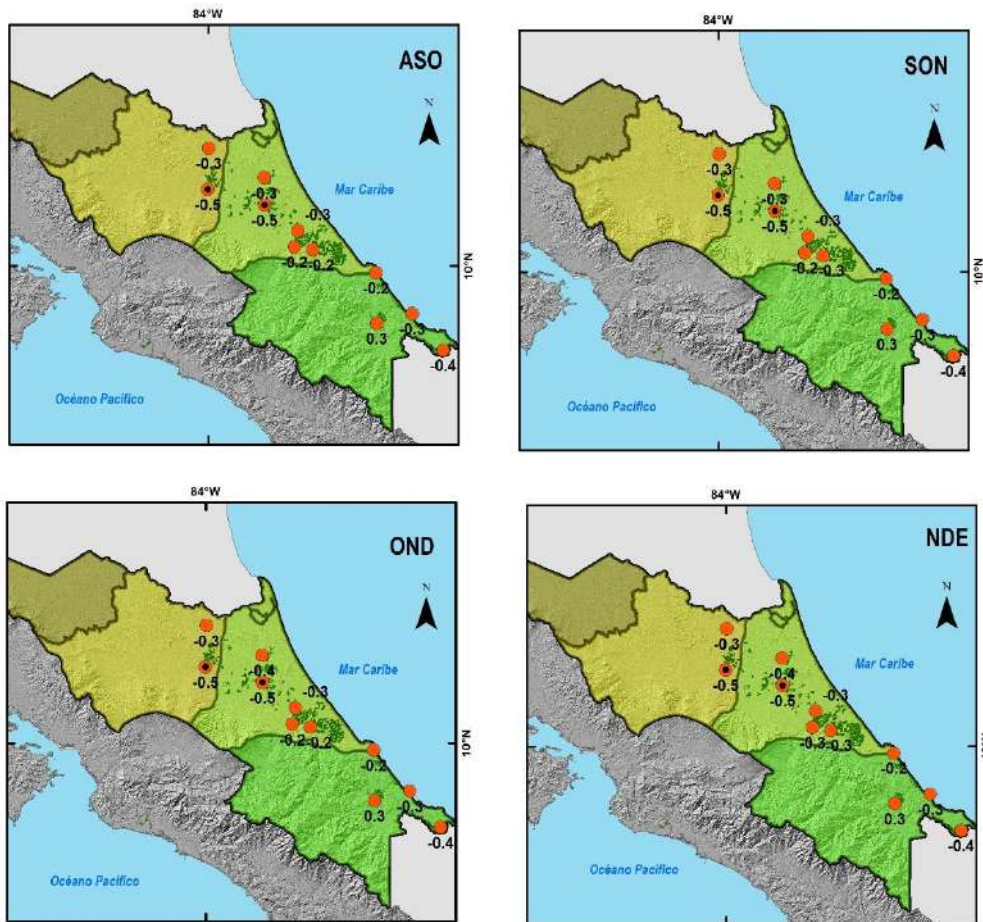


Figura 6. Correlaciones entre la precipitación de diciembre y el ONI en ASO, SON, OND y NDE, RB, Costa Rica. Círculos negros: significancia estadística menor a 0.05.

En cuanto a las probabilidades de lluvias por arriba de 500mm en diciembre, ocurre lo contrario a lo expuesto anteriormente. En este caso, las probabilidades de precipitaciones por arriba del umbral son mayores al presentarse La Niña, y es posible observar una distribución espacial en términos de probabilidades tanto en eventos La Niña como El Niño (Figura 7, abajo).

En cuanto a El Niño, en la región sur se observa una baja probabilidad de lluvias por arriba de 500mm (menor al 20%),

inclusive la estación Sixaola Day no presenta probabilidades de la ocurrencia de este tipo de eventos (Figura 7 abajo, derecha). Respecto a eventos La Niña, se presentan en la región mayores probabilidades de lluvias por arriba del umbral, con un comportamiento más homogéneo, sin embargo, en el Caribe Norte, es donde se presentan las mayores probabilidades de lluvias que excedan los 500mm con algunas estaciones mayor al 50% (Figura 7 abajo, izquierda).

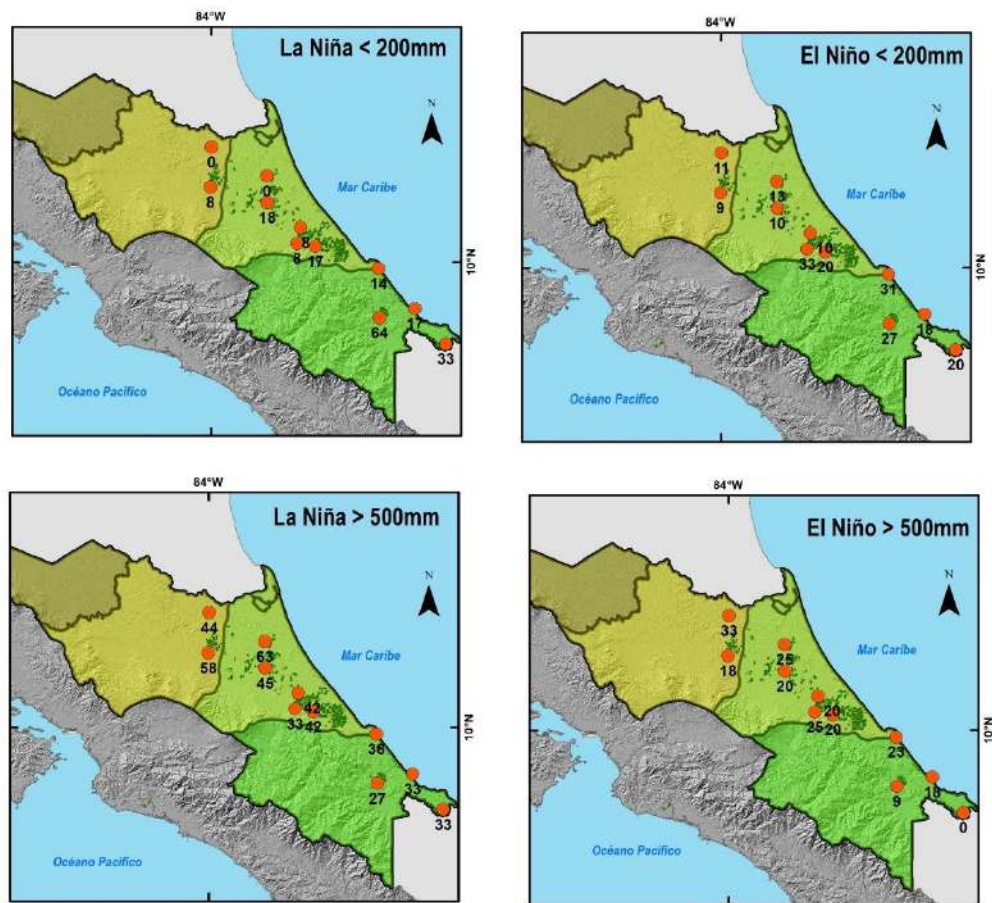


Figura 7. Distribución de la probabilidad de precipitación en diciembre por debajo de 200mm (arriba), y por arriba de 500mm (abajo), según la fase del ENOS, RB, Costa Rica.

Tomando como base las características generales del comportamiento de la precipitación en las fases cálidas y frías del ENOS para la RB y la literatura, en general, los eventos El Niño se asocian a condiciones más húmedas en la VC y viceversa para los eventos La Niña (Cid-Serrano, et al., 2015; Durán-Quesada, et al., 2020; Hidalgo, 2021; Maldonado et al., 2013; Sánchez-Murillo et al., 2017). No obstante, en los resultados derivados en este estudio se obtuvo el comportamiento contrario específicamente para el mes de diciembre. Alvarado y Fernández (2001) y

el IMN (2008) destacan que los eventos El Niño, generalmente, no tienden a generar alteraciones importantes en la precipitación de diciembre, por lo que se presenta un comportamiento prácticamente normal. Respecto a La Niña, el aumento de la precipitación en diciembre podría verse influenciado por el incremento en el número de frentes fríos que generan lluvias abundantes en la RB. Esto es congruente con lo encontrado en la investigación durante diciembre y la mayor probabilidad de lluvias por encima del umbral durante La Niña.

Bolaños (2019) corrobora en sus estudios que los eventos El Niño y La Niña, han dejado pérdidas en la producción del banano en los últimos 15 años, con disminuciones hasta de un 14% en la productividad entre un año y el anterior. Por ejemplo, el fuerte fenómeno de El Niño de 2015 produjo extensas inundaciones en la VC (Quesada y Waylen, 2020).

Las lluvias por arriba del umbral en las plantaciones bananeras de la RB generan inundaciones. En estas condiciones, la planta pierde la capacidad de absorber los nutrientes y es más susceptible al ataque de hongos y bacterias fitopatógenos del suelo. Además, por la condición de estrés en que se encuentra la planta, se producen alcoholes y etileno endógeno, que generan las primeras manifestaciones visibles de la aparición de clorosis y marchitez de las hojas (Guzmán et al., 2015). Por otro lado, las inundaciones generan impactos en el acceso a las fincas, los caminos, las viviendas y los medios de vida de la población (Bolaños, 2010). Esto confirma que los efectos del ENOS se extienden a los ecosistemas, la agricultura, los recursos hídricos y afectan a la seguridad, las economías y la estabilidad social (Cashin et al., 2015; Itzumi et al., 2014).

Conclusiones

El análisis reveló que los regímenes pluviométricos son variables tanto en el tiempo como en el espacio en la VC, donde el total anual de precipitación varía entre 1750 y 7300mm. La distribución espacial del ciclo anual de lluvias presenta una variación estacional marcada con mínimos (máximos) en marzo y septiembre (julio y diciembre). Con énfasis en diciembre, el comportamiento espacial es heterogéneo en toda la región, con montos de 100mm en el sector sureste y 600mm en el sector sur, destacándose una franja con lluvias entre 500 y 600mm que conecta el noreste de la costa con la cordillera en el suroeste.

En cuanto al comportamiento espacial de los percentiles 25 y 75, en la RB, si bien se cumplen los requerimiento mínimos del cultivo, se presenta riesgo de déficit y exceso de lluvia en algunas áreas en las que es probable que las lluvias tengan valores mínimos o máximos, y a su vez, impactos negativos en el desarrollo de las plantaciones bananeras. En general, en diciembre, la mayor problemática se relaciona con lluvias por arriba del umbral para la región cultivada de banano en la llanura costera norte de la VC, con montos entre 600 y 700mm. Para diciembre los valores debajo del umbral son menos probables según el percentil 25, ya que la

mayoría del área cultivada posee valores entre 200 y 400mm.

Diciembre resultó el mes con la mayor probabilidad de eventos de precipitación con riesgo de exceso según el umbral requerido en el periodo 1981-2019. Espacialmente las mayores probabilidades de exceder los 500mm se encuentran en el norte de la RB, en las regiones climáticas Caribe Norte y Norte Oriental, mientras que las mayores probabilidades de lluvias por debajo de 200mm, en diciembre, se ubican en el Caribe Sur.

Posteriormente, se analizó si existen péntadas en las cuales la región se encuentra en riesgo generalizado. Encontrando que las mayores probabilidades de riesgo de exceso se dieron entre 1996 y 2010.

Respecto a El ENOS y su relación con la precipitación de diciembre según el ONI de septiembre a diciembre, en el periodo de estudio, se identificó una relación contraria (correlaciones negativas), indicando que en los eventos La Niña la región presenta una tendencia a tener mayores precipitaciones en diciembre, aunque solo 2 estaciones de las 11 ubicadas en la RB son significativas.

De acuerdo con las probabilidades de precipitación por debajo de 200mm y por

arriba de 500mm, se destaca que la RB posee un comportamiento heterogéneo. Presenta distinciones importantes entre el área norte y el sur, principalmente cuando se presenta La Niña, encontrando que el área norte presenta mayores probabilidades de exceso.

De acuerdo con la literatura sobre el comportamiento general de El ENOS en la VC (Cid-Serrano, et al., 2015; Durán-Quesada, et al., 2020; Hidalgo, 2021; Maldonado et al., 2013; Sánchez-Murillo et al., 2017), los resultados obtenidos en esta investigación son contrarios para el mes de diciembre y para el periodo de estudio. Resultando que las mayores probabilidades de precipitaciones por arriba de 500mm se dan bajo la influencia de eventos La Niña.

Bibliografía

- Alfaro, E.J. (2002). Some Characteristics of the Annual Precipitation Cycle in Central America and their Relationships with its Surrounding Tropical Oceans. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 9(2), 88-103.
- Alfaro, E.J. e Hidalgo, H. (2021). Inicio de la temporada de lluvias en América Central. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 20(1), 16-28.

- AlMutairi, B. S.; Grossmann, I.; Small, M. J. (2019). Climate model projections for future seasonal rainfall cycle statistics in Northwest Costa Rica. *Int J Climatol.* 39, 2933–2946. <https://doi.org/10.1002/joc.5993>
- Alvarado, L.; Fernández, W. (2001). Relación de las anomalías climáticas de la atmósfera libre sobre Costa Rica y la variabilidad de las precipitaciones durante eventos de El Niño. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 8(2), 145-157.
- Amador, J. A. (2008). The intra–Americas Sea low–level jet: Overview and future research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146(1), 153–188. <https://doi.org/10.1196/annals.1446.012>
- Amador, J. A.; Alfaro, E. J; Hidalgo, H. G; Soley, F, J; Solano, F; Vargas, J. L; Sáenz, F; Calderón, B; Pérez, P. M; Vargas, J. J; Díaz, R; Goebel, A; Montero, A; Rodríguez, J. L; Salazar, A; Ureña, P; Mora, N; Rivera, I; Vega, C; y Bojorge. C. (2013). *Clima, variabilidad y cambio climático en la Vertiente Caribe de Costa Rica: Un estudio básico para la actividad bananera*. Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Vicerrectoría de Investigación y Escuela de Física, Universidad de Costa Rica y Corporación Bananera Nacional (CORBANA), 225 pp.
- Bolaños, E. (2010). Efecto de las inundaciones en las plantaciones bananeras de la vertiente del Caribe de Costa Rica. *CORBANA*, 12(62), 35-36.
- Bolaños, E. (2019). Efecto de las inundaciones en las plantaciones bananeras del Caribe de Costa Rica. *CORBANA*, 45(65), 131-140.
- Bouroncle, C; Imbach, P; Läderach, P; Rodríguez, B; Medellín, C; Fung, E; Martínez-Rodríguez, M.R; Donatti, C.I. (2015). *La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?* CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Dinamarca.
- Briggs, I. C. (1974). Machine contouring using minimum curvature. *Geophysics*, 39, 39–48. <https://doi.org/10.1190/1.1440410>
- Cashin, P.; Mohaddes, K.; and Raissi, M. (2015). *Fair Weather or Foul? The Macroeconomic Effects of El Niño*. International Monetary Fund, Working paper. WP/15/89. Recuperado de:

<https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2015/wp1589.pdf>

Cid-Serrano L, Ramírez SM, Alfaro EJ, Enfield DB. (2015). Analysis of the Latin American west coast precipitation predictability using an ENSO index. *Atmosphere*, 28(3), 191-203.

CORBANA. (2022). *Estadísticas de banano*. Costa Rica. Recuperado de:

<http://www.corbana.co.cr/banano-de-costa-rica/#estadistica>

Duran-Quesada, A. M., Sorí, R., Ordoñez, P., and Gimeno, L. (2020). Climate perspectives in the Intra-Americas Seas. *Atmosphere*, 11(9), 959. <https://doi.org/10.3390/atmos11090959>

Galán-Saúco, V. y Robinson, J.C. (setiembre de 2013). Fisiología, clima y producción de banano. *XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos)*, Fortaleza, Brasil.

Guzmán, J. A; y González, M. (2021). *Comportamiento del clima: causas, evidencias y su efecto sobre la Vertiente del Caribe de Costa Rica*. CORBANA, S.A. Dirección de

Investigaciones. San José, Costa Rica.

Guzmán, M; Segura, R; González, M; Guzmán, J; Bolaños, E; Sandoval, J. (2015). *Recomendaciones para recuperación de la plantación y manejo de la producción en condiciones inundadas*. CORBANA, S.A. Hoja Divulgativa No. 7. San José, Costa Rica.

Hidalgo, H. G. (2021) Climate Variability and Change in Central America: What Does It Mean for Water Managers? *Front. Water* 2, 632739. <https://doi.org/10.3389/frwa.2020.632739>

IMN, (2008). *Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica*. Segunda Comunicación Nacional. San José, Costa Rica.

IPCC, (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B.

- Zhou (eds.)). Cambridge University Press. In Press
- Itzumi T, Luo JJ, Challinor AJ, Sakurai G, Yokozawa M, Sakuma H, Brown ME and Yamagata T. (2014). Impacts of El Niño Southern Oscillation on the global yields of major crops. *Nature communications*, 5, 1-7.
- Magaña, V., Amador, J. and Medina, S. (1999). The midsummer drought over Mexico and Central America. *Journal of Climate*, 12, 1577–1588. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1577:TMDOMA>2.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1577:TMDOMA>2.CO;2)
- Maldonado, T; Rutgersson, A; Alfaro, E. J; Amador, J. A; Claremar, B. (2016). Interannual variability of the midsummer drought in Central America and the connection with sea surface temperatures. *Advances in Geosciences*, 42, 35–50. <https://doi.org/10.5194/adgeo-42-35-2016>
- Maldonado, T. J; Alfaro, E. J; Hidalgo, H.G. (2018). A review of the main drivers and variability of Central America's Climate and seasonal forecast systems. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 153–175. <https://doi.org/10.15517/RBT.V66I1.33294>
- Muñoz, A.C.; Fernández, W.; Gutiérrez, J.A.; Zarate, E. (2002). Variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, 9(1), 1-13.
- Pérez-Briceño, P.; Amador-Astúa, J.; y Alfaro, E. (2017). Dos propuestas de clasificación climática para la vertiente Caribe costarricense según el sistema de Thornthwaite. *Revista de Climatología*, 17, 1-16.
- Piedra-Castro, L; Castillo-Chinchilla, M; Morales-Cerdas, V. (2021). Characterization of sandy beaches of the southern Caribbean of Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 34(3), 120-133.
- PROCOMER. (2021). *Anuario Estadístico 2021*. Costa Rica. Recuperado de: <https://www.procomer.com.insuit.net/exportador/documentos/>
- Quesada-Hernández, L. E.; Hidalgo, H. G.; y Alfaro, E. J. (2020). Asociación entre algunos índices de sequía e impactos socio-productivos en el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54, 16-32.
- Quesada-Montano, B.; Wetterhall, F.; Westerberg, I. K.; Hidalgo, H. G.; y Halldin, S. (2019). Characterising droughts in Central America with

- uncertain hydro-meteorological data. *Theoretical and Applied Climatology*, 137, 2125-2138.
<https://doi.org/10.1007/s00704-018-2730-z>
- Quesada, M., y Waylen, P. (2013). Análisis climático de la precipitación anual e interanual en la cuenca media del río Grande de San Ramón, Costa Rica. *Investigaciones Geográficas*, 45, 3-18.
<https://doi.org/10.5354/0719-5370.2013.27591>
- Quesada, M. E y Waylen, P. (2020). Variability of Daily Precipitation on the Caribbean Coast of Costa Rica. *Revista de Climatología*, 20, 61-74.
- Retana, J. (2012). Eventos hidrometeorológicos extremos lluviosos en Costa Rica desde la perspectiva de la adaptación al cambio en el clima. *Revista De Ciencias Ambientales*, 44(1), 5-16.
<https://doi.org/10.15359/rca.44-2.1>
- Robinson, J.C y Galán-Saúco, V. (2010). *Bananas and Plantains* (2nd ed.). UK: CAB International, Wallingford, pp. 67-75.
<https://doi.org/10.1079/9781845936587.0067>
- Sáenz, F y Amador, J.A. (2016). Características del ciclo diurno de precipitación en el Caribe de Costa Rica. *Revista de Climatología*, 16, 21-34.
- Salvacion, A. R. (2020). Effect of climate on provincial-level banana yield in the Philippines. *Informat Process Agric*, 7(1), 50-57.
- Sánchez-Murillo, R; Durán-Quesada, A M; Birkel, C; Esquivel-Hernández, G; Boll, J. (2017). Tropical precipitation anomalies and d-excess evolution during El Niño 2014 16. *Hydrological Processes*, 31, 956-967.
<https://doi.org/10.1002/hyp.11088>
- Serrano, E; Guzmán, M; Mora, M; Araya, M; González, M; Segura, R; Ortega, R; Sandoval, J. (2008). *Efecto de la periodicidad o estacionalidad climatológica en las plantaciones de banano en la zona Caribe de Costa Rica*. CORBANA, S.A. Informe Anual 2008. San José, Costa Rica.
- Soto, M. (2013). Bananos. Conceptos Básicos 1. Editorial Tecnológico. San José, Costa Rica.
- Taylor, M. A., y Alfaro, E. J. (2005). Climate of Central America and the Caribbean. In: J. E. Oliver (editor) *Encyclopedia of World Climatology*. Netherlands: Springer, 183-188.

Vargas, R y Araya, M. (2009). *Efecto de las inundaciones sobre la población de nemátodos en plantaciones de banano (Musa AAA)*. CORBANA, S.A. Informe Anual 2009. San José, Costa Rica.

Wolny, A.; Ogryzek, M.; Zrobek, R. (Abril 2017). Challenges, opportunities, and barriers for sustainable transport development in functional urban areas. "Environmental Engineering" 10th International Conference. Vilnius Gediminas Technical University. Lithuania. <https://doi.org/10.3846/enviro.2017.126>

World Meteorological Organization (WMO). (2003). World Climate Programme Data and Monitoring, Budapest, Hungría, 6 a 10 de octubre de 2003. Fourth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases.

Financiamiento

El estudio se está realizando como parte de una beca doctoral brindada por la Escuela de Ciencias Geográficas (ECG) de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA).

Agradecimiento

Se agradece el compromiso brindado por la ECG de la UNA, en cuanto al financiamiento completo de la beca doctoral y el permiso de estudio dado al autor. Así mismo el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires (UBA), ha proporcionado el apoyo académico y logístico para llevar a cabo la investigación.

Se reconoce al Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) de Costa Rica por su apoyo en la adquisición y facilitación de los datos utilizados, así como el asesoramiento e interés de la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) de Costa Rica, por medio de la pasantía realizada y la entrega de datos para la realización del estudio.

Seleção de genótipos de batata-doce biofortificados



D.34. Agroalimentar

Seleção de genótipos de batata-doce biofortificados

Autor: Oliveira, Darllan Junior Luiz Santos Ferreira de; darlla.oliveira@unesp.br

Co-autor: Toledo, Geissiane Neves; geissiane.toledo@unesp.br;

Professor: Vargas, Pablo Forlan; pablo.vargas@unesp.br

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Resumo

A batata-doce destaca-se por ser uma cultura com alto valor nutricional, rica em vitaminas, carotenóides, entre outros. No Brasil o interesse pelo consumo e cultivo desta hortaliça vem crescendo, porém, os produtores vêm encontrando dificuldades em encontrar cultivares biofortificadas responsivas às condições edafoclimáticas. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar genótipos de batata-doce biofortificados promissores. A pesquisa foi realizada no Município de Vera Cruz-SP, no período de maio a agosto de 2019. Foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados com 22 tratamentos (genótipos) + Testemunha 'Beauregard' e três repetições. Aos 127 dias após o plantio foi realizada a colheita e coletada amostra para realizar as análises físico e química das raízes. Com os dados médios de cada característica avaliada foi realizado o teste de normalidade e homogeneidade dos dados. Posteriormente foi realizada análise de variância por meio do teste F e agrupamento dos genótipos através da metodologia de Skott Knott, a 5% de

probabilidade, utilizando o software Genes. Os genótipos CERAT29-19, CERAT35-23, CERAT56-27 e CERAT21-04, apresentam-se como promissoras, podendo dar origem a cultivares de batata-doce biofortificadas.

Palavras chave: *Ipomoea batatas* L. Melhoramento genético. Betacaroteno.

Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma planta dicotiledônea da família Convolvulaceae, originária das américas, de fácil cultivo e com baixo custo de produção, que em decorrência do seu alto valor nutricional, apresenta grande importância econômica, sendo considerada um alimento funcional, rica em vitaminas, β -caroteno (fonte de vitamina A), minerais, fibras, proteínas, compostos fenólicos entre outros (SILVEIRA; NASCIMENTO; MALUF 2022). Podendo ser utilizada na indústria de alimentos para o enriquecimento de bolos, doces, massas, iogurtes, aumentando o valor nutricional do produto, com baixo custo (ALAM, 2022).

Apresenta vasta variabilidade fenotípica e genotípica dentro da espécie, sendo então encontradas diversas



possibilidades de fenótipos distintos, principalmente em coloração de casca e coloração de polpa das raízes, cujas principais comercializadas no Brasil são de polpa branca e creme. Batatas-doces de polpa alaranjadas são portadoras de grandes quantidades de carotenóides, principalmente, betacaroteno. A batata-doce é um alimento rico em betacaroteno, a cultivar 'Beauregard' destaca-se com teores de betacaroteno que podem chegar a 115 miligramas por quilo de raiz crua (CECILIO FILHO et al., 2016). O betacaroteno possui atividade provitamina A e está presente na dieta dos seres humanos. Em crianças, a deficiência de vitamina A representa uma das mais importantes causas de cegueira evitável e morbimortalidade por infecções que afetam os segmentos mais pobres da população (LIMA; DAMIANI; FUJIMORI, 2018).

Portanto é uma cultura de alto valor nutritivo, com expressivo potencial na luta pela segurança alimentar mundial. Vargas et al. (2016), destaca sua importância, principalmente para a população de baixa renda, devido à quantidade produzida por área de raiz e qualidade do alimento.

Embora demonstre grande potencial produtivo, as baixas produtividades são um dos fatores limitantes para o crescimento da produção de batata-doce no Brasil e isto está diretamente relacionado com o baixo

investimento em pesquisa na cultura, principalmente referindo-se ao melhoramento genético, sobretudo no uso de cultivares melhoradas, sendo, este, o principal fator responsável pelos baixos rendimentos (CARDOSO et al., 2005). De acordo com o MAPA (2022) tem-se um total de 43 cultivares de batata-doce registrada no país, sendo que muitas delas estão obsoletas e outras tem a finalidade de produção de etanol.

Diante disso, torna-se cada vez mais necessária a busca por novos materiais de batata-doce capazes de aliar boa produção e adaptabilidade nas regiões de cultivo, além da potencialidade de se tornarem fontes de nutrientes para a população, principalmente, mais carente.

Visando o desenvolvimento de novas cultivares de batata-doce biofortificada nos anos de 2018 iniciaram-se trabalhos com uma população elite de batata-doce com altos teores de betacaroteno procedente do *International Potato Center* (CIP), por meio, do projeto de pesquisa FAPESP "Introdução e seleção por meio do melhoramento genético participativo de genótipos de batata-doce com altos teores de betacaroteno para o estado de São Paulo (17/08032-0)", onde foram avaliados 250 genótipos de batata-doce provenientes de 15 famílias de meios-irmãos em diferentes ambientes. A partir de trabalhos preliminares realizados por com essa



população elite, foram selecionados genótipos de batata-doce com altas produtividades, boa qualidade de pele e elevados carotenóides.

Com base nos resultados preliminares obtidos por Oliveira (2019) e Otoboni (2019), pode-se realizar o desenvolvimento de novas cultivares de batata-doce, com capacidade de competição no mercado e principalmente, com potencialidade de suprir as necessidades nutricionais da população, sobretudo, da mais carente, visto que as cultivares comerciais existentes tem por sua maioria a destinação a produção de etanol, e a principal cultivar a 'Beauregard' destinada a consumo domiciliar tem pouca aceitação da população, por possuir baixo teor de massa seca, o que não agrada o paladar dos consumidores brasileiros, uma vez que há uma preferência por batatas-doces com alto teor de massa seca (CECILIO FILHO et al., 2016).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar genótipos de batata-doce biofortificados promissores.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no município de Vera Cruz, que está localizado na região da Alta Paulista, interior de São Paulo, no período de maio a agosto de 2019. O município está localizado a uma altitude de 628 metros, latitude 22°13'11" sul e longitude 49°49'10"

oeste. Possui precipitação média anual de 1.300 mm. Durante a condução do experimento, houve 177 mm de precipitação sendo constatado temperatura média de 24,7°C.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 21 tratamentos (genótipos) + Testemunha 'Beauregard' e três repetições. Cada parcela experimental contou com nove plantas onde foram dispostas em espaçamento de 1,20 m entre linhas e 0,33 m entre plantas.

Foram coletadas amostras de solo de 0 a 20 cm no local do experimento, posteriormente, essas foram enviadas ao Laboratório de Solos da Unesp, Câmpus de Ilha Solteira, para caracterização químicas, onde os resultados foram: P (resina) - 23 mg dm⁻³, MO-20 g dm⁻³, pH (CaCl₂)-5,0, K-2,3 mmolcdm⁻³, Ca-20 mmolcdm⁻³, Mg17 mmolcdm⁻³, H+Al-34 mmolcdm⁻³, SB-39,3 mmolcdm⁻³, CTC-73,3 mmolcdm⁻³ e V%- 54.

Foi realizado o preparo da área de estudo com uma aração seguida de duas gradagens. Posteriormente foram levantadas leiras, com 1,2 m de distância uma da outra e 0,40 m de altura, de forma mecanizada e, simultaneamente a esta operação, realizou incorporação da adubação de plantio com 500 kg ha⁻¹ da formulação 04-14-08, 133 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 166 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, correspondendo a



20, 100 e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, fósforo e potássio (MONTEIRO; PERESSIN, 1997). Os propágulos foram obtidos de um campo de produção de plantas matrizes dos genótipos, cada propágulo continha de 8-10 gemas, no plantio foi enterrado 2/3 do propágulo em covas previamente feitas com uma enxada própria para esse fim.

Buscou-se fornecer todos os tratos culturais necessários para explorar o máximo potencial produtivo da cultura, sendo assim, aos 30 dias após o plantio, foi realizada uma adubação de cobertura com 30 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (MONTEIRO; PERESSIN, 1997), utilizando como fonte a ureia. Para o controle de plantas daninhas foi realizado capina manual nas linhas de plantio e controle químico com produto à base de Linurom na dose de 0,6 L ha⁻¹ e produto à base de Clethodim + Alquilbenzeno na dose de 0,20 L ha⁻¹ nas entrelinhas.

A colheita foi realizada aos 127 dias. Após a colheita as raízes foram lavadas e colocadas para secar em área coberta, onde foram avaliados:

- PT (Produtividade total): massa de todas as raízes colhidas, aferida com auxílio de uma balança digital, na parcela e posteriormente convertidas para t ha⁻¹.

- PC (Produtividade comercial de raízes frescas): massa das raízes acima de 80 g, aferida com auxílio de uma balança digital, na parcela e posteriormente convertidas para t ha⁻¹.

- PNC (Produção não comercial de raízes): massa das raízes com massa abaixo de 80 g na parcela e posteriormente convertidas para t ha⁻¹.

- PPC (Porcentagem de produção comercial de raízes): obtido através da fórmula $(PC \div PT) \times 100$.

- TMS (Teor de massa seca nas raízes): amostras de 0,5 kg de raízes foram trituradas, em seguida foram secas em estufa a 65°C, até atingir massa constante para determinação do teor de matéria seca (%).

- PMS (Produção total de massa seca das raízes): obtido através da fórmula $(PT \times TMS) \div 100$.

- NRT (Número de raízes totais): número de raízes por planta colhidas na parcela e convertidas para ha⁻¹.

- NRC (Número de raízes comerciais): número de raízes por planta colhidas na parcela com massa acima de 80 g e convertidas para ha⁻¹.

- NRNC (Número total de raízes não comerciais): número de raízes por planta na parcela com massas abaixo de 80 g e posteriormente convertidas para o número de plantas ha⁻¹.

- MR (Massa média de raízes): obtido pela fórmula $PT \div NRT$.

- MRC (Massa média de raízes comerciais): obtido pela fórmula $PC \div NRC$.

- MRNC (Massa de raízes não comerciais): obtido através da fórmula $PNC \div NRNC$.



● **AçT (açúcares totais):** de posse de 0,5 g de amostra em um erlenmeyer de 250 mL acrescentou-se 30 mL de etanol absoluto P.A., em seguida 30 mL de água destilada, levando-se a banho com aquecimento entre 60-65°C por 60 minutos. Depois se acrescentou 1mL de HCl P.A., posteriormente retornou ao banho por mais uma hora na mesma temperatura. Em seguida resfriou-se a amostra e esta foi transferida para balão volumétrico de 250 mL, efetuando-se a neutralização com solução saturada de carbonato de sódio. Adicionando de 1 a 2 mL de solução de hidróxido de bário a 0,3 N e 1 a 2 mL de solução de sulfato de zinco a 5%, completando-se o volume do balão com água destilada. Após agitação, uma amostra foi retirada do material e centrifugada, sendo então determinado o teor de açúcares totais (Somogyi, 1945).

● **TA (teor de amido):** Para a determinação do teor de amido nas amostras foi utilizado o método enzimático de hidrólise. Em amostras (200 g) finamente peneiradas (0,25 mm) foram acrescentados 42 mL de água. A hidrólise inicial utilizou 2 mL de Termamyl 120 L (α -amilase), inclusive na prova em branco; posteriormente se levou para banho-maria com agitação na temperatura de 90°C por 15 minutos. Após esse processo, quando a temperatura atingiu 60°C se adicionou 2,5 mL de tampão acetato 4 M, pH 4,8 e em seguida 2 mL de solução de

amiloglucosidase na concentração de 1,5 mg.mL⁻¹. O material permaneceu a 60°C no banho com agitação durante 2 horas. Posteriormente o material foi resfriado e determinado o teor de açúcar, sendo feita a conversão à amido pela multiplicação da porcentagem de açúcar obtida pelo fator 0,9 (Somogyi, 1945). Com a produtividade das raízes e o teor amido, foi estimado a produção de amido por hectare.

● **CAROT (Teor de carotenóides):** os teores de carotenóides foram determinados segundo a metodologia descrita por Pacheco et al. (2014).

● **TZn (Teor de Zinco):** As amostras para determinação de zinco foram digeridas em micro-ondas (250 mg massa seca, 4 mL de HNO₃ concentrado e 2 mL de H₂O₂ 30% v/v), com posterior quantificação em ICP-MS. Amostra de referência foi utilizada para garantir o controle de qualidade das análises.

Com os dados médios de cada característica avaliada foi realizado o teste de normalidade e homogeneidade dos dados. Posteriormente foi realizada análise de variância através do teste F e agrupamento dos genótipos através da metodologia de Skott Knott, a 5% de probabilidade, utilizando o software Genes (Cruz, 2013).

Resultados e Discussão

Para as variáveis produtividade total e produtividade comercial, o genótipo CERAT29-19, foi superior estatisticamente



com valores de 43,30 e 32,10 $t ha^{-1}$ respectivamente, a cultivar 'Beauregard' foi 31% de PT e 17%, respectivamente, inferior ao genótipo superior (Tabela 1). A cultivar 'Beauregard', obteve PT e PC de 32,75 e 24,75 $t ha^{-1}$, respectivamente, seis genótipos foram superiores à testemunha para variável PT, já para PC, 16 genótipos tiveram médias superiores à testemunha, para a variável produtividade não comercial, os genótipos CERAT 29-19, CERAT60-05 e CERAT35-01, obtiveram os maiores valores (Tabela 1). Hossain et al. (2022), estudando genótipos de batata-doce em Bangladesh em 2019, verificaram produtividade variando de 2,04 a 48,80 $t ha^{-1}$.

Os genótipos CERAT16-18, CERAT24-06, CERAT24-22, CERAT25-09, CERAT25-25, CERAT34-18 e CERAT35-10 foram aqueles com produtividade total abaixo da testemunha ('Beauregard'), assim, para novos ciclos de seleção esses genótipos devem ser eliminados da população de avaliação, uma vez que suas produtividades são suplantadas por cultivares que já estão à disposição à cadeia produtiva de batata-doce.

Para percentagem de produção comercial, destacaram-se os genótipos CERAT16-18, CERAT21-26, CERAT24-22, CERAT25-27, CERAT29-19,

CERAT35-23 e CERAT60-25 (Tabela 1). O genótipo CERAT29-19, demonstrou grande potencial produtivo tanto para variáveis PT, PC, PNC e PPC. Tal dado tem alta correlação uma vez que as variáveis estão interligadas.

Em relação ao número total de raízes, os genótipos CERAT29-19, CERAT60-05 e CERAT35-01, obtiveram os maiores resultados, e para número de raízes comerciais o genótipo CERAT29-19, foi o que apresentou desempenho superior, já para número de raízes não comerciais NRNC, o genótipo CERAT35-01 foi o que teve maior valor (Tabela 1). Ou seja, o maior e menor número de raízes verificado entre os genótipos também refletiu na produtividade. Melo et al. (2020), avaliando o desempenho de diferentes genótipos de batata-doce, verificou para a cultivar 'Beauregard', valores de 402.440 e 97.240 raízes por hectares, total e comercial, respectivamente.

Os genótipos CERAT21-26, CERAT21-27 e CERAT60-22 apresentaram, concomitantemente, as maiores massas de raiz total e comercial (Tabela 1). A massa de raiz é uma característica de grande relevância, uma vez que os consumidores preferem batatas-doces médias, variando de 150 a 300 gramas.

Tabela 1. Médias das características, produtividade (PT), produção comercial (PC), produção não comercial (PÑC), porcentagem comercial (PPC), número total de raízes (NRT), número de raízes comerciais (NRC), número de raízes não comerciais (NRNC), massa média de raízes (MR), massa média de raízes comerciais (MRC), massa média de raízes não comerciais (MRNC), em genótipos de batata-doce no segundo ciclo em Vera Cruz-SP.

Genótipo	PT	PC	PNC	PPC	NTR	NRC	NRNC	MRT	MRC	MRN C
	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	%	Raiz ha ⁻¹	Raiz ha ⁻¹	Raiz ha ⁻¹	Kg	kg	kg
CERAT16-18	11,68e	10,50d	1,18d	89,94a	101,010d	60,606d	40,404e	0,11a	0.18b	0,03d
CERAT21-04	14,25d	9,73d	4,53c	67,20b	156,565d	55,555d	101,010d	0,11a	0.17b	0,04b
CERAT21-26	16,93d	12,33d	4,60c	72,80a	146,464d	45,454d	101,010d	0,11a	0.28a	0,04b
CERAT21-27	15,18d	12,83d	2,35d	84,84a	116,161d	55,555d	60,606e	0,13a	0.23a	0,03c
CERAT24-06	8,55e	2,68e	5,88c	31,29c	196,969c	20,202e	176,767c	0,04b	0.17b	0,03d
CERAT24-22	11,28e	9,08d	2,20d	80,52a	151,515d	70,707d	80,808e	0,07b	0.13c	0,02d
CERAT25-09	12,65e	7,10d	5,55c	57,57b	228,956c	60,606d	168,350c	0,06b	0.11c	0,03c
CERAT25-23	14,40d	9,28d	5,13c	61,84b	191,919c	65,656d	126,262d	0,08b	0.13c	0,04b
CERAT25-25	5,08f	0,95e	4,18c	17,75c	151,515d	12,601e	141,414d	0,03b	0.06c	0,03c
CERAT25-27	18,45d	13,58c	4,87c	74,09a	191,919c	80,808d	111,111d	0,10a	0.16b	0,04b
CERAT29-18	11,13d	7,30d	3,82c	63,23b	111,111d	45,454d	65,656e	0,10a	0.18b	0,06a
CERAT29-19	43,40a	32,10a	11,30a	73,84a	424,242a	191,919a	232,323b	0,10a	0.16b	0,05b
CERAT34-18	10,24e	2,08e	8,16b	23,16c	202,020c	17,677e	184,343c	0,05b	0.12c	0,04b
CERAT35-01	28,03c	16,68c	11,35a	59,34b	479,797a	146,464b	333,333a	0,06b	0.11c	0,03d
CERAT35-10	11,93e	6,05e	5,88c	50,80b	126,262d	35,353e	90,909d	0,09a	0.17b	0,06a
CERAT35-21	21,15d	14,90c	6,25c	67,57b	252,525c	95,959c	156,565c	0,09a	0.15b	0,04b
CERAT35-23	4,03f	3,60e	0,43d	87,92a	45,454d	25,252e	20,202e	0,09a	0.14c	0,02d
CERAT56-27	23,79c	15,14c	8,65b	64,57b	310,606b	113,636c	196,969c	0,07b	0.13c	0,04b
CERAT60-05	27,78c	17,23c	10,55a	56,96b	388,888a	136,363b	252,525b	0,07b	0.12c	0,04b
CERAT60-22	15,67d	8,98d	6,68c	58,67b	171,717c	43,771d	127,946d	0,09a	0.23a	0,06a
CERAT60-25	32,75b	24,75b	8,00b	74,66a	303,030b	146,464b	156,565c	0,11a	0.17b	0,06a
Beauregard	13,40d	5,35e	8,05b	39,36c	242,424c	45,454d	196,969c	0,05b	0.12c	0,04b
CV	18,02	28,85	26,42	17,25	28,53	30,35	28,22	22,00	20,73	16,63
Valor F	28,48**	16,31**	11,46**	10,14**	18,87**	14,72**	10,32**	5,97*	6,41*	7,74*

**Significativo ao nível de 1%; ^{ns}não significativo. CV=coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra foram agrupadas pela metodologia de Skott-Knott ao nível de 5%.

Para teor de massa seca, os genótipos CERAT24-06, CERAT29-18, CERAT35-10 e CERAT60-22, obtiveram os melhores resultados. Contudo, nenhum dos genótipos mencionados apresentou a maior produção de massa seca por hectare, assim, verifica-se que os genótipos de maior teor de massa seca não apresentaram, concomitantemente, as

maiores produtividades. Já para produtividade de massa seca o genótipo CERAT29-19, foi superior aos demais, com 43,40 t ha⁻¹, valor 1045% superior a cultivar 'Beauregard', que teve 3,07 t ha⁻¹ de PMS (Tabela 2). Já Melo et al. (2020), verificou produtividade de massa seca de 28,18 t ha⁻¹ para cultivar 'Beauregard'. O teor de massa seca é um importante



parâmetro de qualidade na produção de batata-doce, pois indica farinhecimento na batata-doce cozida ou assada e é uma propriedade preferida pelos consumidores (Kathabwalika et al., 2013).

O maior teor de amido foi encontrado no genótipo CERAT60-25, com 97%, aproximadamente. Já amido da massa fresca foram os genótipos, CERAT24-06, CERAT35-01, CERAT35-10 e CERAT60-22, já a maior PTA foram encontradas nos genótipos CERAT24-06, CERAT35-01 e CERAT60-22 (Tabela 2). Hossain et al. (2022), avaliando diferentes genótipos de batata-doce, verificaram teores de amido variando de 54, 53 a 51,42 %. Já Kathabwalik, Chilembwe e Mwale (2016), relataram que o teor de amido das raízes de armazenamento de genótipos de batata-doce variou de 19,9% a 28,5%. O amido é a principal fonte de carboidrato utilizado na alimentação humana, utilizado para diversos fins, na fabricação de pães, bolos, massas, laticínios, cereais, carnes, bebidas, molhos, etc. A combinação de alta matéria seca (>25%) e amido auxilia na seleção de cultivares (Brabet et al., 1999).

Para a variável teor de zinco, os melhores resultados foram dos genótipos CERAT21-04, CERAT25-23, CERAT34-18, CERAT35-23, CERAT60-22 e CERAT60-25 (Tabela 2). Esse mineral é essencial para o desenvolvimento normal e a função celular e molecular, colaborando

para um bom funcionamento do sistema imunológico (BAILEY, WEST e BLACK, 2015; PRASAD, 2008). No Brasil, há indícios de deficiência de zinco na população, sobretudo em crianças, desta forma, a seleção de genótipos com maiores teores surge como uma das alternativas para combater tal deficiência.

Para açúcares redutores as maiores porcentagens foram encontradas nos genótipos CERAT24-22, CERAT34-18 e CERAT60-25, que foram estatisticamente semelhantes a 'Beauregard' (Tabela 2). Valores elevados de açúcares redutores prejudicam a qualidade de batatas-doces pré-fritas, uma vez que escurece o produto obtido.

Já para açúcares totais o genótipo CERAT34-18 foi aquele que apresentou o maior valor, sendo o mais doce entre todos os avaliados (Tabela 2). Contudo, esse mesmo genótipo não apresentou um alto teor de massa seca (17,96), sendo que essas duas características num mesmo genótipo seria interessante, uma vez que o consumidor brasileiro tem preferência por raízes doces e 'enxutas', termo popular para expressar alto teor de massa seca.

Para a variável teor de carotenóides, o genótipo CERAT35-23 foi o melhor, com teor 2,76 vezes maior que a 'Beauregard', considerada como uma cultivar biofortificada.



Ao todo nove genótipos tiveram valores superiores estatisticamente a cultivar 'Beauregard', variando de 222,52 a 94,05 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (Tabela 2). Já Pilon et al. (2021), estudando genótipos de batata-

doce verificaram, que os genótipos MD09026-OF e MD09024-OF e a cultivar Beauregard apresentaram teores de 80,06 mg g^{-1} , 70,56 mg g^{-1} e 73,12 mg g^{-1} , respectivamente.

Tabela 2 Médias das características, teor de massa seca (TMS), produção total de massa seca (PMS), teor de zinco (TZn), teor de açúcares redutores (AçRed), teor de açúcar totais (AçT), teor de amido (TA), teor de amido na matéria fresca (AMF), produção total de amido (PTA), carotenóides totais (CAROT), em genótipos de batata-doce no segundo ciclo em Vera Cruz-SP.

Genótipo	TMS	PMS	TZn	AçRed	AçT	TA	AMF	PTA	CAROT
	%	t ha ⁻¹	%	%	%	%	%	t ha ⁻¹	$\mu\text{g}/100\text{g}$
CERAT16-18	23,18b	2,71c	10,43b	8,50c	18,93d	70,60c	16,37b	16,37b	61.52f
CERAT21-04	17,84c	2,54c	23,56a	6,26c	22,26c	66,30c	11,83c	11,83c	119.75d
CERAT21-26	18,92c	3,20c	14,13b	14,26b	23,83c	76,80c	14,57c	14,57c	94.05e
CERAT21-27	24,08b	3,67c	13,60b	10,40c	21,20c	52,90d	12,73c	12,73c	73.02f
CERAT24-06	29,99a	2,56c	14,93b	5,66c	20,00d	75,23c	22,58a	22,58a	74.88f
CERAT24-22	15,60c	1,76d	15,23b	18,60a	26,00b	62,26d	9,74d	9,74d	30.09h
CERAT25-09	18,51c	2,34c	17,00b	6,03c	22,70c	48,36e	8,95d	8,95d	50.14g
CERAT25-23	24,69b	3,58c	19,33a	7,53c	19,10d	48,80e	12,04c	12,04c	32.28h
CERAT25-25	21,49c	1,12d	14,60b	8,30c	23,70c	39,50e	8,49d	8,49d	19.04i
CERAT25-27	21,01c	3,80c	15,36b	8,50c	23,40c	39,20e	8,23d	8,23d	96.57e
CERAT29-18	28,12a	3,10c	12,90b	10,56c	21,26c	54,36d	15,28b	15,28b	76.64f
CERAT29-19	19,46c	8,38a	15,16b	6,63c	23,53c	44,06e	8,69d	8,69d	135.04c
CERAT34-18	17,96c	1,66d	21,00a	17,80a	31,46a	55,70d	9,95d	9,95d	58.14g
CERAT35-01	23,79b	6,66b	14,93b	6,73c	16,53d	83,80b	19,92a	19,92a	100.89e
CERAT35-10	26,38a	3,13c	15,30b	8,10c	21,16c	81,16b	21,43a	21,43a	67.90f
CERAT35-21	23,29b	4,95b	14,33b	7,06c	19,36d	74,10c	17,26b	17,26b	107.92e
CERAT35-23	25,18b	0,99d	21,73a	5,30c	17,43d	69,20c	17,31b	17,31b	222.52a
CERAT56-27	22,86b	5,37b	9,26b	14,36b	22,03c	67,56c	15,44b	15,44b	183.48b
CERAT60-05	19,70c	5,58b	14,33b	11,90c	20,63c	67,43c	13,30c	13,30c	10.60i
CERAT60-22	26,78a	4,09c	18,30a	7,33c	19,56d	85,20b	22,69a	22,69a	103.55e
CERAT60-25	18,16c	5,93b	17,90a	16,66a	27,03b	96,70a	17,56b	17,56b	65.60f
TEST	23,01b	3,07c	15,30b	19,10a	27,43b	56,90d	13,03c	13,03c	80.58f
CV	8,34	18,30	22,12	23,23	8,68	8,67	10,75	10,75	10,32
Valor F	12,23**	23,21**	2,82**	10,25**	9,98**	23,46**	14,43**	26,29**	98,65**

**Significativo ao nível de 1%; ^{ns}não significativo. CV=coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra foram agrupadas pela metodologia de Skott-Knott ao nível de 5%.



Conclusões

Os genótipos CERAT29-19, CERAT35-23, CERAT56-27 e CERAT21-04, apresentam-se como promissoras cultivares de batata-doce biofortificadas.

Referências

ALAM, M. K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, v. 115, p. 512–529, set. 2021.

Bailey, R. L., West Jr, K. P., & Black, R. E. (2015). The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 66(Suppl. 2), 22-33.

Brabet, C., Reynoso, D., Dufour, D., Mestres, C., Arredondo, J., & Scott, G. (2013). Starch content and properties of 106 sweetpotato clones from the world germplasm collection held at CIP, Peru. *Korea*, 2(1), 1.

Cardoso, A. D., Viana, A. E. S., Ramos, P. A. S., Matsumoto, S. N., Amaral, C. L. F., Sedyama, T., & Morais, O. M. (2005). Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. *Horticultura Brasileira*, 23(4), 911-914.

Cecílio Filho, A. B., Nascimento, S., Silva, A. S., & Vargas, P. F. (2016). Agronomic performance of sweet potato with different potassium fertilization rates. *Horticultura Brasileira*, 34, 588-592.

Cruz, C. D. (2013). GENES: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(3), 271-276.

Hossain, M. M., Rahim, M. A., Moutosi, H. N., & Das, L. (2022). Evaluation of the growth, storage root yield, proximate composition, and mineral content of colored sweet potato genotypes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100289.

Kathabwalika, D. M., Chilembwe, E. H. C., & Mwale, V. M. (2016). Evaluation of dry matter, starch and beta-carotene content in orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes tested in three agro-ecological zones of Malawi. *African Journal of Food Science*, 10(11), 320-326.

Kathabwalika, D. M., Chilembwe, E. H. C., Mwale, V. M., Kambewa, D., & Njoloma, J. P. (2013). Plant growth and yield stability of orange fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas*) genotypes in three agro-ecological zones of Malawi. *Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci*, 3(11), 383-392.

Lima, D. B., Damiani, L. P., & Fujimori, E. (2018). Deficiência de vitamina A em crianças brasileiras e variáveis associadas. *Revista Paulista de Pediatria*, 36, 176-185.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. CULTIVARWEB: Gereciamento de informação. 2022. Disponível em:
22

<http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>.Acessa do em: 12 de junho de 2022.

Melo, R. A. D. C., Silva, G. O. D., Vendrame, L. P., Pilon, L., Guimarães, J. A., & Amaro, G. B. (2020). Evaluation of purple-fleshed sweetpotato genotypes for root yield, quality and pest resistance. *Horticultura Brasileira*, 38, 439-444.



MONTEIRO, D. A.; PERESSIN, V. A. Batata doce e cará. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C.(ed). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação- IAC, 1997. p. 226. (Boletim Técnico, 100).

Oliveira, D. J. L. S. F. D. (2019). Caracterização morfológica e agrônômica de genótipos de batata-doce obtidos por meio de policruzamentos.

Otoboni, M. E. F. (2019). Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de batata-doce com altos teores de betacaroteno.

Pacheco, S., Peixoto, F. M., Borguini, R. G., Nascimento, L. D. S. D. M. D., Bobeda,

(Eds.). Batata-doce do plantio à colheita. Editora UFV ed. Viçosa - MG: [s.n.]. p. 9–20.

Somogyi, M. (1945). Determination of blood sugar. *Journal of Biological*

C. R. R., Santiago, M. C. P. D. A., & Godoy, R. L. D. O. (2014). Microscale extraction method for HPLC carotenoid analysis in vegetable matrices. *Scientia Agricola*, *71*, 416-419.

Pilon, L., Guedes, J. S., Bitencourt, B. S., Melo, R. A. D. C., Vendrame, L. P., & Amaro, G. B. (2021). Caracterização da qualidade, teor de fenólicos e carotenoides de novos genótipos de batata-doce de polpa laranja, creme e amarela. *Horticultura Brasileira*, *39*(3), 299-304.

Prasad, A. S. (2008). Zinc in human health: effect of zinc on immune cells. *Molecular medicine*, *14*(5), 353-357.

SILVEIRA, M. A. DA; NASCIMENTO, I. R. DO; MALUF, W. R. A cultura. In: GONÇALVES, R. J. DE S.; BORÉM, A.

Chemistry, *160*(1), 69-73. Vargas, P. F., Godoy, D. R. Z., de Almeida, L. C. F., & Castoldi, R. (2017). Agronomic characterization of sweet potato accessions. *Comunicata Scientiae*, *8*(1), 116-125.

“Uso de polen en la dieta de pollos parrilleros . Impacto sobre los parámetros productivos y el rendimiento de cortes”.



Eje temático D. Ciencias de la vida

Áreas: 34. Agroalimentos.

Título: "Uso de polen en la dieta de pollos parrilleros. Impacto sobre los parámetros productivos y el rendimiento de cortes".

Autor: Fernández Etchegaray, Victoria; victoria.fernandez@uns.edu.ar

Co-autor(es): Fernández, H.T., hfernan@criba.edu.ar ;

Villamil, S.C., soledad.villamil@uns.edu.ar

Profesora guía: Fernández, H.T., hfernan@criba.edu.ar

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del agregado de polen en la dieta de pollos parrilleros sobre los parámetros productivos peso vivo final (PVf), ganancia de peso (GP), consumo y eficiencia de conversión alimenticia (ECA) y sobre el rendimiento de carcasa y de cortes comerciales. Setenta y dos machos Cobb® fueron criados durante 43 días. En la primera etapa (1-21 d), las aves recibieron una dieta iniciadora y desde el día 22, recibieron las dietas experimentales: control, polen 1% y polen 2%. Los animales se dividieron aleatoriamente en 24 grupos de tres aves cada uno (8 repeticiones/tratamiento). A los 43 días de edad, ocho animales por tratamiento elegidos al azar fueron pesados (PV de faena) y sacrificados. Las carcasas se refrigeraron a 4 °C por 24 h para registrar el peso de carcasa fría (PCf). Posteriormente, se removieron y pesaron los cortes comerciales pechuga, pata-

muslo, alas y grasa abdominal. Se calculó el rendimiento de los cortes y de carcasa como el cociente entre el peso de cada corte y el PCf sobre el PV de faena. Los datos fueron analizados mediante ANOVA completo al azar utilizando InfoStat y la comparación entre medias se realizó con el test de Diferencia Mínima Significativa. No se encontraron diferencias para PVf, GP, consumo y ECA entre los tratamientos ($p > 0,05$). El RC y de cortes comerciales no se vio afectado por la inclusión de polen en la ración ($p > 0,05$). No obstante, este aditivo no resultó perjudicial para las aves. Sería factible sugerir que el tiempo de exposición y la dosis utilizada son aspectos a considerar para obtener resultados positivos. Por este motivo, es necesario continuar investigando la temática, incluyendo polen desde etapas más tempranas o en diferentes niveles.

Palabras clave: pollos parrilleros, polen, performance



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los métodos tradicionales de cría de animales productivos están envueltos en grandes controversias con respecto al uso de los recursos naturales, la contaminación ambiental y la calidad del producto final. Al mismo tiempo, el sector agroalimentario se ha encontrado con un nuevo tipo de consumidor, más consciente de su alimentación, que desea productos más naturales, inocuos y sustentables. En este contexto, la avicultura se ha enfocado en las últimas décadas al estudio de fuentes de alimentación alternativas, que aporten beneficios para el animal y que, a su vez, permitan obtener un producto final que cumpla con las demandas del consumidor actual.

La abeja melífera (*Apis mellifera* L.) ha sido a lo largo de la historia fuente de varios productos utilizados por el ser humano con fines domésticos, nutricionales y terapéuticos. Sin embargo, el uso de los mismos como aditivo en la dieta de pollos parrilleros es aún poco conocido. Entre los diversos productos se encuentra el polen apícola, el cual consiste en polen vegetal recolectado por las abejas y mezclado con néctar y secreciones de sus glándulas hipofaríngeas (De Oliveira *et al.*, 2013). El polen es un suplemento rico en proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales (Pereira &

de Almeida, 2010; Andelkovic *et al.*, 2014) y de vitaminas C, E, D y vitaminas del grupo B (Campos *et al.*, 1997). Su alto contenido de azúcares simples, aminoácidos y ácidos grasos monoinsaturados lo convierte en un excelente suplemento natural que provee energía, reconstruye los tejidos y refuerza el sistema inmune de los organismos (Bobis *et al.*, 2010). Adicionalmente, es una fuente relevante de compuestos carotenoides, flavonoides, polifenoles y otras sustancias con propiedades antioxidantes (Baltrušaityte *et al.*, 2007), antimicrobianas, anticancerígenas y antiinflamatorias (Pascoal *et al.*, 2014).

Además, la aplicación de polen en forma de aditivo en dietas para animales se ha propuesto de modo preventivo ante diversas enfermedades tales como bronquitis, dermatitis y alergias (Martín-Muñoz *et al.*, 2010), y a modo de promotor de la salud intestinal (Attia *et al.*, 2011a; 2011b) y de la inmunidad (Rabie *et al.*, 2018). A su vez, diversos autores hallaron resultados positivos con la inclusión de este insumo apícola en relación a los parámetros productivos. Wang *et al.* (2007) concluyeron que el agregado de polen en la dieta de pollos parrilleros indujo modificaciones en la estructura interna del intestino delgado de los animales. En dicho estudio, se observaron vellosidades más largas y más finas que aumentaron la



superficie de absorción de nutrientes y, en consecuencia, ese grupo de animales presentó un mayor aumento de peso. Por otro lado, según Haščik *et al.* (2019) el rendimiento de los cortes comerciales de importancia como la pechuga podrían incrementarse con la incorporación combinada de extracto de polen y probióticos en la dieta.

Si bien existen antecedentes que estudian los efectos del polen apícola sobre diversos aspectos de los pollos parrilleros, la información disponible se concentra principalmente en países de Europa del Este y Medio Oriente. Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente trabajo constituyen una fuente de información novedosa para Latinoamérica.

OBJETIVOS

- Determinar el impacto del adición de polen en la dieta de pollos parrilleros, en diferentes concentraciones, sobre los parámetros productivos: peso vivo (PV), ganancia de peso (GP), consumo de alimento y eficiencia de conversión alimenticia (ECA).
- Estudiar el efecto de la inclusión de polen en la dieta de pollos parrilleros, en diferentes concentraciones, sobre el rendimiento de carcasa y el

rendimiento de los cortes comerciales pechuga, pata-muslo, alas y grasa abdominal.

HIPÓTESIS

La incorporación de polen apícola en la dieta de pollos parrilleros optimizará los parámetros de producción.

El agregado de polen en la ración de pollos parrilleros mejorará el rendimiento de carcasa y el rendimiento de cortes comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de trabajo

El ensayo se desarrolló entre los meses de octubre y diciembre de 2021 en las instalaciones de la Unidad de Experimentación Avícola (UEA) del Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, en la ciudad de Bahía Blanca (38°41' Lat. S; 62°15' Long. O), Argentina.

Instalaciones

La UEA consta de un galpón cerrado y acondicionado, que dispone de ventilación forzada, calefacción, aire acondicionado e iluminación artificial. El mismo cuenta con dos recintos, uno para la preparación de dietas y otro sector con las unidades experimentales, constituidas por 30 corrales desmontables distribuidos



longitudinalmente en dos hileras, con un pasillo intermedio. Dichos corrales presentan una dimensión de 1 m x 1 m x 0,6 m, contruidos de madera, alambre hexagonal y elevados a 0,30 cm del piso sobre soportes de madera tipo slat. Por debajo de ellos se colocaron paños de nylon para recolección de heces, que fueron cambiados diariamente para mantener las condiciones de higiene del recinto y asegurar el bienestar de las aves.

Animales y manejo

Setenta y dos pollos parrilleros línea Cobb®, machos, de un día de edad fueron comprados en un criadero comercial de la ciudad de Bahía Blanca. Durante la primera etapa de la experiencia, los primeros 21 días de vida, todos los animales fueron alojados en dos corrales de 2 m x 2 m provistos con comederos de tipo canaleta y bebederos de depósito invertido de cuatro litros. Diariamente, los bebederos fueron higienizados y rellenados para asegurar una provisión de agua constante. El día 22 del ensayo, todas las aves fueron pesadas y distribuidas al azar en tres grupos correspondientes a las tres dietas experimentales. Durante este día, también se colocaron precintos identificatorios en una pata de cada animal. Los precintos se realizaron en goma eva de tres colores, uno por tratamiento, y fueron numerados

para mantener la individualización de cada animal.

Durante los primeros cuatro días recibieron un antimicrobiano sintético de amplio espectro, enrofloxacin (1 ml.l⁻¹), y un polivitamínico (1 g.l⁻¹) en el agua de bebida. A los 7 y 14 días de edad se les administraron las vacunas preventivas de Newcastle + Bronquitis Infecciosa y Gumboro, respectivamente.

Al inicio del experimento la temperatura fue de 32 °C y se redujo a razón de 3 °C por semana, hasta alcanzar los 19 °C. El manejo de la temperatura se realizó a lo largo de toda la crianza a través de estufas, aire acondicionado y lámparas infrarrojas de 250 W. El plan de iluminación consistió en brindar 24 h de luz a través de tubos fluorescentes de 52 W.

La mortalidad y observaciones generales de comportamiento se registraron en el transcurso de todo el periodo experimental. Las prácticas de manejo y los protocolos experimentales respetaron las normas de bioseguridad establecidas por la Universidad Nacional del Sur, que se adhieren a su vez a las señaladas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria para la crianza de pollos parrilleros (INTA, 2013).



Dietas experimentales

El experimento se dividió en dos períodos, una primera etapa que abarcó del día 1 al 21, donde los animales recibieron una dieta iniciadora (Tabla 1) y una segunda etapa desde el día 22 hasta los 43 días de edad, en la cual recibieron las dietas experimentales, que fueron isoproteicas e isoenergéticas. El día 22, las aves se dividieron al azar en 24 grupos (tres animales cada uno) alojados en 24 corrales (8 repeticiones por tratamiento). Las dietas asignadas al azar fueron: C: control, P1: polen 1% y P2: polen al 2% (Tabla 2). Durante toda esta etapa se aseguró un 10% de rechazo de alimento. El alimento se suministró *ad libitum* a lo largo de todo el ensayo experimental. Para la preparación de todas las dietas se utilizó una mezcladora “Marion Mixer” fabricada por la Rapids Machinery Company, Marion,

Iowa, Estados Unidos. El polen apícola, proveniente principalmente de flor amarilla (*Diplotaxis tenuifolia* L.), se adquirió en un apiario comercial de la ciudad de Bahía Blanca y presentó un contenido de proteína bruta de 27,43%.

Faena

A los 43 días de edad, ocho animales por tratamiento (1 macho/corral) elegidos al azar fueron pesados (PV de faena), sacrificados luego de un ayuno de 12 horas y desangrados a través del corte manual de la vena yugular. Seguidamente, fueron escaldados, pelados y eviscerados. Las carcasas se refrigeraron a 4 °C por 24 h y se registró su peso (Peso de carcasa fría). Posteriormente, se despostaron y se removieron los cortes comerciales pechuga, pata-muslo, alas y grasa abdominal.



Tabla 1. Ingredientes y composición química de la dieta iniciadora (0-21 días).

Ingredientes (%)	
Maíz	57,00
Expeller de soja	39,00
Fosfato bicálcico	1,00
Conchilla	2,00
DL-metionina	0,20
Lisina HCl	0,10
Sal	0,20
Núcleo vitamínico mineral ¹	0,50
Composición química	
PB (%)	21,89
EM (Kcal.kg ⁻¹)	3178
Calcio (%)	0,959
Fósforo total (%)	0,459
Metionina + Cistina (%)	0,853
Lisina (%)	1,151
Lípidos (%)	5,446
Fibra (%)	2,9613

¹Vitamina A: 8.000.000 UI; vitamina D₃: 500.000 UI; vitamina E: 30.000 UI; vitamina B₂: 3.800 mg; vitamina B₆: 1.800 mg; vitamina B₁: 1.200 mg; vitamina K₃: 1.500 mg; ácido nicotínico: 26.000 mg; ácido pantoténico: 9.000 mg; ácido fólico: 600 mg; biotina: 40 mg; colina: 180 g; vitamina B₁₂: 10.000 µg; cobre 8.500 mg; hierro 50.000 mg; iodo: 1.000 mg; manganeso: 70.000 mg; selenio: 250 mg; cobalto: 200 mg; zinc: 60.000 mg; antioxidante 125 mg; excipiente C.S.P.: 1.000 g.

Tabla 2. Ingredientes y composición química de la dieta terminadora (22-43 días)

Ingredientes (%)	
Maíz	61,00
Expeller de soja	34,48
Fosfato bicálcico	2,30
Conchilla	1,00
DL-Metionina	0,30
Lisina HCl	0,22
Sal	0,20
Núcleo vitamínico mineral ¹	0,50
Composición química	
PB (%)	19,42
EM (Kcal.kg ⁻¹)	3157
Calcio (%)	1,02
Fósforo total (%)	0,51
Metionina + Cistina (%)	0,92
Lisina (%)	1,17
Lípidos (%)	5,25
Fibra (%)	2,78

¹Vitamina A: 8.000.000 UI; vitamina D₃: 500.000 UI; vitamina E: 30.000 UI; vitamina B₂: 3.800 mg; vitamina B₆: 1.800 mg; vitamina B₁: 1.200 mg; vitamina K₃: 1.500 mg; ácido nicotínico: 26.000 mg; ácido pantoténico: 9.000 mg; ácido fólico: 600 mg; biotina: 40 mg; colina: 180 g; vitamina B₁₂: 10.000 µg; cobre 8.500 mg; hierro 50.000 mg; iodo: 1.000 mg; manganeso: 70.000 mg; selenio: 250 mg; cobalto: 200 mg; zinc: 60.000 mg; antioxidante 125 mg; excipiente C.S.P.: 1.000 g.

Parámetros productivos

Se obtuvo el peso vivo inicial (PV inicial) a los 21 días de edad y el peso vivo final de todos los animales (PV final) al día 42. Con estos valores, se calculó la ganancia de peso (GP) a lo largo de todo el período experimental. El consumo de alimento acumulado por animal se

determinó a partir del registro diario de la cantidad ofrecida y rechazada por corral y dividiéndolo por el número de animales. La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) expresa la cantidad de alimento necesaria para obtener un kilogramo de carne y, por lo tanto, se calcula como la relación entre



el consumo acumulado y el peso vivo de los animales.

Rendimiento de carcasa y cortes comerciales

El rendimiento de los cortes comerciales se obtuvo como el cociente entre el peso de cada corte y el peso vivo de faena. Del mismo modo, el rendimiento de la carcasa se expresa como la relación entre el peso de carcasa fría y peso vivo de faena.

Diseño experimental

Los datos productivos y de rendimiento de carcasa y cortes comerciales fueron analizados mediante ANOVA completo al azar utilizando el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011) y la comparación entre valores medios se realizó mediante el test de Diferencia Mínima Significativa (LSD, en inglés) (Fisher, 1935). La unidad experimental fue el corral y la unidad de medida el animal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros productivos

Existen diversos estudios que manifiestan mejoras en el desempeño productivo de los animales con el adición de polen en la dieta (Attia *et al.*, 2011a; Fazayeli-Rad *et al.*, 2015; Abdelnour *et al.*, 2019). Attia *et al.* (2014)

atribuyen los efectos positivos de este aditivo a la variedad de micronutrientes que lo componen, como los flavonoides, vitaminas y minerales, que mejoran la salud y metabolismo de los animales. De acuerdo a Omar *et al.* (2002), los compuestos que poseen propiedades antimicrobianas, como el polen, pueden ser utilizados como promotores de crecimiento, dado que previenen el desarrollo de infecciones subclínicas que podrían comprometer el normal crecimiento de los animales. En el presente experimento, el **peso vivo final** de los animales no mostró diferencias entre los tratamientos ($p > 0,05$) (Tabla 3), resultado que coincide con lo observado por Haščík *et al.* (2012a) y Adhikari *et al.* (2017). Dichos autores no observaron diferencias significativas en el peso al incorporar, de forma combinada, polen con probióticos y polen con propóleos en la dieta de pollos parrilleros. En contraste, Farag & El-Rayes (2016) hallaron un incremento en el peso vivo de animales que recibieron distintos niveles de polen en su dieta (0,2%, 0,4% y 0,6%). Si bien en este último trabajo las dosis empleadas fueron menores, el tiempo de exposición al polen fue mayor dado que se suministró desde el primer día de vida, motivo que podría explicar los diferentes resultados obtenidos en el presente experimento.



Al mismo tiempo, Attia *et al.* (2011b) señalan que el consumo de polen genera un efecto protector sobre la salud intestinal y favorece la inmunidad. En este sentido, Wang *et al.* (2007) probaron que la inclusión de polen en la ración desde etapas tempranas produjo modificaciones en la estructura de las vellosidades intestinales, lo que favoreció la absorción de nutrientes y condujo a un incremento de los parámetros productivos. Similares mejoras en la morfología intestinal obtuvieron Prakatur *et al.* (2019b) ofreciendo el polen a lo largo de toda la vida del animal. De lo expuesto anteriormente, se podría suponer que el tiempo de exposición a este complemento dietario es relevante y ello podría justificar la ausencia de resultados significativos en nuestro ensayo.

La **ganancia de peso** no difirió entre los tratamientos ($p > 0,05$) (Tabla 3), en concordancia con lo expuesto por Oliveira *et al.* (2015) quienes utilizaron dosis similares de polen a las probadas en el presente ensayo. Contrariamente, Rodrigues *et al.* (2018) y Prakatur *et al.* (2019a) demostraron que el suministro de polen y propóleos aumentó significativamente la ganancia de peso. En los mencionados estudios, no solo el tiempo de exposición fue mayor sino que la cantidad ofrecida fueron superiores. De lo

expuesto anteriormente, se podría sugerir que el tiempo y las dosis podrían haber influido sobre los resultados expuestos en este trabajo.

En relación con los parámetros de **consumo** y la **eficiencia de conversión alimenticia** no se hallaron diferencias ($p > 0,05$) (Tabla 3), de acuerdo con lo obtenido por Prakatur *et al.* (2019a). Estos resultados se corresponden parcialmente con lo observado por Hosseini *et al.* en 2016, quienes obtuvieron un mayor consumo y ganancia de peso en animales que recibieron polen en su dieta, atribuido a su habilidad para aportar buen sabor al alimento. No obstante, los mencionados resultados no se vieron reflejados sobre la eficiencia de conversión alimenticia.

Un factor clave a tener en cuenta es el origen vegetal del polen, dado que origina cambios en la composición química del mismo y, en consecuencia, la digestibilidad promedio de los nutrientes (Franchi, 1997). Otro aspecto a considerar es la forma de presentación de los granos de polen, debido a que podría incidir sobre la digestibilidad y funcionalidad. Kieliszek *et al.* (2018) observaron que los granos de polen molidos y disueltos en agua tibia incrementan la disponibilidad de sus nutrientes en un 60 a 80%.

La forma de administración del polen como grano entero utilizada en el presente

ensayo podría haber influido en el aprovechamiento de los nutrientes y, por lo tanto, sobre los parámetros productivos. Según Kostić *et al.* (2020), el origen botánico del polen, sus características químicas, el contenido de los componentes

bioactivos mayoritarios, como polifenoles y carotenoides, y las propiedades antioxidantes deberán ser tenidos en cuenta para entender por completo el impacto de la utilización de polen en matrices alimenticias.

Tabla 3. Parámetros productivos de pollos parrilleros alimentados con distintas dietas durante el periodo comprendido entre los 22 y 43 días de edad.

Variable	Tratamientos				p
	C	P1	P2	EE	
Peso vivo final (g)	3080,54	3052,75	3021,58	71,60	ns
Ganancia de peso (g.animal ⁻¹)	2226,71	2207,79	2167,40	62,60	ns
Consumo total (g.animal ⁻¹)	3885,42	3842,63	3781,75	161,37	ns
ECA (g alimento.g PV ⁻¹)	1,75	1,75	1,76	0,09	ns

C = dieta control; P1 = dieta con agregado de 1% de polen; P2 = dieta con agregado de 2% de polen. ECA: eficiencia de conversión alimenticia. EE = error estándar; ns: diferencias no significativas ($p > 0,05$).

Rendimiento y cortes comerciales

En la Tabla 4 se presentan los resultados referidos al rendimiento de carcasa y cortes comerciales. En el presente experimento, no se encontraron diferencias ($p > 0,05$) en el **peso vivo de faena y rendimiento de carcasa**, en concordancia con lo expuesto por Adhikari *et al.* (2017) y Haščík *et al.* (2015). En contraposición, Attia *et al.* (2014) y Prakatur *et al.* (2020) obtuvieron mayores rendimientos de carcasa al adicionar polen y propóleos en la dieta. El efecto sinérgico entre el polen y el

propóleos evaluado por estos autores podría explicar el incremento en esta variable. Al mismo tiempo, según dichos investigadores, el rendimiento de la carcasa está relacionado con el peso vivo de faena. Por lo tanto, es consistente que en nuestro trabajo no se encontraran diferencias entre los tratamientos.

El **rendimiento de los cortes** no difirió ($p > 0,05$) para los cortes evaluados, coincidiendo con lo expresado por de Oliveira *et al.* (2015) y Adhikari *et al.* (2017) para los rendimientos de pechuga, pata y

muslo. En el mismo sentido, Attia *et al.* (2014) tampoco lograron obtener cambios en la proporción de la grasa abdominal.

El polen puede reducir el contenido lipídico de la carne (Haščík *et al.*, 2012b). En ensayos llevados a cabo con codornices, Seven *et al.* (2016) sugieren que la suplementación con polen incrementaría la relación de ácidos grasos poliinsaturados en la carne. Por lo tanto, podríamos inferir que aun cuando el

rendimiento de los cortes no se viera mejorado, la diferente calidad nutricional de la carne llevaría a un consumo de productos más saludables. La composición de la dieta, frecuencia de alimentación, forma de presentación de los aditivos en la ración diaria y duración de los tratamientos son factores claves que deben ser tenidos en cuenta al momento de diseñar un experimento.

Tabla 4. Peso vivo de faena, rendimiento de carcasa y cortes comerciales en pollos parrilleros a la faena (43 días).

Variable	Tratamientos				
	C	P1	P2	EE	p
Peso vivo de faena (g)	3219,25	3328,25	3217,25	65,59	ns
Rendimiento carcasa fría (% PV)	70,34	70,93	71,49	0,58	ns
Pata-muslo (% PV)	9,77	9,43	9,64	0,24	ns
Pechuga (% PV)	11,39	11,85	12,00	0,36	ns
Alas (% PV)	6,78	6,70	6,77	0,20	ns
Grasa abdominal (% PV)	0,73	0,91	0,69	0,15	ns

C = dieta control; P1 = dieta con agregado de 1% de polen; P2 = dieta con agregado de 2% de polen. PV: peso vivo. EE = error estándar. Medias con letras distintas difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

CONCLUSIÓN

El polen es un producto factible de ser adicionado en la dieta de pollos parrilleros sin perjuicios sobre la producción y la salud del animal. No obstante, se recomienda continuar profundizando en el estudio de

esta temática, a través del uso de diferentes dosis y tiempos de exposición.

La inclusión de polen como aditivo en dietas animales podría representar un nuevo destino para este producto apícola. La bibliografía disponible se concentra en muy pocos países, lo que pone de



manifiesto la importancia de generar información nacional que se adapte a nuestros sistemas de producción. El presente trabajo constituye por lo tanto una fuente de información novedosa en la vinculación entre la producción avícola y los productos apícolas en Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

Abdelnour, S.A.; Abd El- Hack, M.E.; Alagawany, M.; Farag, M.R.; Elnesr, S.S. 2019. Beneficial impacts of bee pollen in animal production, reproduction and health. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 103(2), 477-484.

Adhikari, A.; Adhikari, B.; Dhungana, S. K.; Lee, K.E.; Arun, G.C.; Kang, S.M.; Acharya, M.; Sanjaya, P.; Lee, I. J. 2017. Effect of bee pollen and probiotics on growth performance, organs, and thigh meat pH of broiler Cobb 500. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 79-82.

Andelkovic, B.; Jevtic, G.; Markovic, J.; Mladenovic, M. Peseva, V. 2014. Quality of honey bee bread collected in spring. *Proceedings of the International Symposium on Animal Science*.

Attia, Y.; Al-Hanoun, A.; Bovera, F. 2011a. Effect of different level of bee pollen on performance and blood profile of New Zealand White bucks and growth performance of their offspring during

summer and winter months. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95:17-26.

Attia, Y.; Al-Hanoun, A.; Tag El-Din, A.; Bovera, F.; Shewika, Y. 2011b. Effect of bee pollen levels on productive, reproductive and blood traits of NZW rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 95:294-303.

Attia, Y.A.; Abd Al-Hamid, A.E.; Ibrahim, M.S.; Al-Harhi, M.A.; Bovera, F.; Elnaggar, A.S. 2014. Productive performance, biochemical and hematological traits of broiler chickens supplemented with propolis, bee pollen, and mannan oligosaccharides continuously or intermittently. *Livestock Science*, 164, 87-95.

Baltrušaityte, V.; Venskutons, P.R.; Ceksteryte, V. 2007. Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry* 101, 502-514.

Bobis, O.; Marghitas, L.A.; Dezmirean, D.; Morar, O.; Bonta, V.; Chirila, F. 2010. Quality parameters and nutritional value of different commercial bee products. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 67 (1-2).

Campos, M.G.; Cunha, A.; Markham, K.R. 1997. En: *Bee pollen: composition, properties and application*, by Mizrahi, A.



and Lensky, Y. Eds Plenum Press, New York, p. 93-100.

De Oliveira, M.C.; Loch, F.C.; Montes da Silva, D.; Carneiro Martins, P.; Teixeira, A.S.; Cunha Claro, D. 2015. Uso del polen de abeja en la alimentación de pollos de engorda. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(3), 263-276.

De Oliveira, M.C.; Montes da Silva, D.; Loch, F.C.; Carneiro Martins, P.; Dias, D.M.; Simon, G.A. 2013. Effect of bee pollen on the immunity and tibia characteristics in broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 15:323-327.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2011. InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.

Farag, S.A.; El-Rayes, T.K. 2016. Effect of bee-pollen supplementation on performance, carcass traits and blood parameters of broiler chickens. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11, 168-177.

<https://doi.org/10.3923/ajava.2016.168.177>

Fazayeli-Rad, A.R.; Afzali, N.; Farhangfar, H.; Asghari, M.R. 2015. Effect of bee pollen on growth performance, intestinal morphometry and immune status of broiler chicks. *European Poultry Science*, 79.

Fisher, R. A. 1935. The detection of linkage with "dominant" abnormalities. *Annals of Eugenics*, 6(2), 187-201.

Franchi, G.G. 1997. Microspectrophotometric evaluation of digestibility of pollen grains. *Plant Foods Hum. Nutr.* 50, 115-126, doi:10.1007/BF02436031.

Haščík, P.; Elimam, I.; Garlík, J.; Kačániová, M.; Čuboň, J.; Bobko, M.; Abdulla, H. 2012a. Impact of bee pollen as feed supplements on the body weight of broiler Ross 308. *African Journal of Biotechnology*, 11(89), 15596-15599.

Haščík, P.; Elimam, I.O.E.; Garlík, J.; Kačániová, M.; Bobko, M.; Kňazovická, V.; Bučko, O. 2012b. Chemical composition of muscle after pollen application in nutrition of broiler chickens. *Potravinárstvo*, 6, 26-32.

Haščík, P.; Pavelková, A.; Arpášová, H.; Čuboň, J.; Kačániová, M.; Kunová, S. 2019. The effect of bee products and probiotic on meat performance of broiler chickens. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(1), 88-92.

Hosseini, S.M.; Vakili Azghandi, M.; Anahi, S.; Nourmohammad, R. 2016. Effect of bee pollen and propolis (bee glue) on growth performance and biomarkers of heat stress in broiler chickens reared under high ambient temperature. *Journal of*



Animal and Feed Sciences, 25, 45-51.
<https://doi.org/10.22358/jafs/65586/2016>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2013. Guía para cuidado y uso de animales de experimentación.

Kieliszek, M.; Piwowarek, K.; Kot, A.M.; Blazejak, S.; Chlebowska-Smigiel, A.; Wolska, I. 2018. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. Trends Food Sci. Technol. 71, 170–180, doi:10.1016/j.tifs.2017.10.021

Kostić, A.Ž.; Milinčić, D.D.; Barać, M.B.; Ali Shariati, M.; Tešić, Ž.L.; Pešić, M.B. 2020. The application of pollen as a functional food and feed ingredient - the present and perspectives. Biomolecules, 10(1), 84.

Martin-Muñoz, M.F.; Bartolome, B.; Camiona, M.; Bobolea, I.; García Ara, M.C.; Quirce, S. 2010. Bee pollen: a dangerous food for allergic children. Identification of responsible allergens. Allergologia et immunopathologia, 38, 263-265.
<https://doi.org/10.1016/j.aller.2009.12.003>

Omar, R.E.M.; Mahmoud, E.A.; Karousa, M.M.; Randa, S.A. 2002. Effect of additives propolis and *Nigella sativa* seed oil on some behavioral patterns, performance products and blood parameters in Sasso chickens. Egypt. Poult. Sci. J. 21,140–151.

Pascoal, A.; Rodrigues, S.; Texeira, A.; Feás, X.; Estevinho, L.M. 2014. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. Food Chem Toxicol. 63:233-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2013.11.010>

Pereira de Melo, I.L.; de Almeida-Muradian, L.B. 2010. Stability of antioxidants vitamins in bee pollen samples. Quim. Nova, Vol. 33, No 3, 514-518.

Prakatur, I.; Miškulin, I.; Galović, D., Steiner, Z.; Lachner, B.; Domaćinović, M. 2019a. Performance indicators of broilers fed propolis and bee pollen additive. Poljoprivreda, 25(1), 69-75.

Prakatur, I.; Miskulin, M.; Pavic, M.; Marjanovic, K.; Blazicevic, V.; Miskulin, I.; Domacinovic, M. 2019b. Intestinal morphology in broiler chickens supplemented with propolis and bee pollen. Animals, 9(6), 301.

Prakatur, I.; Miškulin, I.; Senčić, Đ.; Pavić, M.; Miškulin, M.; Samac, D.; Domaćinović, M. 2020. The influence of propolis and bee pollen on chicken meat quality. Veterinarski arhiv, 90(6), 617-625.

Rabie, A.H.; Stino, F.R.; El-Kaiaty, A.M. 2018. Influence of some honey bee products on some haematological and immunological parameters and meat



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

quality in broilers. *Egyptian Poultry Science Journal*, 38(2), 533-549.

Rodrigues, R.B.; Pucci, L.E.A.; Uczay, J.; Molinari, M.; Lazzari, R.; Uczay, M. 2018. Pólen apícola como aditivo em dietas para frangos de corte. *Nativa*, 6(5), 551-556.

Seven, P.T.; Arslan, A.S.; Seven, İ.; Gökçe, Z. 2016. The effects of dietary bee pollen on lipid peroxidation and fatty acids composition of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) meat under different stocking densities. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 487–491.

Wang, J.; Li, S.; Wang, W.; Xin, B.; Wang, H. 2007. Trophic effect of bee pollen on small intestine in broiler chickens. *Journal of Medical Food*. *J Med Food* 10 (2) 2007, 276-280.

Variabilidad genética en familias S1 de la población nativa de
maíz harinoso AMYatytay05



34. Agroalimentos

Variabilidad genética en familias S₁ de la población nativa de maíz harinoso

AMYatytay05

Autora: Montenegro Delvalle, Liz Daniela; lizdmd97@gmail.com

Co-autora: Etiene, Gabriela; gabrielaetiene98@gmail.com

Profesor guía: Machado, Verónica; vm2379337@gmail.com

Universidad Nacional de Itapúa (UNI)

Resumen

La explotación de la varianza genética de dominancia a través de la producción de híbridos es uno de los enfoques del programa de mejoramiento de maíz de la FaCAF. Por ello, los objetivos de la presente investigación están dirigidos al estudio de la variabilidad genética de líneas S₁ de la población nativa AMYatytay05 de *avati morotí* a fin de facilitar la selección de líneas promisorias; y, a través de estudios de parámetros genéticos, estimar las ganancias en selección en los caracteres estudiados. El ensayo se instaló en finca de productor durante la zafra de siembra alternativa 2021, en el distrito de General Artigas, Itapúa, Paraguay, bajo un diseño de bloques completos al azar, con dos repeticiones. Se estudiaron 25 líneas S₁ derivadas de la población nativa AMYatytay05; y tres poblaciones nativas del mismo tipo de maíz: AMYatytay05 (S₀), AMGral. Artigas02 y AMSan Juan del Paraná01, totalizando 28 tratamientos. Se evaluaron los caracteres de mazorca y grano, rendimiento y caracteres relacionados. Se encontró alta variabilidad genética en longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras de grano (HG), número de granos en la hilera (GH), peso de 1.000 granos (PG) y rendimiento de grano (RG). Las estimaciones de heredabilidad fueron altas para longitud de mazorca (0,78), diámetro de la mazorca (0,74), hileras de grano (0,76), granos en la hilera (0,61), peso de 1.000 granos (0,61) y rendimiento de grano (0,78), lo que demuestra la respuesta a la selección. Se seleccionaron 10 líneas S₁ superiores en rendimiento, con las cuales se pasará al siguiente nivel de endocría.

Palabras clave: Líneas S₁, variabilidad, heredabilidad, selección.



Introducción

El *avati morotí* es la raza de maíz más difundida en el Paraguay, presente prácticamente en todas las fincas agrícolas del país. Corresponde al grupo de los maíces amiláceos, siendo el maíz por excelencia con el cual se elabora harina. Razón que explica la denominación de *avati chipa* a este maíz, por el uso principal que se le da a la harina en la preparación de la chipa. Es una raza primitiva que ya habría sido sembrada y seleccionada por los guaraníes pero que se mantiene vigente en todo el país (Angulo, 2017).

Sin embargo, el maíz amiláceo es, por su propia característica, de bajo rendimiento al tener granos con un peso específico inferior al de los otros tipos de maíz, y por la escasa utilización de insumos productivos en fincas. Santiago-López et al. (2017) señalan que una de las alternativas para incrementar la productividad de variedades locales de maíz es el mejoramiento genético, como el uso de cultivares mejorados de maíz harinoso, que aprovechen las condiciones agroclimáticas disponibles.

El maíz es uno de los cultivos más bien estudiados genéticamente, esto resultó en una significativa contribución para el mejoramiento de sus características

agronómicas (Garbuglio, 2007). Aunque ya han sido obtenidos éxitos sustanciales en términos de productividad, existe una gama de posibilidades para el mejoramiento, así la búsqueda de ganancias adicionales a través de la selección, han sido complementados con esfuerzos para mejoramiento de caracteres agronómicos importantes que, directa o indirectamente, tendrán influencia en el rendimiento total del cultivo (Araújo, 1992).

La selección recurrente es un método importante en programas de mejoramiento de maíz, pudiendo ser definida como la selección sistemática de individuos deseables de una población, seguida por la recombinación de los individuos seleccionados para formar una nueva población (Fehr, 1987).

La variabilidad genética es el factor primordial para el éxito de un programa de mejoramiento, siendo que, en el maíz, gran parte de los esfuerzos están concentrados en los caracteres cuantitativos (Garbuglio, 2007).

La explotación de la varianza genética de dominancia, es decir, explotar la heterosis a través de la producción de híbridos es uno de los enfoques del programa de mejoramiento de maíz de la Facultad de



Ciencias Agropecuarias y Forestales (FaCAF). Para ello, el proceso comprende el desarrollo de líneas autofecundadas, las cuales deben evaluarse, por un lado, como línea propiamente para conocer sus características agronómicas y de producción.

Objetivos

Estudiar la variabilidad genética a través de caracteres agronómicos en líneas S_1 generadas de la población nativa AMYatyty05 de maíz *avati morotí* a fin de facilitar la selección de aquellas promisorias; y, a través de estudios de parámetros genéticos, estimar las ganancias en selección en los caracteres estudiados.

Materiales y métodos

Las líneas evaluadas provienen de la población nativa denominada AMYatyty05, colectada en el distrito de Yatytay en 2014. Éstas fueron generadas en los dos lotes de regeneración de la población AMYatyty05, establecidos en el ciclo 2019/20 en San Juan del Paraná.

El experimento se estableció en la finca del Sr. Ramón Acuña, localizada en el distrito de General Artigas, departamento de Itapúa, Paraguay (26°57'22,32"S y longitud 56°15'11,58"O) a 259 msnm. La

investigación en campo se desarrolló entre enero y junio de 2021, correspondiente a la zafra de siembra alternativa del cultivo o zafriña e identificada con la letra a. La cantidad de precipitación registrada durante el desarrollo del ensayo fue de 769,0 mm

Se evaluaron 25 líneas S_1 , más la población nativa AMYatyty05 (S_0), de la cual se generaron las líneas; y dos poblaciones nativas del mismo tipo de maíz: AMGral. Artigas02 y AMSan Juan del Paraná01, como materiales de referencia, totalizando 28 tratamientos. El ensayo se analizó bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con dos repeticiones.

Dentro de caracteres de mazorca y grano las variables evaluadas fueron longitud y diámetro de mazorca, número de hileras de grano y granos en la hilera; en cuanto a rendimiento y caracteres relacionados se evaluaron porcentaje de granos en la mazorca, peso de 1.000 granos y rendimiento.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el programa estadístico *InfoStat*® versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020) y para las variables que resultaron con diferencias significativas se procedió a

la separación de medias con la prueba de Scott & Knott (1974) al 5% de probabilidad de error. Para las variables que presentaron significancia entre tratamientos, se estimaron los parámetros genéticos descritos en Cruz (2010) y en Vencovsky y Barriga (1992), tales como la varianza genotípica entre medias de las progenies, varianza fenotípica, el coeficiente de heredabilidad en sentido amplio para las medias de las líneas, el coeficiente de variación genética, el índice de variación y la ganancia esperada de la selección.

Resultados y discusión

Los cuadrados medios para los caracteres de mazorca y grano se observan en la Tabla 1.

Los coeficientes de variación para estas variables variaron de 8,57% a 12,12%, valores que pueden considerarse normales. Los cuatro caracteres registraron diferencias estadísticas altamente significativas por la prueba de F. Por los resultados obtenidos se puede inferir que existe alta variabilidad genética entre las líneas S₁ para los caracteres de mazorca y grano.

Tabla 1. Cuadrados medios obtenidos por el análisis de varianza con relación a variables de mazorca y grano. General Artigas 2021a.

FV	GL	Cuadrado Medio			
		LM	DM	HG	GH
Línea S ₁	24	5,84 **	0,35 **	4,54 **	20,76 **
Error	24	1,28	0,09	1,09	8,12
CV(%)		9,28	9,66	8,57	12,12
Prom S ₁		12,2	3,1	12,2	23,5
Prom Yat05 (S ₀)		15,0	4,4	13,0	30,2
Prom Art02		15,8	3,3	12,7	30,0
Prom SJP01		14,4	3,0	12,3	25,5

** Significativo al 1% de probabilidad por la prueba de F.

LM: Longitud de mazorca (cm); DM: Diámetro de mazorca (cm); HG: Hileras de grano (n°); GH: Granos en la hilera (n°).

Resultados similares en variabilidad genética en longitud de mazorca (LM) y granos en la hilera (GH) fueron encontrados por (Machado, Arenas y Miranda, 2018), así como los correspondientes a los cuatro caracteres

coinciden con los hallados por (Ferrari, 2017).

También Garbuglio (2007) en la evaluación de líneas S_1 provenientes de siete poblaciones de maíz encontró alta variabilidad genética en los caracteres longitud y diámetro de mazorca.

La Tabla 2 muestra los valores de los cuadrados medios obtenidos para las variables rendimiento y caracteres relacionados.

Tabla 2. Cuadrados medios obtenidos por el análisis de varianza de variables de rendimiento y caracteres relacionados. General Artigas 2021a.

FV	GL	Cuadrado Medio		
		GM	PG	RG
Línea S_1	24	64,23 ^{ns}	6496,78 ^{**}	290213,42 ^{**}
Error	24	45,38	2547,62	62514,25
CV/(%)		9,16	24,48	28,21
Prom S_1		73,6	206,2	886,3
Prom Yat05 (S0)		79,9	311,3	3123,7
Prom Art02		71,0	209,6	1225,4
Prom SJP01		74,5	254,9	1072,5

** Significativo al 1% de probabilidad por la prueba de F.

GM: Grano en la mazorca (%); PG: Peso de 1000 granos (g); RG: Rendimiento de grano (kg/ha).

De las tres variables analizadas, el porcentaje de granos en la mazorca (GM) resultó con diferencias estadísticas no significativa entre las líneas S_1 , en tanto que el peso de 1000 granos (PG) y el rendimiento de grano (RG) resultaron con diferencias estadísticas altamente significativas por la prueba de F, demostrando la alta variabilidad genética entre las líneas para estos dos caracteres, condición muy favorable para el mejoramiento.

Los resultados para rendimiento coinciden con los hallados por Garbuglio (2007), quien para peso de espiga encontró también alta variabilidad genética en todos

los grupos de líneas que evaluó. Sin embargo, (Machado et al., 2018) en el trabajo de evaluación de líneas S_1 de diferentes poblaciones de maíz amiláceo no observaron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento, cuando el análisis fue realizado usando los datos del promedio de diferente número de líneas provenientes de cada población. Sin embargo, al analizar el número completo de líneas de cada población el rendimiento resultó con alta variabilidad genética (Machado, Arenas y Miranda, 2019) coincidiendo con los resultados de este trabajo.

En cuanto a los valores de los coeficientes de variación para PG y RG, 24,48% y 28,21%, respectivamente, hay que considerar que se trata de líneas S₁ de maíz harinoso en época alternativa y con alto déficit de humedad en los momentos claves del desarrollo del cultivo; por lo tanto, es de esperarse que estos valores sean mayores que en época normal para este tipo de maíz.

En la Tabla 3 se presentan las estimaciones de los parámetros genéticos para la población en estudio, las

condiciones en las que se desarrolló el estudio evidenciaron que en general todos los caracteres revelaron altas estimaciones de heredabilidad.

La heredabilidad es el mejor parámetro para hacer cualquier inferencia sobre el éxito en mejoramiento de un carácter dado (Gomes, Pinho, Ramalho, Ferreira, y Brito, 2004).

En el presente estudio, la heredabilidad varió de 0,61 a 0,78, entre los caracteres evaluados.

Tabla 3. Parámetros genéticos estimados para seis variables en 25 líneas S₁ originadas de la población nativa AMYatytay05 de maíz *avati morotí*. General Artigas 2021a.

Variable	Parámetro genético				
	σ^2_g	σ^2_f	h^2	CV_g	b
LM	2,28	2,92	0,78	12,40	1,10
DM	0,13	0,18	0,74	11,46	1,09
HG	1,73	2,27	0,76	10,77	1,12
GH	6,32	10,38	0,61	10,69	0,94
PG	1.974,58	3.248,39	0,61	21,55	0,94
RG	113.849,59	145.106,71	0,78	38,07	1,16

σ^2_g : Variancia genotípica; σ^2_f : Variancia fenotípica; h^2 : Heredabilidad en sentido amplio; CV_g : Coeficiente de variación genético (%); b : Índice de variación; AP: Altura de planta (cm); AM: Altura de mazorca (cm); LM: Longitud de mazorca (cm); DM: Diámetro de mazorca (cm); HG: Hilera de grano (n°); GH: Granos en la hilera (n°); PG: Peso de 1000 granos (g); RG: Rendimiento de grano (kg/ha).

El valor de la heredabilidad de 0,78 observado para rendimiento en este estudio casi coincide con lo obtenido por (Machado et al., 2019) que fue de 0,73; pero en el caso de peso de 1.000 granos de 0,61 resultó bastante inferior al valor de 0,81 registrado por los mismos autores. Los valores de h^2 para LM y DM resultaron

superiores en este trabajo comparados a los valores observados por (Machado et al., 2019) para estos caracteres.

En la evaluación de líneas S₁ provenientes de diez poblaciones criollas de maíz, Ferrari (2017) registró un valor promedio de h^2 de 0,15, con valores variando entre 4,27

y 20,26 entre las poblaciones para el carácter peso de mazorca, valores muy por debajo de lo registrado en este trabajo. Sin embargo, Garbuglio, Miranda Filho, y Cella (2009), encontraron para el mismo carácter, valores variando entre 0,89 y 0,94 en las líneas de siete poblaciones estudiadas.

Por otro lado, los valores de h^2 registrados por Garbuglio et al. (2009) para LM (entre 0,77 y 0,88); y, DM (0,75 y 0,92) fueron relativamente similares a los hallados en este estudio.

El índice de variación b representa una información adicional para el mejorador con relación a la selección de familias. De acuerdo con Vencovsky y Barriga (1992), valores de b por encima de 1,0 indican una

situación muy favorable para la selección. En este estudio, los valores de b para todos los caracteres evaluados, excepto GH y PG, cumplen con esta condición.

El valor de la ganancia genética en base a la presión de selección (40%) para

rendimiento de grano estimado en esta investigación, predice un incremento de 33,78%, que equivale a un incremento de 381,60 kg/ha con la fracción seleccionada (10 líneas de las 25 evaluadas), con respecto al promedio general.

En la Tabla 4 se presentan los valores promedios de la fracción seleccionada, el promedio general, el diferencial de selección y la ganancia de selección en seis variables estudiadas.

Tabla 4. Valores promedios de seis variables en la fracción seleccionada (40%) y general, diferencial de selección y ganancia de selección, en 25 líneas S_1 originadas de la población nativa AMYatytay05 de maíz *avati morotí*. General Artigas 2021a.

Variable	Línea S_1			
	Prom S_1 Selec.	Prom General	Dif Selección	Gan Selección (%)
LM	13,13	12,18	0,96	6,13
DM	3,50	3,15	0,36	8,39
HG	11,80	12,20	-0,40	-2,49
GH	25,37	23,51	1,86	4,82
PG	251,35	206,17	45,18	13,34
RG	1.267,90	886,30	381,60	33,78

AP: Altura de planta (cm); AM: Altura de mazorca (cm); LM: Longitud de mazorca (cm); DM: Diámetro de mazorca (cm); HG: Hileras de grano (n°); GH: Granos en la hilera (n°); PG: Peso de 1000 granos (g); RG: Rendimiento de grano (kg/ha).

Debido a que el número de líneas S_1 evaluadas en este trabajo no fue muy alto,

se tomó la decisión de usar una presión de selección de 40%, un nivel relativamente



alto, de tal manera a no descartar algunas líneas que pueden contener características de calidad deseables, que por las condiciones ambientales no pudieron ser evaluadas. Como criterio crítico de selección se usó la variable rendimiento.

El valor de 33,78% es superior al valor de 29,55% registrado por Machado et al. (2019), quienes usaron una presión de selección de 20%, cuando evaluaron líneas provenientes de 14 poblaciones nativas de maíz harinoso.

En cuanto a los caracteres relacionados al rendimiento, como los de mazorca y grano, con excepción de número de hileras de grano, también incrementaron el valor de sus promedios en la fracción seleccionada. El valor promedio de la ganancia de selección fue mayor en LM, DM y PG en este estudio, comparado con el valor para los mismos caracteres (4,82%, 3,99% y 8,56%) registrado por Machado et al. (2019).

Conclusiones

Se presenta una alta variabilidad genética en los caracteres de mazorca y rendimiento siendo esto una condición muy favorable para la selección de características deseables.

El valor de la estimación de heredabilidad de 0,78 para rendimiento (kg/ha) indica que puede esperarse respuesta a la selección.

Con base en la presión de selección ejercida se han seleccionado 10 líneas S₁ del maíz harinoso superiores en rendimiento, con las que se obtiene un incremento de 33,78% con respecto al promedio general; las cuales pasarán al siguiente nivel de endocria.

Bibliografía

- Angulo, P. (2017). El maíz en Paraguay: Informes especiales N° 12. Asunción: BASE Investigaciones Sociales.
- Araújo, P. (1992). Variabilidade genética em subpopulações de milho (*Zea mays* L.) obtidas por seleção divergente (Dissertação de mestrado). 153. Piracicaba, São Paulo, Brasil: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- Cruz, C. (2005). Principios de Genética Cuantitativa. Viçosa: Editora UFV.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2020). InfoStat versión 2020. Córdoba, Argentina: Centro de Transferencia InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba
- Fehr, W. (1987). Principles of cultivar development. Nueva York: Macmillan.
- Ferrari, M. (2017). Biometria e estratégias de seleção em progênies S₁ de milho crioulo (Tesis Mestrado). 109.



- Pelotas, Brasil: Universidade Federal de Pelotas.
- Garbuglio, D. (2007). Variabilidade genética em progênies S1 e depressão por endogamia em populações de milho (*Zea mays* L.) (Tesis Mestrado). 135. Piracicaba, Brasil: Universidade de São Paulo.
- Garbuglio, D., Miranda Filho, J., & Cella, M. (2009). Variabilidade genética em famílias S1 de diferentes populações de milho. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 31(2), 209-213.
- Gomes, M., Pinho, R., Ramalho, M., Ferreira, D., & Brito, A. (2004). Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(9), 879-885.
- Machado, V., Arenas, C., & Miranda, D. (2018). Depresión por endogamia en líneas S1 generadas de 14 poblaciones nativas de maíz harinoso. *Revista sobre Estudios e Investigaciones del Saber Académico*, UNI, 12(12), 88-99.
- Machado, V., Arenas, C., & Miranda, D. (2019). Estimación de parámetros genéticos y selección de líneas S1 derivadas de diferentes poblaciones nativas de maíz harinoso. En F. d. Universidad Nacional de Concepción, Libro de Resúmenes (págs. 79-82). Concepción, Paraguay.
- Santiago-López, N., García-Zavala, J., Mejía-Contreras, A., Espinoza-Banda, A., Santiago-López, U., Esquivel-Esquivel, G., y Molina-Galán, J. (2017). Rendimiento de grano de poblaciones de maíz Tuxpeño adaptado a Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(1), 147-158.
- Scott, A., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30(3), 507-512.
- Vencovsky, R., & Barriga, P. (1992). Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, Brasil: Sbg.

Calidad nutricional y diversidad del patrón alimentario de
estudiantes universitarios y graduados de la carrera de grado de
Nutrición



D.35. Atención primaria de la salud

Calidad nutricional y diversidad del patrón alimentario de estudiantes universitarios y graduados de la carrera de grado de Nutrición

Autora: Telis, María Sol; sol.telis@uner.edu.ar

Profesor guía: Britos, Sergio; sergio.britos@uner.edu.ar

Universidad Nacional de Entre Ríos

RESUMEN

Uno de los factores de riesgo que contribuye a la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles es la alimentación inadecuada. Los profesionales del área de Nutrición tienen un rol fundamental en el abordaje del factor alimentario. Por ello, se consideró necesario evaluar la calidad y diversidad de dieta de los estudiantes universitarios y graduados de Nutrición, para conocer en qué medida sus prácticas alimentarias eran adecuadas. Se realizó un estudio cuantitativo, observacional, descriptivo de corte transversal y retrospectivo en 695 participantes, de los cuales 207 fueron estudiantes ingresantes, 318 estudiantes avanzados y 170 graduados. Los resultados mostraron que los estudiantes ingresantes tenían una calidad y diversidad de dieta media, al igual que los avanzados, de los cuales una gran parte presentó una calidad alta. Los graduados presentaron una calidad de dieta alta y una diversidad media. Los grupos de alimentos más consumidos de forma diaria entre los

estudiantes y graduados fueron pan, hortalizas, frutas, leche, huevo, aceite, azúcar y dulces; y los menos consumidos fueron las legumbres y pescados. La proporción de estudiantes y graduados que consumía hortalizas no resultó baja, sin embargo, menos de la mitad lo hacía a diario. Asimismo, el consumo de carnes y huevo en estudiantes y graduados excedió las recomendaciones establecidas por las Guías Alimentarias para la Población Argentina. Se concluyó que gran parte de los encuestados necesitan modificar sus prácticas alimentarias, para así mejorar la calidad y diversidad de la dieta. Esta investigación permitió conocer aspectos contextualizados acerca de la calidad y diversidad de la alimentación de estudiantes y graduados de Nutrición, necesarios para diseñar y ejecutar acciones de promoción en salud.

Palabras claves: Calidad de Dieta, Diversidad Alimentaria, Estudiantes Universitarios

INTRODUCCION

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) junto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) han declarado que la malnutrición y la degradación del medio ambiente y los recursos naturales constituyen dos de los principales desafíos actuales (2020). La malnutrición abarca problemas asociados a una alimentación deficiente, de mala calidad nutricional o excesiva (FAO, 2019). Reconociendo que la alimentación inadecuada es uno de los principales factores de riesgo que contribuye a la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), es importante centrarse en intervenciones para reducir la prevalencia de estos factores de riesgo (OMS y OPS, 2012). Según la 2° Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNyS), en Argentina los cambios en los patrones de consumo de alimentos siguen la tendencia mundial (2019). Los resultados de dicha encuesta advierten que la calidad de dieta de la población argentina es pobre, monótona y de baja densidad de nutrientes, y la composición de los menús del patrón alimentario se limita a unos 50 productos siendo que la recomendación es el doble. Entre los productos de mayor consumo se destacan pan, carne vacuna, bebidas y alimentos azucarados. Por otra parte, leche, yogur, queso, verduras y frutas son los grupos de alimentos menos consumidos (Britos, 2012; GAPA, 2016).

En vista a esto, la OMS y otras organizaciones recomiendan que los escenarios donde transcurre la vida de las personas ayuden a promover la salud. Un importante sector de la población pasa parte de su día en la universidad. El Ministerio de Salud de la Nación en su documento Manual de Universidades Saludables ha establecido como uno de sus tres ejes de acción la promoción de una alimentación saludable (MSAL, 2012). Para algunos estudiantes, la universidad es la última instancia de educación formal que puede contribuir a la adquisición de estilos de vida saludables. La etapa universitaria es un período importante que merece especial atención, ya que conlleva grandes cambios en la vida de los estudiantes, que van desde separarse de su familia, vivir fuera de casa, tener que asumir la responsabilidad de comprar y cocinar, adaptarse a nuevas normas y niveles elevados de estrés (Pérez-Gallardo, Mingo, Bayona, Ferrer, Márquez, Ramírez y Navas, 2015), sumado a la diversidad de actividades académicas que deben cumplir. Esto convierte a los estudiantes en una población vulnerable desde el punto de vista nutricional (López et al, 2003), ya que, dentro de estos cambios, llevar una alimentación adecuada se vuelve una actividad que compite y algunas veces puede verse secundarizada (Brown, 2006), lo que conduce a un desmejoramiento de su calidad de vida y a la adquisición de hábitos pocos saludables.

Frente a la identificación de la alimentación inadecuada como factor que contribuye de manera importante a la creciente prevalencia de la malnutrición, cobra gran importancia el rol de los profesionales de la salud, principalmente los especializados en nutrición, ya que estos son responsables de abordar el factor alimentario a través de la promoción de prácticas y hábitos alimentarios saludables. Su rol se orienta a proponer, innovar y mejorar la calidad de la alimentación de los individuos y poblaciones, en pos de promover la salud y prevenir posibles enfermedades asociadas a la alimentación. En este contexto, es importante indagar la medida en que las propias prácticas alimentarias de los futuros y actuales profesionales de la nutrición son adecuadas. Por lo anteriormente mencionado surge el siguiente interrogante: *¿Cuál es la calidad nutricional y diversidad del patrón alimentario de estudiantes universitarios y graduados de carreras de Nutrición?*

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la calidad nutricional y diversidad del patrón alimentario en una muestra de estudiantes universitarios y graduados de carreras de Nutrición.

Objetivos Específicos

1-. Describir el patrón alimentario de estudiantes universitarios y graduados de carreras de Nutrición.

2-. Evaluar la calidad nutricional del patrón alimentario de estudiantes universitarios y graduados de carreras de Nutrición.

3-. Evaluar la diversidad del patrón alimentario de estudiantes universitarios y graduados de carreras de Nutrición.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, observacional, descriptivo de corte transversal y retrospectivo.

Selección de casos

La selección de la muestra fue de tipo no probabilística en cadena. La convocatoria fue realizada en el mes de agosto de 2021, a través de las diferentes carreras de nutrición (42), por contacto directo con los coordinadores y plantel docente, a quienes se los invitó a través de una nota a comunicar y difundir la encuesta a sus estudiantes y graduados. Se seccionó a la muestra en tres grupos: estudiantes ingresantes (primer a segundo año), estudiantes avanzados (tercer a quinto año) y graduados de Nutrición. El universo quedó constituido por un total de 695 participantes, de los cuales: 207 correspondieron a estudiante universitarios ingresantes, 318 a estudiantes universitarios avanzados y 170 a graduados.

Método de recolección de datos

La recolección de los datos se realizó mediante un formulario web auto-administrado de la plataforma Google

Forms. El mismo se conformó por un Cuestionario Sociodemográfico, que comprendía preguntas sobre género, edad, residencia, convivencia trabajo de los encuestados, y un Cuestionario de Frecuencia de Consumo Alimentario. A su vez se incluyó una pregunta de percepción de la calidad de su propia dieta. El CFCA se elaboró a partir de un Cuestionario de Frecuencia de Consumo validado por Zapata, Buffarini, Lingardi y Goncalves-Soares (2015). El CFCA quedó conformado por una lista de 38 alimentos y grupos de alimentos consumidos en Argentina, en donde se debía indicar la frecuencia de consumo de los mismos en el último año, con una frecuencia de: Nunca o casi nunca, todos los días, 5 o 6 veces por semana, 3 o 4 veces por semana, 1 o 2 veces por semana, 2 o 3 veces por mes y 1 vez por mes; la cantidad de **ocasiones** en el día en el cual consumían dicho alimento siendo: 1, 2 3, 4 o más de 4 ocasiones; y, por último, la **porción**, la cual se encontraba indicada en equivalencias caseras y gramos para reducir el posible sesgo de mala interpretación de las cantidades.

Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron editados y cargados en Microsoft Excel 2016. Con la información obtenida se elaboró una matriz de datos y se realizó un análisis univariado de los mismos. Para determinar la Calidad Nutricional del patrón alimentario se empleó el Índice de Calidad de Dieta

desarrollado en el Trabajo Final Integrador de la Lic. IGUAL Catalina (UNER, 2018), el cual toma como referencia el Índice de Alimentación Saludable (HEI). En dicho trabajo se adaptó el diseño del HEI a las características propias del patrón alimentario argentino y a las recomendaciones de las Guías Alimentarias para la Población Argentina (GAPA). El ICD se conformaba por un componente de adecuación, el cual se constituía por los siguientes indicadores: 1) Hortalizas; 2) Frutas; 3) Lácteos (leche, yogur y queso); 4) Carnes y huevos; 5) Granos, cereales integrales y legumbres; y 6) Agua, y por un componente de moderación que se conformaba por los indicadores: 1) Ingesta de almidones bajos en fibra; 2) Ingesta de sodio; e 3) Ingesta de kilocalorías dispensables. Todos los componentes recibieron un puntaje máximo de 10 puntos, a excepción del componente de kilocalorías dispensables, que tuvo una puntuación máxima de 20 puntos. El índice categorizaba la calidad de la dieta en dieta **baja**, **media** y **alta**, con un rango de puntaje de <32,99, 33,00 a 65,99 y >66,00 respectivamente. Para determinar la Diversidad Alimentaria se empleó un Índice de Diversidad Alimentaria entre Grupos de Alimentos, el cual se construyó tomando como referencia el Puntaje de Diversidad Alimentaria desarrollado por la FAO (2013). El mismo se construyó tomando en cuenta el consumo de 9 grupos de alimentos: 1) Féculas, 2) Legumbres, 3) Hortalizas, 4) Frutas, 5)

Lácteos, 6) Carnes, 7) Pescados, 8) Huevo, y 9) Aceite y frutos secos, los cuales se componían de alimentos individuales, a excepción del grupo de frutas, legumbres y huevo. A cada grupo se le asignó la calificación total de un punto. La asignación del puntaje se efectuaba teniendo en cuenta la frecuencia de consumo y la porción. Es por eso que, al definir la frecuencia de consumo, la misma debía ser de mínimo 3 o 4 veces por semana a excepción del grupo de carnes y pescado que debía ser de 1 o 2 veces por semana. En cuanto a las porciones, se estableció una porción mínima para cada grupo. Con estas calificaciones se generó el Índice de Diversidad entre grupos de alimentos haciendo una sumatoria de las calificaciones asignadas al consumo de cada grupo de alimento, por lo que la calificación máxima posible fue de 9, y la mínima de 0. Posteriormente, el índice fue clasificado en tres categorías con la siguiente distribución de puntaje: **baja** diversidad (< a 3,9 puntos), **diversidad media** (4,0 a 6,9 puntos) y **alta** diversidad (> a 7,0 puntos).

Aspectos éticos

Para la realización de esta investigación se tuvieron en cuenta los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki. Para ello, se utilizó un consentimiento informado, el cual se encontraba al inicio del cuestionario, y aseguraba que las respuestas serían anónimas y se tratarían con confidencialidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización sociodemográfica

La Tabla 1 resume las características sociodemográficas de las 695 personas que participaron del estudio, de las cuales el 75,5% fueron estudiantes universitarios y el 24,5% graduados de Nutrición. La mayoría de las personas encuestadas se identificaron con el género femenino y refirieron estar conviviendo con su familia, principalmente en la provincia de Buenos Aires. También se observó que la mayoría de los estudiantes eran jóvenes (21 a 25 años) y no trabajaban, mientras que los graduados eran adultos (35 años) y si trabajaban.

Tabla 1.

Caracterización sociodemográfica de los estudiantes y graduados de Nutrición.

Datos sociodemográficos	E. ingresantes	E. avanzados	Graduados
Género (n-%)			
Femenino	189 (91,30%)	297 (93,40%)	166 (97,65%)
Masculino	16 (7,73%)	21 (6,60%)	4 (2,35%)
Prefiero no decirlo	2 (0,97%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)
Edad en años (M-DE)	21,67 ± 4,62	24,99 ± 5,07	35,04 ± 8,10

Lugar de residencia (n-%)			
Buenos Aires	84 (40,58%)	133 (41,82%)	62 (36,47%)
CABA	26 (12,56%)	45 (14,15%)	16 (9,41%)
Entre Ríos	20 (9,66%)	42 (13,21%)	40 (23,53%)
Otras	77 (37,20%)	98 (30,82%)	52 (30,59%)
Grupo conviviente (n-%)			
Con familia	172 (83,09%)	227 (71,38%)	100 (58,82%)
Con pareja	15 (7,25%)	49 (15,41%)	48 (28,24%)
Solo/a	16 (7,73%)	35 (11,01%)	22 (12,94%)
Otro	4 (1,93%)	7 (2,20%)	0 (0,00%)
Actividad principal (n-%)			
Con trabajo	68 (32,85%)	129 (40,57%)	157 (92,35%)
Sin trabajo	138 (66,67%)	188 (59,12%)	13 (7,65%)
Emprendedores	1 (0,48%)	1 (0,31%)	0 (0,00%)

Otro de los aspectos indagados fue la **percepción de la calidad nutricional de la dieta**. Se solicitó que los encuestados clasificaran su propia calidad de dieta, con alguna de las siguientes categorías: muy mala calidad de dieta, mala calidad de dieta, regular – necesita cambios, buena calidad de dieta y muy buena calidad de dieta. En el caso de los **estudiantes ingresantes**, aproximadamente la mitad (48,79%; n=101) percibieron que su calidad de dieta era regular y que necesitaba cambios, seguido de un 37,20% (n=77) que percibieron que tenían una dieta de buena calidad. En contraposición, la mayoría de los **estudiantes avanzados** (51,57%; n=164) indicaron que tenían una buena dieta, mientras que un 36,16% (n=115) la categorizaron como regular. Por otra parte, el mayor número de los **graduados** (61,18%; n=104) refirieron que su calidad de dieta era buena, mientras que casi un 16% de los mismos (n=27) consideraron que tenían muy

buena calidad de dieta. Se pudo observar que la percepción de la calidad y la calidad real de la misma coincidieron en los 3 grupos encuestados. Esto difiere de los resultados obtenidos en el estudio realizado por López Torres, Navia y Ortega (2017), el cual concluyó que, en términos generales, en la población estudiada la percepción de la calidad de la dieta y la calidad real de la misma no coinciden. Una de las razones que podría explicar esta diferencia de hallazgos es que los encuestados poseen conocimientos sobre alimentación, lo que podría darles herramientas a la hora de evaluar la calidad de su propia alimentación.

Descripción del patrón alimentario

Cereales, hortalizas feculentas y legumbres

En el mensaje 8 de las GAPA se recomienda consumir legumbres, cereales integrales, papa, batata, choclo o mandioca de forma diaria. El consumo de **arroz, fideos y polenta**

presentó el siguiente patrón: alrededor del 36% de los estudiantes ingresantes y avanzados indicaron hacerlo de 1 a 2 veces por semana, y aproximadamente un 35% de los mismos lo hace de 3 a 4 veces por semana. Respecto a los graduados, casi la mitad consumieron estos alimentos en una frecuencia semanal de 1 a 2 veces, en tanto un 27% lo hicieron de 3 a 4 veces por semana. La porción promedio de consumo fue de aproximadamente 50 gramos crudos, lo que equivale a un plato cocido. En cuanto a las **hortalizas feculentas**, las frecuencias de consumo más mencionadas por los estudiantes ingresantes fueron la de 3 a 4 veces por semana (36%) y la de 1 a 2 veces por semana (36%). En cuanto a los avanzados, la mitad las consume de 1 a 2 veces por semana, al igual que los graduados. La porción media de consumo fue de aproximadamente 180 gramos, lo que equivale a $\frac{1}{2}$ plato. En relación al consumo de **pan**, aproximadamente el 30% de los ingresantes refirieron consumirlo de 3 a 4 veces por semana, mientras que un 20% lo hicieron a diario. Los estudiantes avanzados lo hicieron en una frecuencia diaria (30%) y un porcentaje menor (21%) lo hizo de 3 a 4 veces por semana. Cerca de una cuarta parte de los graduados indicaron consumirlo de 3 a 4 veces por semana y casi un 24% todos los días. La porción de consumo promedio fue de aproximadamente 50 gramos, lo que equivale a un miñón o 2 rodajas de pan de molde. Una cuarta parte de los ingresantes refirió

consumir **legumbres** de 1 a 2 veces por semana, seguido de un 21% que refirió hacerlo de 2 a 3 veces por mes. Por lo que concierne a los avanzados, el patrón de consumo fue el siguiente: un 32% señalaron consumirlas entre 1 a 2 veces por semana, mientras que casi un 20% lo hicieron en una frecuencia mensual de 2 a 3 veces. A su vez, la mayoría de los graduados (39%) las consumieron entre 1 a 2 veces por semana. La porción media de consumo fue de aproximadamente 50 gramos crudos, lo que equivale a menos de 1 plato. Se destaca que alrededor del 9% de los estudiantes y graduados refirieron no consumirlas nunca o casi nunca. Los encuestados no alcanzaron las frecuencias de consumo recomendadas para las legumbres, al igual que en la investigación realizada por Fortino et al (2020) y el estudio ELANS (2019).

Hortalizas no feculentas y frutas

El mensaje 3 de las GAPA recomienda consumir frutas y verduras a diario. Sobre el consumo de **hortalizas no feculentas**, alrededor del 30% de los ingresantes refirieron consumirlas a diario y otro 30% indicaron hacerlo de 3 a 4 veces por semana. Respecto a los estudiantes avanzados, cerca del 36% las consumieron a diario, mientras que casi un 24% lo hicieron entre 3 a 4 veces por semana. En los graduados, precisamente el 40% refirió consumirlas todos los días, seguido de un 28% que lo hizo de 3 a 4 veces por semana. Se destaca que casi el 10% de los graduados lo hizo solamente de 1 a 2

veces por semana. La porción media de consumo para hortalizas crudas fue de aproximadamente 100 gramos ($\frac{1}{2}$ plato) y para hortalizas cocidas de 150 gramos ($\frac{1}{2}$ plato). En cuanto al consumo de **frutas**, alrededor de la mitad de los estudiantes ingresantes las consumieron todos los días, al igual que los avanzados y los graduados. La porción promedio de consumo fue de aproximadamente 210 gramos, lo que equivale a 1 fruta grande. El consumo diario promedio de hortalizas, fue de 1,3 porciones para los estudiantes ingresantes; 1,4 porciones para los estudiantes avanzados, y 1,5 porciones para los graduados, y el de frutas fue de 3,5 porciones, tanto en los estudiantes como en los graduados. Estos resultados no coinciden con lo reportado por la 4° ENFR (2019), en donde el promedio nacional de porciones de frutas o verduras consumidas por persona fue de 2 porciones diarias, y el mayor promedio se presentó en las personas con un nivel educativo más alto.

Leche, yogur y quesos

El mensaje 6 de las GAPA recomienda consumir diariamente leche yogur o queso. En cuanto al consumo de **leche**, alrededor del 36% de los ingresantes refirieron hacerlo a diario, mientras que cerca de una cuarta parte no lo hicieron nunca o casi nunca. De igual modo, aproximadamente el 40% de los graduados la consumieron a diario y casi un 26% nunca o casi nunca. En cuanto a los estudiantes avanzados, casi la mitad la consumieron todos los días, y un porcentaje

menor (13%) lo hicieron en una frecuencia semanal de 3 a 4 veces. La porción promedio de consumo fue de aproximadamente 180 ml. En el caso del **yogur sin agregados**, más de la mitad de los ingresantes refirieron no consumirlo nunca o casi nunca, al igual que los estudiantes avanzados y casi la mitad de los graduados. En cuanto al **yogur con agregados** (con colchón de frutas, cereales o confites), la gran mayoría de los estudiantes y graduados no lo consumieron nunca o casi nunca. Sobre el consumo de **queso**, alrededor de un 30% de los estudiantes ingresantes no lo consumieron nunca o casi nunca, mientras que una cuarta parte lo hicieron en una frecuencia semanal de 1 a 2 veces, y casi un 20% de 3 a 4 veces por semana. En cuanto a los estudiantes avanzados, alrededor del 27% lo consumieron de 1 a 2 veces por semana y un 20% de 3 a 4 veces por semana, mientras que un 21% no lo consumieron nunca o casi nunca. En los graduados, el consumo fue predominantemente semanal, con una frecuencia de 1 a 2 veces (29%) y de 3 a 4 veces (21%), mientras que un porcentaje menor (17%) no lo consumían nunca o casi nunca. Se destaca que un cuarto de los graduados no lo consumieron nunca o casi nunca.

Carne, pescado y huevo

En el mensaje 7 de las GAPA se recomienda consumir carnes magras, priorizando el consumo de pescado y huevo. En cuanto al consumo de **carne**, casi el 30% de los

ingresantes manifestó consumirla de 3 a 4 veces por semana, y una cuarta parte lo hizo de 1 a 2 veces por semana. Se destaca que una cuarta parte de los ingresantes no consumieron carnes nunca o casi nunca. Una parte de los estudiantes avanzados (28%) la consumió en una frecuencia semanal de 3 a 4 veces, mientras que otra parte (24%) no lo hizo nunca o casi nunca. Por otro lado, la mayoría de los graduados la consumieron en una frecuencia semanal de 1 a 2 veces (36%) y de 3 a 4 veces (33%). Cabe resaltar que en este conjunto casi el 20% no consumieron carne nunca o casi nunca. Las cifras de los encuestados que no consumen carne coinciden con los resultados de la medición llevada a cabo por KANTAR en Argentina durante el período julio-agosto 2020, en donde se observó que el 12% de la población era vegetariana o vegana, y un 12% se definía como flexitariana. Acerca del consumo de **pescados**, la mayoría de los estudiantes, tanto ingresantes (73%) como avanzados (65%), y de los graduados (56%) refirieron no consumirlos nunca o casi nunca. Una menor proporción de los estudiantes ingresantes (10%), avanzados (12%) y de graduados (16%) consumieron pescados 1 vez por mes. El consumo de **huevo** en los estudiantes ingresantes presentó el siguiente patrón: alrededor del 30% lo consumieron en una frecuencia de 3 a 4 veces por semana, y un 27% todos los días. Por otro lado, el 7% manifestó no consumirlo nunca o casi nunca. En lo que respecta a los estudiantes

avanzados, el 27% lo consumieron a diario y otro un 27% de 3 a 4 veces por semana. En los graduados, el patrón de consumo fue el siguiente: alrededor del 33% lo consumieron de 3 a 4 veces por semana y, exactamente el 30% a diario. La porción promedio de consumo fue de 60 gramos, equivalentes a 1 huevo. El orden de preferencia de las carnes fue principalmente la carne vacuna y de ave, y luego la carne de pescado, la cual obtuvo los valores de consumo más alejados del estándar recomendado. Esto podría estar vinculado con que la carne es un alimento que forma parte de la cultura alimentaria y es de alta ponderación en riel patrón alimentario de los argentinos (GAPA, 2016). Los resultados coinciden con los hallazgos del estudio ELANS (2019), los cuales revelaron que Argentina presentó el consumo más bajo de pescado en toda la región, con 6.45 g/d, y un alto consumo de carne roja sin procesar.

Carne procesada y fiambres

Casi la mitad de los estudiantes ingresantes no consumieron nunca o casi nunca este tipo de alimentos, mientras que alrededor de un 20% lo hicieron en una frecuencia mensual de 2 a 3 veces. Del mismo modo, aproximadamente la mitad de graduados no los consumieron nunca o casi nunca, y precisamente un 15% lo hicieron entre 2 a 3 veces por mes. En cuanto a los estudiantes avanzados, más de la mitad no los consumieron nunca o casi nunca. La porción media de consumo para **carne procesada** (hamburguesa, salchicha y pre fritos) fue de

aproximadamente 90 gramos y 50 gramos para **fiambres**.

Aceite y frutos secos

El mensaje 9 de las GAPA recomienda consumir aceite crudo, frutas secas o semillas. Alrededor de la mitad de los estudiantes ingresantes refirieron consumir **aceite** todos los días, mientras que en los estudiantes avanzados fue casi el 70% y en los graduados casi el 80% quienes lo consumieron en esa frecuencia. La porción promedio de consumo fue de aproximadamente 20 ml por ocasión, equivalentes a 1 cucharada sopera. A diferencia de esto, alrededor de un 35% de los estudiantes ingresantes refirieron no consumir **frutos secos** nunca o casi nunca, y un porcentaje menor (16%) lo hicieron en una frecuencia de 3 a 4 veces por semana. Asimismo, una parte de los estudiantes avanzados no los consumió nunca (23%), y otra parte lo hizo de 1 a 2 veces por semana (19%). En los graduados, las mayores frecuencias de consumo fueron semanales, ya que aproximadamente un 23% lo hicieron de 3 a 4 veces y casi un 20% de 1 a 2 veces. También se observó que cerca de un 12% no los consumieron nunca o casi nunca. La porción promedio de consumo de frutos secos fue de 35 gramos, lo que en medidas caseras se traduce a 1 puñado. Las ingestas diarias promedio fueron de aproximadamente 15.0 g/d en los estudiantes y de 20.0 g/d en los graduados. Dichas ingestas superaron lo reportado en el Estudio Latinoamericano de

Nutrición y Salud (ELANS), llevado a cabo en el 2019 a lo largo de 8 países latinoamericanos, en donde Argentina presentó un consumo de 0.82 g/d.

Manteca, margarina y crema

Precisamente el 57% de los estudiantes ingresantes refirieron no consumir nunca o casi nunca este tipo de alimentos, mientras que un 18% indicaron hacerlo de 2 a 3 veces por mes. De igual manera, alrededor del 70% de los estudiantes avanzados y graduados no los consumieron nunca.

Galletitas y amasados de pastelería

En relación al consumo de **galletitas**, no fue alto en ninguno de los grupos encuestados. La porción promedio de consumo de galletitas fue de aproximadamente 20 gramos (4 galletitas). En el conjunto de estudiantes ingresantes, el patrón de consumo de las **galletitas dulces** fue el siguiente: la mayoría (37%) manifestaron no consumirlas nunca o casi nunca, mientras que otra parte refirieron consumirlas en una frecuencia de 2 a 3 veces por mes (21%) y de 1 a 2 veces por semana (20%). En lo referente a los avanzados y graduados, el patrón de consumo fue similar entre ambos grupos, puesto que la mitad de los mismos no las consumieron nunca o casi nunca, y una parte menor lo hizo en una frecuencia semanal de 1 a 2 veces. En cuanto a las **galletitas saladas**, el patrón de consumo fue similar en estudiantes y graduados, puesto que más de la mitad no las consumieron nunca o casi nunca, y un

porcentaje menor lo hicieron de 1 a 2 veces por semana. Dentro de la amplia variedad de amasados de pastelería, se indagó precisamente sobre el consumo de **facturas, tortas, bizcochuelo** y **pastafrola**. Aproximadamente el 40% de los encuestados, tanto estudiantes como graduados, refirieron no consumir nunca o casi nunca este tipo de alimentos. Sin embargo, una menor proporción de los participantes (25% de los ingresantes, 28% de los avanzados, y 23% de los graduados) indicaron hacerlo en una frecuencia mensual de 2 a 3 veces. La porción media de consumo fue de aproximadamente 80 g de facturas (2 unidades) y de 150 g de tortas, bizcochuelo y pastafrola (1 ½ porción). Los resultados de este estudio no coinciden con los obtenidos en el de Zapata, Rovirosa y Carmiega (2021), en donde se observó una ingesta diaria de galletitas y amasados de pastelería alta.

Azúcar, dulces, gaseosas y golosinas

En el mensaje 5 de las GAPA se recomienda limitar el consumo de bebidas azucaradas y de alimentos con elevado contenido de grasas, azúcar y sal. En relación al consumo de azúcar y dulces, casi el 38% de los ingresantes indicaron no consumirlos nunca o casi nunca, mientras que un 22% refirieron consumir estos alimentos diariamente. En el caso de los estudiantes avanzados, la mitad no los consumieron nunca o casi nunca, pero una cuarta parte lo hizo a diario. Asimismo, casi la mitad de los graduados no los consumieron nunca o casi nunca, y un

porcentaje menor lo hizo de forma diaria. La porción promedio de **azúcar** fue de aproximadamente 10 g (2 cucharadas tipo té) y de 18 g (1 cucharada sopera) para la **mermelada y dulces compactos**. En comparación, el consumo de **gaseosas y jugos** presentó el siguiente patrón: más de la mitad de los estudiantes ingresantes, avanzados y graduados refirieron no consumirlos nunca o casi nunca. Por otra parte, alrededor del 18% de los estudiantes ingresantes consumieron este tipo de bebidas de 1 a 2 veces por semana, al igual que los graduados. La porción promedio fue de aproximadamente 330 ml, lo que equivale a 1 ½ vaso. Por otro lado, el 38% de los estudiantes ingresantes mencionaron no consumir nunca o casi nunca **golosinas**, mientras que casi una cuarta parte de los mismos lo hicieron entre 2 a 3 veces por mes. De forma similar, el 32% de los estudiantes avanzados no las consumieron nunca o casi nunca, una cuarta parte lo hicieron de 2 a 3 veces por mes, y el 20% lo hicieron de 1 a 2 veces por semana. En los graduados, aproximadamente el 30% no las consumieron nunca o casi nunca, y el mismo porcentaje lo hicieron en una frecuencia semanal de 1 a 2 veces. La porción promedio de golosinas fue de aproximadamente 60 g, equivalentes a 1 unidad. La ingesta diaria promedio de azúcar, dulces y gaseosas de los estudiantes ingresantes fue de 122,57 g, de los cuales 26,64 g correspondieron a azúcares simples. En el caso de los estudiantes avanzados, los

valores de ingesta diaria fueron de 76,61 g, de los cuales 18,07 g fueron de azúcares simples, y en los graduados la ingesta diaria promedio fue de 61,86 g, de los cuales 14,92 g correspondieron a azúcares simples. Tanto en los estudiantes ingresantes como avanzados, las **bebidas azucaradas** representaron el 45% de la ingesta diaria promedio, mientras que, en los graduados, representaron el 40%. Esto se relaciona con el hecho de que Argentina es uno de los países con mayor consumo de gaseosas y bebidas azucaradas a nivel mundial, con un promedio de 131 litros por persona por año, de acuerdo al informe publicado por Euromonitor International en el 2017. Asimismo, se observó que la ingesta más alta se presentó en el conjunto de estudiantes ingresantes, lo cual es consistente con el estudio de Fisberg et al (2018), el cual indicó que las personas más jóvenes eran más vulnerables a una mayor ingesta de azúcares totales.

Bebidas

En cuanto al consumo de **agua**, casi el total de los estudiantes ingresantes, avanzados y graduados lo hicieron a diario. En relación a las **bebidas vegetales**, el 80% de los estudiantes ingresantes no las consumieron nunca o casi nunca, del mismo modo que los estudiantes avanzados (88%) y que los graduados (89%). Solo una pequeña proporción de los graduados (5%) refirieron consumir bebidas vegetales a diario. Respecto al consumo de bebidas alcohólicas,

se indagó acerca del **vino** y la **cerveza**. Alrededor del 65% de los estudiantes ingresantes refirieron no consumir dichas bebidas alcohólicas nunca o casi nunca, mientras que un porcentaje menor (13%) lo hicieron en una frecuencia mensual de 2 a 3 veces. De igual manera, la mayoría de los graduados (61%) no las consumieron nunca o casi nunca, pero un porcentaje menor (15%) lo hizo de 2 a 3 veces por mes. En los estudiantes avanzados, si bien casi el 45% de los mismos no consumieron bebidas alcohólicas nunca o casi nunca este tipo de bebidas, una proporción considerable de estos estudiantes (23%) lo hicieron de 1 a 2 veces por semana. En cuanto a la porción media de consumo fue de aproximadamente 565 ml (1 lata y $\frac{3}{4}$) de **cerveza** y de 260 ml (casi 2 copas) de **vino**. Estos resultados son consistentes con los datos reportados en la 4° ENFR (2019), donde no se observó un consumo frecuente de estas bebidas.

Otros alimentos

Con respecto al consumo de **pizza**, los estudiantes ingresantes indicaron consumirla entre 2 a 3 veces por mes (36%) y 1 a 2 veces por semana (32%). En el caso de los estudiantes avanzados y los graduados las frecuencias más señaladas fueron, en primer lugar, la de 1 a 2 veces por semana (38% de los avanzados, y 39% de los graduados), y en segunda lugar, la de 2 a 3 veces por mes (37% de los avanzados, y 38% de los graduados). En cuanto al **queso untable**, el mayor número de ingresantes (30%) no lo consumieron

nunca o casi nunca, mientras que alrededor del 19% lo hicieron a diario. De forma similar, la mayor parte de los estudiantes avanzados (28%) no los consumieron nunca o casi nunca, mientras que un 23% lo hicieron a diario. Con respecto a los graduados, la mayoría (27%) consumieron queso untado todos los días, mientras que otro 21% refirieron no consumirlo nunca o casi nunca. En lo que respecta al consumo de **aderezos**, alrededor del 43% de los estudiantes ingresantes no los consumieron nunca o casi nunca, mientras que el 16% lo hicieron en una frecuencia de 1 a 2 veces por semana y el 15% de 3 a 4 veces por semana. En el caso de los estudiantes

avanzados, el 42% no los consumieron nunca o casi nunca, y un 22% lo hicieron de 1 a 2 veces por semana. Apenas un 6% de estos estudiantes refirieron consumirlos a diario. De la misma manera, la mayoría de los graduados (43%) no los consumieron nunca o casi nunca, pero otra cuarta parte lo hicieron de 1 a 2 veces por semana.

Calidad nutricional del patrón alimentario

En la Tabla 2 se detallan los puntajes promedios obtenidos y sus desvíos estándar para cada grupo de alimentos de acuerdo al índice de Calidad de Dieta según los grupos encuestados.

Tabla 2.

Distribución de los puntajes promedio del Índice de Calidad de Dieta.

Categoría	E. ingresantes (M – DE)	E. avanzados (M – DE)	Graduados (M – DE)
Hortalizas	7,25 ± 2,92	7,70 ± 2,80	7,99 ± 2,53
Frutas	7,23 ± 3,72	7,00 ± 3,63	7,74 ± 3,42
Lácteos	4,03 ± 3,55	4,21 ± 3,49	4,03 ± 3,54
Carnes y huevos	7,90 ± 3,48	8,18 ± 3,14	8,39 ± 2,85
Cereales y legumbres	3,66 ± 3,80	3,38 ± 3,47	3,67 ± 3,30
Agua	7,99 ± 2,63	7,55 ± 2,61	7,60 ± 2,71
Almidones bajos en fibra	3,40 ± 4,05	3,94 ± 3,98	5,38 ± 4,17
Sodio	4,93 ± 4,00	5,64 ± 3,88	6,05 ± 3,84
Kilocalorías dispensables	14,45 ± 7,61	16,56 ± 6,52	17,02 ± 5,79
Puntuación Total	60,83 ± 16,27	64,14 ± 15,20	67,89 ± 14,55

Nota. Las puntuaciones más altas indican mayor nivel de concordancia con las Guías Alimentarias para la Población Argentina.

En los **estudiantes ingresantes** la media del puntaje total fue de 60,83 ± 16,27. El valor de la mediana fue de 64,00, con un Rango

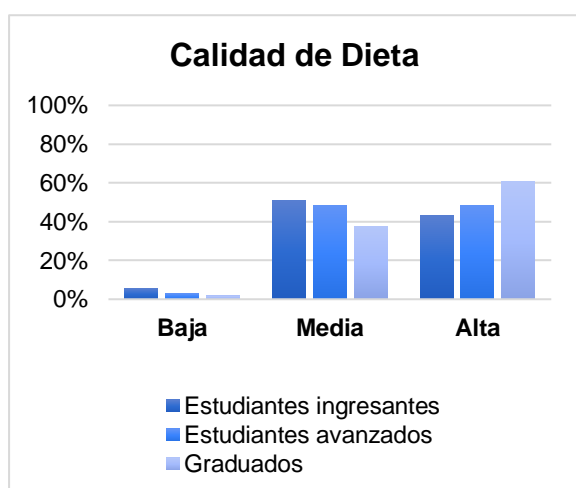
Intercuartílico de 21.00 puntos. En cuanto a los **estudiantes avanzados**, el puntaje total promedio fue de 64,14 con un desvío de 15,20. El valor de la mediana fue de 66,50,

con un Rango Intercuartílico de 22.00 puntos. Los **graduados** obtuvieron un puntaje total promedio de $67,89 \pm 14,55$. En cuanto al valor de la mediana fue de 70,00, con un Rango Intercuartílico de 19.25 puntos. Las puntuaciones más altas las recibieron el grupo de hortalizas, frutas, carnes y huevo, y agua, en los 3 grupos estudiados. Se puede observar un aumento de las puntuaciones promedio totales, a medida que aumentaba el nivel educativo, sin embargo, no se reflejan diferencias considerables.

De acuerdo a la sumatoria de los puntajes obtenidos de cada componente, se categorizó a los 3 grupos de participantes según la clasificación del Índice de Calidad de Dieta, presentadas a continuación:

Figura 1.

Proporción de la muestra según el Índice de Calidad de Dieta.



En la Figura 1 se puede observar que la mayoría de **graduados** (n=103) presentaron una calidad de dieta alta, mientras que cerca del 38% (n=64) tenían una dieta de calidad media. Asimismo, dentro del conjunto de estudiantes, la mayoría de los **avanzados** presentaron una calidad de dieta alta (48%, n=154) en comparación con los **ingresantes** (43%, n=89), quienes presentaron en mayor medida una dieta de calidad media (51%; n=106). El estudio realizado por Gómez et al (2019) sugiere que el estatus socioeconómico es un fuerte factor determinante para la calidad y diversidad de la dieta. En este sentido, la mayoría de los estudiantes encuestados, tanto ingresantes como avanzados, se encontraba sin trabajo, mientras que en el conjunto de graduados el número fue considerablemente menor. Esta podría ser una de las razones por las cuales los estudiantes presentaron una menor calidad nutricional, ya que, el costo de una dieta se incrementa gradualmente a medida que aumenta su calidad (FAO, 2020).

Diversidad del patrón alimentario

En la Tabla 3 se presenta la distribución de los puntajes promedios obtenidos para cada grupo de alimentos, de acuerdo a cada grupo de participantes.

Tabla 3.

Distribución de los puntajes promedio del Índice de Diversidad Alimentaria

Categoría	E. ingresantes (M – DE)	E. avanzados (M – DE)	Graduados (M – DE)
Féculas	0,46 ± 0,32	0,29 ± 0,28	0,27 ± 0,25
Legumbres	0,26 ± 0,44	0,18 ± 0,41	0,16 ± 0,37
Hortalizas	0,74 ± 0,34	0,75 ± 0,31	0,84 ± 0,27
Frutas	0,71 ± 0,46	0,69 ± 0,45	0,75 ± 0,44
Lácteos	0,28 ± 0,22	0,31 ± 0,21	0,30 ± 0,21
Carnes	0,61 ± 0,44	0,64 ± 0,43	0,71 ± 0,41
Pescados	0,06 ± 0,17	0,09 ± 0,19	0,10 ± 0,17
Huevo	0,65 ± 0,48	0,71 ± 0,43	0,77 ± 0,42
Aceite y frutos secos	0,58 ± 0,31	0,61 ± 0,31	0,72 ± 0,29
Puntuación Total	4,34 ± 1,33	4,26 ± 1,21	4,61 ± 1,08

Nota. Las puntuaciones más altas indican mayor nivel de diversidad alimentaria.

En relación a los **estudiantes ingresantes** la media del puntaje total fue de 4,34 ± 1,33. El valor de la mediana fue de 4,33, con un Rango Intercuartílico de 1.83 puntos. En cuanto a los **estudiantes avanzados**, el puntaje total promedio fue de 4,26 con un desvío de 1,21. El valor de la mediana fue de 4,41, con un Rango Intercuartílico de 1.58 puntos. Los **graduados** obtuvieron un puntaje total promedio de 4,61 ± 1,08. En cuanto al valor de la mediana fue de 4,62, con un Rango Intercuartílico de 1.33 puntos. Se observó que el promedio de estudiantes y graduados consume menos de cinco (5) grupos de alimentos de los nueve (9) indagados. Los puntajes promedios de diversidad más elevados se registraron en los grupos de hortalizas, frutas, carnes,

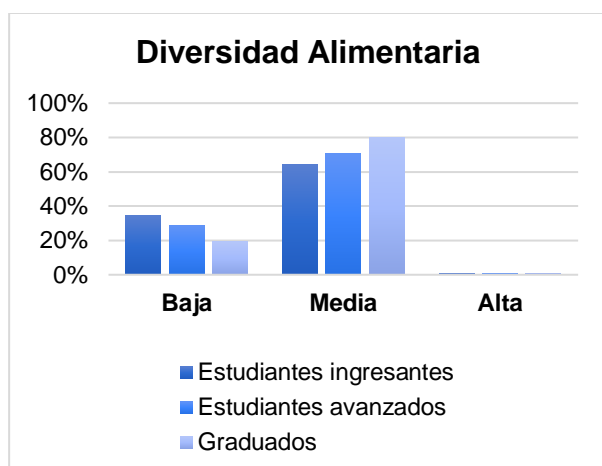
huevo y aceite y frutos secos. Si bien se pudo observar que en el conjunto de graduados los puntajes fueron mayores que en el conjunto de estudiados, las diferencias no fueron considerables. Estos resultados se asemejan a los datos publicados en el estudio ELANS (2019), donde se observó que la diversidad de dieta fue similar en los 8 países analizados, con una media de 5.6 ± 1.1 grupos de 9. Estos resultados también son consistentes con el patrón alimentario nacional, el cual se caracteriza por su monotonía, siendo conformado mayoritariamente por menos de 50 alimentos (GAPA, 2016).

De acuerdo a la sumatoria de los puntajes obtenidos de cada grupo de alimento, se categorizó a los tres grupos de encuestados según la clasificación del

Índice de Diversidad Alimentaria, presentadas en la Figura 2.

Figura 2.

Proporción de la muestra según el Índice de Diversidad Alimentaria.



En la Figura 2 se puede apreciar que la mayoría de los estudiantes y los graduados presentaron una diversidad alimentaria media. Asimismo, una parte menor de los encuestados presentaron una baja diversidad alimentaria. Se destaca de forma notoria que ninguno de los participantes, ni estudiantes ni graduados, presentaron una diversidad alimentaria alta.

CONCLUSIONES

En este trabajo se describió y evaluó la calidad y diversidad del patrón alimentario de los estudiantes y graduados de la Licenciatura en Nutrición de diferentes Universidades Argentinas, así como también la adecuación del consumo de acuerdo a las recomendaciones

nacionales. Los alimentos más consumidos de forma diaria entre los estudiantes y graduados fueron pan, hortalizas, frutas, leche, huevo, aceite, y azúcar y dulces. En lo que respecta al grupo de **hortalizas y frutas**, la proporción de estudiantes y graduados que refirieron incluirlas en su alimentación no resultó baja, sin embargo, resulta importante destacar que más de la mitad de los encuestados no consumía hortalizas de forma diaria. Asimismo, quedó demostrado que el consumo de **carnes y huevo** excedió las recomendaciones establecidas por las GAPA, y que el orden de preferencia de las carnes fue principalmente la carne vacuna y de ave. Por otra parte, dentro de los alimentos menos consumidos, se encontraron las legumbres, lácteos y frutos secos. El grupo de **lácteos** recibió uno de los puntajes promedios más bajos de calidad de dieta. Dentro de ellos, el más consumido fue la leche, con una frecuencia diaria tanto en estudiantes como en graduados, pero con una ingesta diaria promedio menor a lo recomendado por las GAPA. En cuanto al consumo de **frutos secos**, se observó que, si bien la mayoría de los estudiantes no los consumía nunca o casi nunca, los graduados lo hacían en una frecuencia predominantemente semanal. El bajo consumo de **legumbres** podría estar relacionado con los escasos conocimientos acerca de los métodos de cocción y

elaboración, y a la falta de hábito y gusto. Considerando la importancia que tiene dicho grupo de alimentos, no solo por su aporte nutricional, sino también por su función crucial en la producción sostenible de alimentos y en la seguridad alimentaria (FAO, 2016), es importante plantear estrategias que permitan mejorar su consumo en la población estudiada. De acuerdo a los resultados de la 4° ENFR (2019), las personas con mayor nivel educativo presentaron mejor estilo de vida que aquellas con un nivel de instrucción menor. A la luz de estos resultados cabría esperar que los graduados y estudiantes universitarios de la carrera de Nutrición presentaran una alimentación más cercana a las recomendaciones propuestas desde el Ministerio de Salud en las GAPA. Los resultados de este trabajo muestran que el patrón alimentario de los estudiantes ingresantes se caracterizó por presentar una calidad nutricional y diversidad media, al igual que los estudiantes avanzados. En adición, una gran parte de esos últimos presentó una calidad de dieta alta. En comparación, el patrón alimentario de los graduados presentó una calidad nutricional alta, y una diversidad media. Se destaca de notoriamente que ninguno de los participantes presentó una diversidad alta. Este estudio llegó a la conclusión de que gran parte de los encuestados necesitan modificar sus hábitos alimentarios, para así mejorar la calidad de la dieta y,

principalmente, la diversidad. De acuerdo al informe publicado por la FAO y la OMS (2021), los sistemas alimentarios actuales tienen un alto efecto perjudicial sobre el medio ambiente e incluso representan grandes costos sanitarios y sociales. En vista de esto, resulta una necesidad urgente promover la adopción de dietas saludables que tengan bajo impacto ambiental, las cuales a su vez deben ser socioculturalmente aceptable y económicamente accesibles (FAO, 2019). La evidencia actual sugiere transitar hacia dietas basadas en alimentos de origen vegetal como frutas y verduras, frutos secos, legumbres y cereales integrales, con una menor proporción de calorías procedentes de alimentos de origen animal (FAO, 2021). En tal contexto, promover el consumo de una alimentación diversa y de alta calidad, orientada a cumplir con esos requerimientos, representa un importante desafío para la población argentina, y más aún para las instituciones que reciben a la población universitaria y a los profesionales de la Nutrición. Por lo tanto, las Universidades deben implementar acciones que promuevan la adopción de hábitos de alimentación saludable entre sus estudiantes y personal. La alimentación es un asunto de salud pública, por lo que en la resolución del problema alimentario deben participar tanto las instituciones como la población al empoderarse de la problemática.

Asimismo, el Estado debe incluir la salud y alimentación en todas las políticas e iniciativas gubernamentales, las cuales deben estar en línea con la evidencia actual. Esta investigación permitió conocer aspectos contextualizados acerca de la calidad y diversidad de la alimentación de estudiantes universitarios y graduados de Nutrición, necesarios para diseñar y ejecutar acciones de promoción en salud. Si bien existen algunos estudios sobre estilos de vida en universitarios argentinos y en profesionales de la salud, al presente no se cuenta con información suficiente que estime su adecuación a las recomendaciones establecidas en las GAPA. La falta de datos sobre el consumo de alimentos puede resultar en una mala asignación de fondos y comprometer el diseño, seguimiento y evaluación de programas y políticas. Por ello es sumamente necesario continuar realizando este tipo de estudios con el fin de contar con más elementos que permitan tomar acciones en torno a la salud y alimentación en instituciones universitarias y en aquellas que reciban a profesionales de la salud.

REFERENCIAS

- Britos, S., Saraví, A., Chichizola, N., y Vilella, F. (2012). *Hacia una alimentación saludable en la mesa de los argentinos*. [http://cepea.com.ar/cepea/wp-content/uploads/2012/12/Hacia-una-](http://cepea.com.ar/cepea/wp-content/uploads/2012/12/Hacia-una-alimentaci%C3%B3n-saludable-en-la-mesa-de-los-argentinos-libro-20121.pdf)
- FAO. (2013). *Guía para medir la diversidad alimentaria a nivel individual y del hogar*. <http://www.fao.org/3/i1983s/i1983s00.htm>
- FAO y OMS. (2019). *Dietas saludables sostenibles - Principios rectores*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca6640es>
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2020). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9699es>
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2021). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474es>
- Fisberg, M., Kovalskys, I., Gómez, G., Rigotti, A., Sanabria, L. Y. C., García, M. C. Y., Torres, R. G. P., Herrera-Cuenca, M., Zimberg, I. Z., Koletzko, B., Pratt, M., Aznar, L. A. M., Guajardo, V., Fisberg, R., M., Sales, C. H. y Previdelli, Á. N. (2018). Total and Added Sugar Intake: Assessment in Eight Latin American Countries. *Nutrients*, 10(4), 389. <https://doi.org/10.3390/nu10040389>

- Fortino, A., Vargas, M., Berta, E., Cuneo, F. y Ávila, O. (2020). Valoración de los patrones de consumo alimentario y actividad física en universitarios de tres carreras respecto a las guías alimentarias para la población argentina. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 906-915. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000600906>
- Gómez, G., Fisberg, R. M., Nogueira Previdelli, Á., Hermes Sales, C., Kovalskys, I., Fisberg, M. Herrera-Cuenca, M., Cortés Sanabria, L.Y., García, M.C.Y., Pareja Torres, R.G., Rigotti, A., Guajardo, V., Zalcmán Zimberg, I., Chinnock, A., Murillo, A.G., Brenes, J.C. y ELANS Study Group. Diet Quality and Diet Diversity in Eight Latin American Countries: Results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS). *Nutrients*, 11(7), 1605. <https://doi.org/10.3390/nu11071605>
- INDEC. (2019). *4° Encuesta Nacional de Factores de Riesgo. Resultados definitivos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires*. Secretaría de Gobierno de Salud de la Nación. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/publicaciones/enfr_2018_resultados_definitivos.pdf
- KANTAR Insights Division. (2020). *Comunicado oficial: Medición de población*. <http://www.unionvegana.org/poblacion-vegana-y-vegetariana-2020/>
- López-Azpiazu, I., Sánchez-Villegas, A., Johansson, L., Petkeviciene, J., Prattala, R., y Martínez-González, M. A. (2003). Disparities in food habits in Europe: systematic review of educational and occupational differences in the intake of fat. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 16(5), 349–364. <https://doi.org/10.1046/j.1365-277x.2003.00466.x>
- López Torres, L. P., Navia, B. y Ortega, R. M. (2017). Percepción sobre la calidad de la dieta en un colectivo de adultos. Comparación con la calidad real. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 37(2), 75-82. <https://doi.org/10.12873/372lopez>
- Ministerio de Salud. Presidencia de la Nación. (2012). *Manual Universidades Saludables*. <https://pdfslide.tips/reader/f/manual-universidades-saludables-2012>
- Ministerio de Salud. Presidencia de la Nación. (2016). *Guías Alimentarias para la Población Argentina*. http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000001007cnt-2017-06_guia-alimentaria-poblacion-argentina.pdf
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Secretaría de Gobierno de Salud. (2019). *2° Encuesta Nacional de Nutrición y Salud*. <https://cesni-biblioteca.org/2-encuesta-nacional-de-nutricion-y-salud-ennys-2-resumen-ejecutivo/>

- OMS. (1998). *Preparación y uso de directrices nutricionales basada en los alimentos: informe de una reunión consultativa conjunta* FAO/OMS. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42160>
- OMS y OPS. (2012). *Estrategia para la prevención y el control de las Enfermedades no Transmisibles 2012-2025*. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2013/CSP28-Res-Strat-Spa.pdf>
- Pérez-Gallardo, L., Mingo Gómez, T., Bayona Marzo, I., Ferrer Pascual M. A., Márquez Calle, E., Ramírez Domínguez, R., Navas Ferrer, C. y Navas Cámara, F. (2015). Calidad de la dieta en estudiantes universitarios con distinto perfil académico. *Revista Nutrición Hospitalaria*, 31(5), 2230-2239. <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309238514043.pdf>
- Schifferli-Castro I., Cofré-Jara S., Soto-Rodríguez F., Soto-Rodríguez L. y Vargas-Nuñez K. (2020). Calidad de la dieta del personal de salud de un hospital chileno según el índice de alimentación saludable. *Rev. Fac. Med.* 2020;68 (4). <http://doi.org/10.15446/revfacmed.v68n4.76500>
- Zapata, M. E., Buffarini, R., Lingiard, N. y Gonçalves-Soares, A. (2015). Reproducibilidad y validación relativa de un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos semicuantitativo en población adulta de Rosario, Argentina. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(4), 227-230. <http://doi.org/10.14306/renhyd.19.4.177>
- Zapata, M. E., Roviroso, A. y Carmuega, E. (2021). Evaluación de las Guías Alimentarias para la Población Argentina: inequidad según nivel de ingreso y por región. *Revista Argentina de Salud Pública*, 14. <https://rasp.msal.gov.ar/index.php/rasp/articulo/view/737>

CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN QUE CONSULTÓ AL
CONSULTORIO VIRTUAL DE CARDIOLOGÍA POR UN
REGISTRO ELEVADO DE PRESIÓN ARTERIAL DURANTE LA
PANDEMIA POR COVID-19 EN TUCUMÁN, ARGENTINA



D. 35. Atención primaria de la salud

CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN QUE CONSULTÓ AL CONSULTORIO VIRTUAL DE CARDIOLOGÍA POR UN REGISTRO ELEVADO DE PRESIÓN ARTERIAL DURANTE LA PANDEMIA POR COVID-19 EN TUCUMÁN, ARGENTINA

Autor: Quipildor, Daniel Franco, danielquipildor@gmail.com
Profesor/a guía: Joo Turoni, Claudio Martín, claudiojoo@fm.unt.edu.ar; Carrizo, Alvaro Daniel, adcarrizo@yahoo.com.ar; Lopez, Maria Eugenia, lopezmauege33@gmail.com

Universidad Nacional de Tucumán

RESUMEN

Objetivo de la investigación. Evaluar las características de la población que consultó al Consultorio Virtual de Cardiología por aumento de la presión arterial (PA) durante la pandemia de COVID 19. **Metodología.** Los sujetos de estudio fueron pacientes adultos con o sin diagnóstico previo de hipertensión arterial (HTA y no-HTA respectivamente) que realizaron una primera consulta al Consultorio Virtual de Cardiología del Servicio de Telemedicina del Sistema Provincial de Salud durante junio a septiembre de 2021. Se estudió edad, sexo, peso y talla (índice de masa corporal: IMC), medicación antihipertensiva habitual y presencia de factores de riesgo cardiovasculares. **Resultados.** Se incluyeron 275 pacientes (48 ± 1 años) (no-HTA: 108 y HTA: 167 pacientes). 25% presentaba sobrepeso y 67% algún grado de obesidad. 23% seguían una dieta baja en sodio y 48% tenía al menos otro factor de riesgo cardiovascular. La medicación antihipertensiva habitual en los pacientes

con HTA era inferior a 2 antihipertensivos. En el grupo HTA, la edad se correlacionó con la PA sistólica en mujeres (Pearson r: 0,2631; $p < 0,01$) y hombres (Pearson r: -0,3440; $p < 0,05$). En conclusión, se observó una alta prevalencia de obesidad asociado a otro factor de riesgo. Este resultado fue independiente de la historia previa de HTA. Además, los pacientes HTA tenían medicación insuficiente y no realizaban una dieta hiposódica. Hipotetizamos que la Telemedicina surgiría como una herramienta confiable para evaluar y dar seguimiento a esta población estudiada más allá de la pandemia.

Palabras clave: Telemedicina, COVID 19, Factores de riesgo cardiovasculares

INTRODUCCIÓN

La Hipertensión Arterial (HTA) tiene una elevada prevalencia en las sociedades occidentales e influye claramente en la tasa de morbi-mortalidad de la población. La aplicación de nuevas tecnologías en el diagnóstico y monitoreo de pacientes con



HTA puede mejorar el control de los niveles de presión arterial y en consecuencia reducir el riesgo cardiovascular (Segura de la Morena, Campo Sien, Roldán Suárez, y Ruilope Urioste, 2004).

La provincia de Tucumán, localizada en el noroeste argentino, tiene una superficie de 22,525 km² y 1,593 millones de habitantes. En Tucumán, el Sistema Provincial de Salud (SIPROSA) es dependiente del Ministerio de Salud Pública de Tucumán. El SIPROSA organiza e implementa actividades de promoción, prevención, tratamiento y rehabilitación de la salud.

En la situación de aislamiento social obligatorio (cuarentena), por la pandemia por COVID 19, las estrategias de política sanitaria cambiaron radicalmente a nivel mundial. Se priorizó la atención de pacientes infectados por COVID-19 y se descuidó el diagnóstico y seguimiento de patologías crónicas prevalentes, como la HTA. Además, muchos pacientes dejaron de acudir a los centros de salud por temor a contagiarse de COVID-19 (Gray, Sidaway-Lee, Harding y Evans, 2020). Para dar respuestas a esta población, se recurrió a nuevas estrategias, formando y fortaleciendo al recurso humano para su adecuación a las herramientas tecnológicas disponibles. Así, la telemedicina surge como una herramienta

capaz de brindar asistencia sanitaria a la población. En Argentina, la telemedicina comenzó en 1999 (Urtubey y Petrich, 2002). y en la provincia de Tucumán, con la llegada de la pandemia del COVID 19, se produjo una revalorización del Servicio de Telemedicina del SIPROSA, que incluyó la creación de Consultorios Virtuales de distintas especialidades. Dadas las condiciones tecnológicas actuales, un médico formado en telemedicina puede realizar esta práctica médica con un alto índice de calidad. El hecho de poder realizar consultas con los pacientes desde sus hogares (Bashshur, Doarn, Frenk, Kvedar y Woolliscroft, 2020). es otro de los beneficios de la telemedicina, al que se suma un ahorro en traslado y tiempo al que se enfrentaría el paciente si tuviera que acudir a un centro asistencial (Bashshur, 2020)

Uno de los principales motivos de consulta en los consultorios de cardiología y clínica médica son los controles por HTA. Esto podría extrapolarse a las consultas de telemedicina, en las que el médico actuante debe evaluar de forma global la situación del paciente para corregir condiciones que puedan aumentar el riesgo cardiovascular.

OBJETIVO



Evaluar las características de la población que consultó al Servicio Virtual de Cardiología del SIPROSA por aumento de los valores de presión arterial (PA) durante la pandemia por COVID 19.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal. Se incluyó a pacientes mayores de 18 años con o sin diagnóstico previo de HTA (HTA y no HTA respectivamente) que consultaron por primera vez en el Servicio Virtual de Cardiología del SIPROSA por cifras elevadas de PA en el período junio - septiembre de 2021.

Se preguntaron los valores de PA sistólica (PAS) y PA diastólica (PAD) y se consideraron valores elevados de PA aquellos ≥ 140 mmHg para PAS y/o ≥ 90 mmHg para PAD (Marin, Bendersky, Páez, Obregón, Rodríguez y Cerezo, 2018). Solo se incluyeron los registros realizados con tensiómetros aneroides digitales validados. En base a los valores registrados, se calcularon la presión de pulso (PP: PAS-PAD) y la PA media (PAM: PAD+PP/3).

Se registró la edad, sexo, peso y talla. El índice de masa corporal (IMC) se calculó mediante la fórmula $\text{peso}/(\text{altura})^2$ y, de acuerdo al resultado obtenido, se

categorizó a los individuos en pacientes con desnutrición (IMC $<18,5$); normopeso (IMC $\geq 18,5$ y <25); sobrepeso (IMC ≥ 25 y <30); obesidad (IMC ≥ 30) (WHO Consultation on Obesity (1999: Geneva, Switzerland) & World Health Organization, 2000). También se indagó sobre el diagnóstico previo de diabetes, dislipemia o tabaquismo. De acuerdo a la respuesta positiva o negativa, se realizó una puntuación según el número de factores de riesgo presentes en cada individuo (0 a 3). Además, se les consultó a los pacientes sobre la toma habitual medicación antihipertensiva y sobre el seguimiento de una dieta baja en sodio. Todos los datos se registraron en una hoja de cálculo "ad hoc". Los criterios de exclusión fueron los siguientes: antecedentes de eventos cerebrovasculares, cardiovasculares o renales, padecimiento de enfermedades infecciosas y/o embarazo en el momento de la consulta.

Análisis estadístico: los datos fueron expresados como promedio \pm error estándar o porcentaje (%). Se utilizaron el Student's Test, ANOVA, χ^2 y la Correlación de Pearson, considerándose estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

Consideraciones Éticas: este Protocolo fue aprobado por el Comité de Ética en

Investigación del Directorio de Investigación del Ministerio de Salud de la Provincia de Tucumán - Argentina (N. 33/2021). Se garantizó el anonimato y la confidencialidad de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de estudio, 298 pacientes consultaron al Servicio Virtual de Cardiología del SIPROSA por cifras elevadas de PA. De estos, 275 pacientes (191 mujeres y 84 hombres) cumplían las condiciones de admisión a este estudio (edad: 48 ± 1 años; rango etario: 18 a 92 años). 108 pacientes pertenecían al grupo No HTA y 167 al grupo HTA. En la tabla 1 se muestran las variables estudiadas en ambos grupos según sexo. El grupo HTA tenía una edad promedio mayor que los no HT, independientemente del sexo, y el grupo HTA Masculino presentaba el mayor número de factores de riesgo asociados. Los valores de PAS, PAD, PP y PAM fueron similares en todos los grupos.

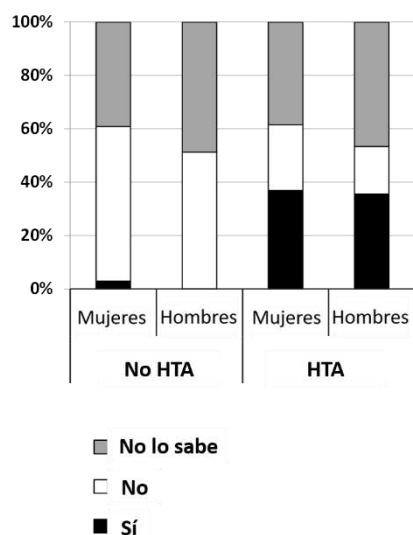
Tabla 1. Variables estudiadas en los grupos HTA y no HTA según sexo.

Variable	No HTA		HTA	
	Mujeres (n=69)	Varones (n=39)	Mujeres (n=122)	Varón (n=45)
Edad (años)	43±1	41±2	51±1***	53±2 ***
Número de factores de riesgo	0.4±0.1	0.7±0.1	0.6±0.1	0.8±0.1*
PAS (mmHg)	163.4±2.8	160.5±2.9	162.8±1.8	161.4±2.8
PAD (mmHg)	95.6±1.7	98.1±2.0	95.7±1.4	96.3±1.8
PP (mmHg)	67.0±2.7	60.3±2.8	66.0±1.9	64.6±3.1
PAM (mmHg)	117.9±1.8	118.2±2.2	117.7±1.3	117.8±1.7
IMC	32.4±0.9	31.8±1.1	32.2±0.6	32.5±0.9

*: $p < 0.05$ vs. no HTA; ***: $p < 0.001$ vs. no HTA; One-way ANOVA. El número de pacientes se encuentra entre paréntesis.

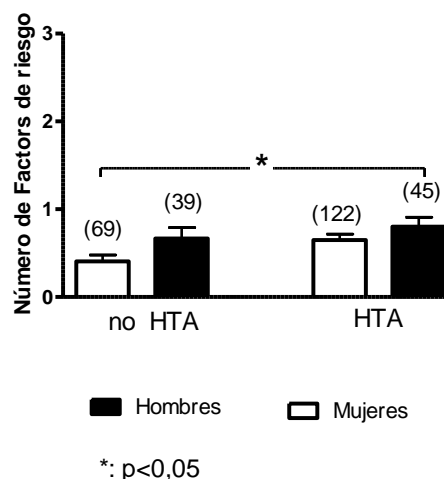
En cuanto al estado nutricional, el IMC promedio fue de $32,2 \pm 0,4$ (mujer: $32,2 \pm 0,5$ vs. hombre: $32,1 \pm 0,7$; p : NS). El 13% eran pacientes normopeso, el 25% tenían sobrepeso, el 62% obesidad. No se registraron pacientes con desnutrición. No hubo diferencias en la distribución del estado nutricional en ambos grupos por sexo (χ^2 : 5,6137; p : NS). En cuanto a la dieta baja en sodio, el 23% indicó que realizaba ese régimen dietario; el 36% no lo hacía y el 41% refirió no saberlo. En la figura 1 se muestra la distribución de los pacientes de acuerdo a la realización de una dieta baja en sodio, en ambos grupos y según el sexo. En el grupo HTA hubo un mayor porcentaje de pacientes que realizaban una dieta baja en sodio.

Figura 1. Dieta baja en sodio en los grupos HTA y no HTA según sexo.



El 48% de los pacientes tenía al menos un factor de riesgo cardiovascular (25% dislipidemia, 23% diabetes y 14% tabaquismo). El promedio de factores de riesgo cardiovascular en conjunto fue de $0,61 \pm 0,04$ (mujeres: $0,56 \pm 0,05$ vs. hombres: $0,74 \pm 0,08$; $p < 0,05$). La figura 2 muestra el número de factores de riesgo cardiovascular en ambos grupos, según sexo. Los hombres del grupo HTA mostraron un mayor número de factores de riesgo que las mujeres del grupo no HTA. Hubo una mayor proporción de diabetes en los hombres del grupo HTA respecto a los otros grupos (χ^2 : 8,6541; $p < 0,05$); la frecuencia de dislipidemia fue similar y hubo mayor proporción de tabaquismo en los hombres del grupo no HTA (χ^2 : 11,5292; $p < 0,05$).

Figura 2. Factores de riesgo cardiovascular asociados en los grupos HTA y no HTA según sexo.



En cuanto al motivo de consulta, 29% consultaron por elevación de la PAS, 3% por elevación de la PAD y 68% por elevación de ambas. No se observaron diferencias entre ambos grupos ni entre hombres y mujeres (χ^2 : 1,2535; p : NS).

Ningún paciente del grupo no HTA tomaba medicación antihipertensiva. En el grupo HTA, la cantidad de fármacos antihipertensivos habituales era inferior a 2 (promedio: $1,2 \pm 0,1$ fármacos), sin diferencias entre hombres y mujeres (p : NS). Cabe señalar que 21 pacientes del grupo HTA (12%) no tomaban ningún fármaco antihipertensivo (14 mujeres y 6 hombres; χ^2 : 0,1832; p : NS). La figura 3 representa la medicación antihipertensiva tomada por los pacientes del grupo HTA. El 57% estaba bajo un régimen de

monoterapia, principalmente con inhibidores de la enzima convertidora de la angiotensina (IECA) o bloqueadores de los receptores de angiotensina II (ARA II); el 26% utilizaba una asociación de 2 fármacos (Figura 3A); 7 pacientes (4%) una asociación de 3 fármacos y solo un paciente asociaba 4 fármacos (Figura 3B).

Figura 3A. Distribución de la medicación antihipertensiva única o doble tomada por los pacientes del grupo HTA.

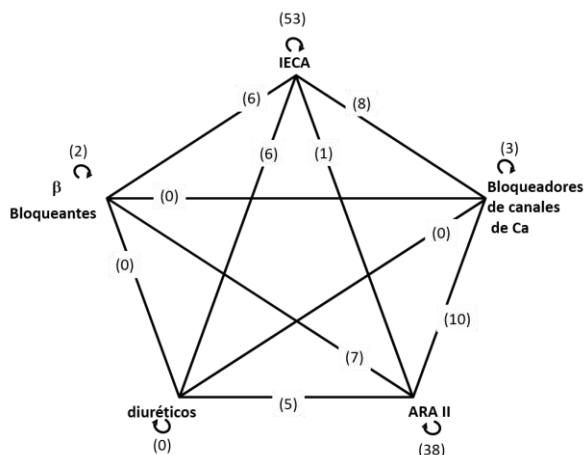
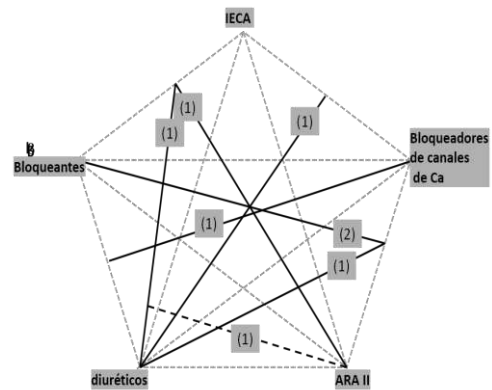


Figura 3B. Asociación de 3 o 4 fármacos hipertensivos en los pacientes del grupo HTA.



La figura 4 muestra la correlación de la edad con los valores de PAS y PAD. En el grupo no HTA no se observó una correlación entre los valores de PA y la edad, tanto en mujeres (Figura 4A) como en hombres (Figura 4B). En el grupo HTA, la edad de los pacientes se correlacionó con la PAS; en las mujeres esta correlación fue positiva (Figura 4C) y en los hombres negativa (Figura 4D). Por otro lado, la edad se correlacionó con los valores de PP solo en las mujeres del grupo HTA (Pearson r : 0,2533; IC95%: 0,06571 a 0,4237; $p < 0,01$). La edad también se correlacionó con el número de medicación antihipertensiva habitual sólo en mujeres del grupo HTA (Pearson r : 0,2611; IC95%: 0,08731 a 0,4194; $p < 0,01$). El IMC no se correlacionó con ninguna de las variables estudiadas.

Figura 4A. Relación de la edad con los valores de PAS y PAD en mujeres del grupo no HTA.

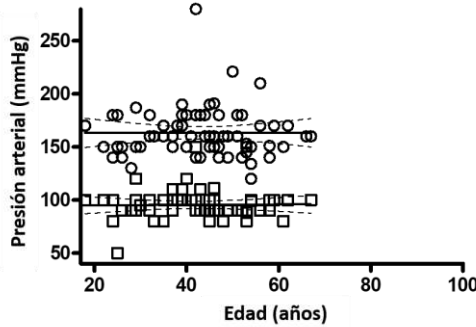


Figura 4B. Relación de la edad con los valores de PAS y PAD en hombres del grupo no HTA.

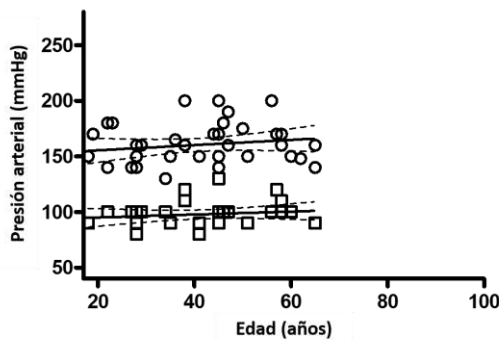


Figura 4C. Relación de la edad con los valores de PAS y PAD en mujeres del grupo HTA.

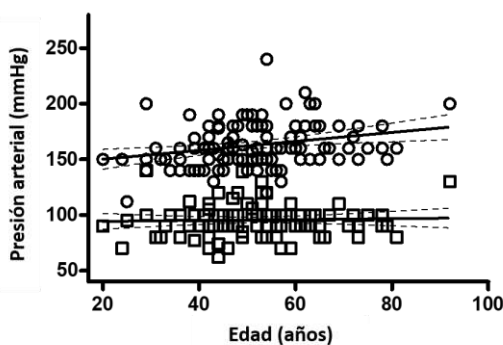
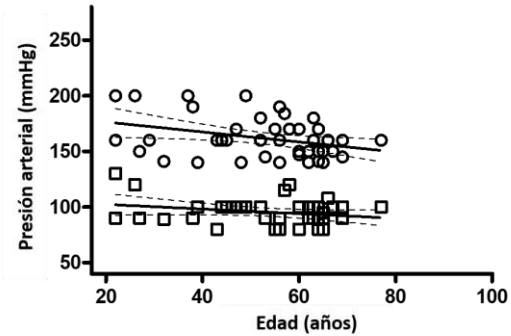


Figura 4D. Relación de la edad con los valores de PAS y PAD en hombres del grupo HTA.



Respecto a la discusión de los resultados, este estudio muestra que la población acudió al Servicio Virtual de Cardiología del Servicio de Telemedicina del SIPROSA por cifras elevadas de PA, eran individuos que se encontraban en la etapa de adultez media (promedio de edad 48 ± 1 años) y mostraban un IMC mayor respecto al normal (teniendo obesidad un 62% de los pacientes). La mayoría eran mujeres con antecedentes de HTA y, al menos, un factor de riesgo asociado que no tomaba ningún fármaco antihipertensivo en forma rutinaria o estaba en tratamiento con monoterapia

La edad de la población estudiada podría deberse a una confluencia de dos factores: Las personas más jóvenes ("adultez joven": <40 años) no realizarían la medición de su presión arterial, o no le



darían relevancia a las cifras obtenidas, por lo que no realizan consulta médica. Por otro lado, las personas mayores ("adultez tardía": >60 años) no tendrían un manejo adecuado de los recursos tecnológicos, hecho que se hizo más evidente en la cuarentena. En este sentido, aunque algunos estudios indican que, en situaciones controladas, las personas mayores podrían hacer un buen uso de la telemedicina (Bratton y Cody, 2000), otros estudios han demostrado que estos pacientes tienen menos acceso a esta herramienta tecnológica (Braswell et al., 2021; Eberly et al., 2020).

La mayoría de los pacientes eran mujeres (69%). Este hecho ya fue observado por otros autores en las consultas presenciales (Isla Pera et al., 2007; Rosa-Jiménez, Montijano Cabrera, Iliá Herráiz Montalvo y Zambrana García, 2005) y virtuales (Rosa-Jiménez et al., 2005).

Se resalta la elevada prevalencia de obesidad que se refleja en el IMC medio de la población estudiada ($32,2 \pm 0,4$) y el porcentaje de pacientes obesos. Este dato no es menor, ya que la obesidad conlleva complicaciones potencialmente graves (Suárez Carmona, Sánchez Oliver, y González Jurado, 2017). Previamente demostramos, en una población de niños y adolescentes de Tucumán, que la obesidad

afecta la función vascular en forma temprana (Joo Turoni et al., 2013). Cabe aclarar que el presente estudio se realizó en un servicio de Telemedicina, por lo que las consultas fueron voluntarias y no aleatorias, lo que sería una limitación, ya que no se pueden descartar algunos sesgos, entre los que se destaca el acceso a un celular, y que los pacientes obesos se sientan más cómodos realizando una consulta virtual que una presencial. En este sentido, se vio anteriormente que la Telemedicina fue factible y exitosa para brindar atención en una población pediátrica obesa (Suárez Carmona, Sánchez Oliver, y González Jurado, 2017). Independientemente de ello, la obesidad está presente, incluso en el grupo no HTA. La teoría de que estos resultados indican una alta prevalencia de obesidad en la población general de Tucumán se vería reforzada por un estudio realizado previamente por nuestro grupo de trabajo en una localidad rural de Tucumán, en la cual se observó 36% de obesidad y 29% de sobrepeso (Galdeano et al., 2021). Sumado a lo anterior, otros autores demostraron una alta prevalencia de obesidad en niños en edad escolar en Tucumán (Cordero y Cesani, 2018). Además, no se puede descartar un aumento de la obesidad por la cuarentena, ya que el aumento del IMC en la población



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



durante la pandemia por COVID-19 se presenta como un problema emergente para los sistemas de salud (Clemmensen, Petersen y Sørensen, 2020). Por lo tanto, la obesidad es un tema importante que debe ser profundizado en futuros estudios en la provincia de Tucumán.

Un bajo porcentaje de pacientes seguía una dieta hiposódica (23%) y el 41% no sabía si cumplía con esta medida higiénico-dietética. La dieta baja en sodio puede disminuir hasta 4 mmHg de PA en adultos mayores (Juraschek et al., 2021), y en pacientes con HTA se encontró una correlación lineal entre PAS y la disminución de la ingesta de sodio (Graudal, Hubeck-Graudal, Jürgens y Taylor, 2019), por lo que las medidas a tomar en el futuro sobre la población en estudio deberían reforzar el cumplimiento de este aspecto. Además, el 61% de los pacientes tenían al menos un factor de riesgo asociado (diabetes, dislipidemia o tabaquismo), siendo los hombres del grupo HTA los que presentaban el mayor número de factores de riesgo. Este resultado indicaría que esta población presenta un mayor riesgo, agravado por tener una mayor prevalencia de diabetes y por ser la más anciana.

La mayoría de las consultas se debieron a un aumento tanto de la PAS como de la

PAD. Si bien de forma clásica se consideró que valores elevados de la PAS están asociados con riesgo de accidente cerebrovascular y enfermedad de las arterias coronarias, el aumento de la PAD tiene interés pronóstico por sí mismo (Flint et al., 2019). Actualmente se sabe que tanto el aumento de la PAS como de la PAD están relacionados con eventos cardiovasculares (Flint et al., 2019). Si a lo mencionado se le suma que al menos el 61% tenían antecedentes de HTA ya diagnosticada, y que de estos el 20% no estaban medicados, se puede suponer que la población estudiada tenía una HTA tratada de forma inadecuada.

En cuanto al consumo de medicación antihipertensiva, casi la mitad de los pacientes con HTA se encontraban siguiendo un régimen monoterapéutico, principalmente con IECA o ARA II. Las guías nacionales actuales son categóricas en asociar al menos dos fármacos de forma temprana (Marin et al., 2018), no solo para aumentar el cumplimiento del tratamiento por parte del paciente, sino también para prevenir el daño de órganos blanco. Por tanto, este punto corroboraría la hipótesis de que los valores de PA por los que consultan los pacientes puede deberse a una medicación inadecuada, ya sea por una inadecuada prescripción de parte del médico tratante o por falta de adherencia al



tratamiento. También estaría presente una sinergia con el incumplimiento de medidas no farmacológicas. Esta hipótesis se ve reforzada por el alto IMC de los pacientes y que solo el 23% seguía una dieta baja en sodio.

El 39% de los pacientes que consultaron no tenían antecedentes de HTA. En base a las guías nacionales vigentes (Marin et al., 2018), surge la duda de si son pacientes sin HTA, son pacientes con HTA de reciente descubrimiento o pacientes con “HTA de bata blanca”. Si bien, al tratarse de mediciones que no se realizan con el médico de forma presencial, existiría una tendencia a no tomar como diagnóstico la HTA de la bata blanca, no se debería descartar este diagnóstico porque se puede producir una reacción de estrés en el momento de la medición de la presión. Sin embargo, este punto en particular debería ser estudiado con mayor profundidad en estudios futuros

Debido a que la edad de la población del grupo HTA era mayor con respecto a la del grupo no HTA, surge la duda de si en el futuro estos pacientes podrían desarrollar HTA. Este punto de vista estaría respaldado por la correlación positiva entre la edad y los valores de PAS en las mujeres del grupo HTA. Sin embargo, en los hombres del grupo HTA esta correlación

fue negativa, por lo que se necesitan más estudios. También se ha demostrado que los hombres tienen una menor adherencia al tratamiento antihipertensivo (Pan et al., 2019), por lo que se podría hipotetizar que los hombres jóvenes cumplen en menor medida las medidas higiénico-dietéticas y la medicación.

Se destaca que el Servicio de Telemedicina podría ser utilizado para el seguimiento de los pacientes y así mejorar su salud cardiovascular. En este sentido, estudios previos han demostrado que la telemedicina puede ser fundamental para el seguimiento de pacientes obesos y con HTA (Jackson, Pietrabissa, Rossi, Manzoni, y Castelnuovo, 2018; Ufholz, y Bhargava, 2021; Lu et al., 2019). Se proyecta, por lo tanto, en consonancia con otros trabajos (Zhang, Cheng, Zhu, Huang y Shen, 2021), realizar seguimiento de estos pacientes para evaluar el riesgo cardiovascular y ajustar la medicación si es necesario. Además, de este estudio surge que las políticas de salud en Tucumán deberían actuar sobre los hábitos alimentarios, utilizando el Servicio de Telemedicina como herramienta de ingreso y seguimiento de los pacientes para controlar los factores de riesgo y disminuir la morbimortalidad cardiovascular.



CONCLUSIONES

La población que consultó al Consultorio Virtual de Cardiología por un incremento de la PA durante la pandemia de COVID 19, independientemente de presentar el antecedente de HTA, presentó una elevada prevalencia de obesidad, y casi la mitad, al menos un factor de riesgo asociado. Además, los pacientes con HTA conocida realizaban un tratamiento farmacológico insuficiente y no seguían una dieta hiposódica. Hipotetizamos que la telemedicina surge así como una herramienta para evaluar y dar seguimiento a la población estudiada más allá de la época de la pandemia.

BIBLIOGRAFÍA

Segura de la Morena, J., Campo Sien, C., Roldán Suárez, C., y Ruilope Urioste, L. M. (2004). Control de la presión arterial domiciliar a través de la telemedicina. *Hipertensión y Riesgo Vascular*, 21(2), 71-77. [https://doi.org/10.1016/S1889-1837\(04\)71458-0](https://doi.org/10.1016/S1889-1837(04)71458-0)

Gray, D. P., Sidaway-Lee, K., Harding, A., y Evans, P. (2020). Reduction in face-to-face GP consultations. *The British journal of general practice* :

the journal of the Royal College of General Practitioners, 70(696), 328.

<https://doi.org/10.3399/bjgp20X710849>

Urtubey, X., y Petrich, M. (2002). Argentina's national telemedicine programme: reasons for a premature failure. *Journal of telemedicine and telecare*, 8 Suppl 3, 69–71. <https://doi.org/10.1258/13576330260440916>

Bashshur, R., Doarn, C. R., Frenk, J. M., Kvedar, J. C., y Woolliscroft, J. O. (2020). Telemedicine and the COVID-19 Pandemic, Lessons for the Future. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association*, 26(5), 571–573. <https://doi.org/10.1089/tmj.2020.29040.rb>

Marin, M., Bendersky, M., Páez O., Obregón, S., Rodríguez, P., y Cerezo, G. (2018). Consenso Argentino de Hipertensión Arterial. *Rev Argent Cardiol*, 68(2): 1 - 53

WHO Consultation on Obesity (1999: Geneva S.) & Organization W. H. (2000). *Obesity: preventing and*



- managing the global epidemic: report of a WHO consultation.* World Health Organization. Recuperado de World Health Organization website:
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>
- Bratton, R. L., y Cody, C. (2000). Telemedicine applications in primary care: a geriatric patient pilot project. *Mayo Clinic proceedings*, 75(4), 365–368.
<https://doi.org/10.4065/75.4.365>
- Braswell, M., Wally, M. K., Kempton, L. B., Seymour, R. B., Hsu, J. R., Karunakar, M., ... Wohler, A. D. (2021). Age and socioeconomic status affect access to telemedicine at an urban level 1 trauma center. *OTA International: The Open Access Journal of Orthopaedic Trauma*, 4(4), e155.
<https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000155>
- Eberly, L. A., Kallan, M. J., Julien, H. M., Haynes, N., Khatana, S. A. M., Nathan, A. S., ... Adusumalli, S. (2020). Patient Characteristics Associated With Telemedicine Access for Primary and Specialty Ambulatory Care During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Network Open*, 3(12), e2031640.
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.31640>
- Isla Pera, P., Castella Lázaro, E., Insa Soria, R., López Matheo, C., Icart Isern, T., Blanco Rodríguez, M., ... Serrato Villa, M. (2007). Proporción de carga asistencial generada por la diabetes mellitus en las consultas de enfermería de atención primaria de salud. *Endocrinología y Nutrición*, 54(1), 2-9.
[https://doi.org/10.1016/S1575-0922\(07\)71399-2](https://doi.org/10.1016/S1575-0922(07)71399-2)
- Rosa-Jiménez, F., Montijano Cabrera, A. M., Iliá Herráiz Montalvo, C., y Zambrana García, J. L. (2005). [Do women demand to be assisted at medical clinics more often than men?]. *Anales De Medicina Interna (Madrid, Spain: 1984)*, 22(11), 515-519.
- Suárez Carmona, W., Sánchez Oliver, A., y González Jurado, J. (2017). Fisiopatología de la obesidad: Perspectiva actual. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(3), 226-233.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000300226>
- Joo Turoni, C., Marañón, R. O., Felipe, V., Bruno, M. E., Negrete, A., Salas, N.,



- Bazán de Casella, M. C., y Peral de Bruno, M. (2013). Arterial stiffness and endothelial function in obese children and adolescents and its relationship with cardiovascular risk factors. *Hormone research in paediatrics*, 80(4), 281–286. <https://doi.org/10.1159/000354991>
- Suárez Carmona, W., Sánchez Oliver, A., y González Jurado, J. (2017). The Feasibility and Satisfaction of Using Telemedicine to Provide Tertiary Paediatric Obesity Care. *Journal of the International Society for Telemedicine and EHealth*, 6(1), e16 (1-9). Recuperado de <https://journals.ukzn.ac.za/index.php/JISfTeH/article/view/598>
- Galdeano, R. S., Holownia, D., Palavecino, D. O., Abregú, J. D., Silvina, M., Jordan, R., ... Turoni, C. J. (2021). Evaluation of Cardiovascular Variables in a Calchaquí Population in the Middle and High Mountains of Tucumán. *Revista argentina de cardiología*, 89(1), 20-26. <https://doi.org/10.7775/rac.es.v89.i1.19095>
- Cordero, M. L., y Cesani, M. F. (2018). Sobrepeso, obesidad y salud percibida en contextos de pobreza de Tucumán, Argentina. *Salud colectiva*, 14(3), 563-578. <https://doi.org/10.18294/sc.2018.1309>
- Clemmensen, C., Petersen, M. B., y Sørensen, T. (2020). Will the COVID-19 pandemic worsen the obesity epidemic?. *Nature reviews. Endocrinology*, 16(9), 469–470. <https://doi.org/10.1038/s41574-020-0387-z>
- Juraschek, S. P., Millar, C. L., Foley, A., Shtivelman, M., Cohen, A., McNally, V., ... Sahni, S. (2021). The Effects of a Low Sodium Meal Plan on Blood Pressure in Older Adults: The SOTRUE Randomized Feasibility Trial. *Nutrients*, 13(3), 964. <https://doi.org/10.3390/nu13030964>
- Graudal, N., Hubeck-Graudal, T., Jürgens, G., y Taylor, R. S. (2019). Dose-response relation between dietary sodium and blood pressure: a meta-regression analysis of 133 randomized controlled trials. *The American journal of clinical*



- nutrition*, 109(5), 1273–1278.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy384>
- Flint, A. C., Conell, C., Ren, X., Banki, N. M., Chan, S. L., Rao, V. A., ... Bhatt, D. L. (2019). Effect of Systolic and Diastolic Blood Pressure on Cardiovascular Outcomes. *New England Journal of Medicine*, 381(3), 243-251.
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1803180>
- Pan, J., Wu, L., Wang, H., Lei, T., Hu, B., Xue, X., y Li, Q. (2019). Determinants of hypertension treatment adherence among a Chinese population using the therapeutic adherence scale for hypertensive patients. *Medicine*, 98(27), e16116.
<https://doi.org/10.1097/MD.000000000016116>
- Jackson, J. B., Pietrabissa, G., Rossi, A., Manzoni, G. M., & Castelnuovo, G. (2018). Brief strategic therapy and cognitive behavioral therapy for women with binge eating disorder and comorbid obesity: A randomized clinical trial one-year follow-up. *Journal of consulting and clinical psychology*, 86(8), 688–701.
<https://doi.org/10.1037/ccp0000313>
- Ufholz, K., y Bhargava, D. (2021). A Review of Telemedicine Interventions for Weight Loss. *Current cardiovascular risk reports*, 15(9), 17. <https://doi.org/10.1007/s12170-021-00680-w>
- Lu, X., Yang, H., Xia, X., Lu, X., Lin, J., Liu, F., y Gu, D. (2019). Interactive Mobile Health Intervention and Blood Pressure Management in Adults. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, 74(3), 697–704.
<https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.13273>
- Zhang, W., Cheng, B., Zhu, W., Huang, X., y Shen, C. (2021). Effect of Telemedicine on Quality of Care in Patients with Coexisting Hypertension and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association*, 27(6), 603–614.
<https://doi.org/10.1089/tmj.2020.0122>

Conocimiento sobre Planificación Familiar y Utilización de Anticonceptivos en Estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa, año 2021



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D.35. Atención Primaria de la Salud

Conocimiento sobre Planificación Familiar y Utilización de Anticonceptivos en Estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa, año 2021

Autores: Chamorro Yeza, Patricia Lucía; email: plchamorro@medicina.uni.edu.py;

Dovguñec Dubatowska, Ruth Julia; email: rjdovgunec@medicina.uni.edu.py

Profesor/a guía: Ferreira Cyncar, Fernando; email: ferreira.cyncar@gmail.com

Universidad Nacional de Itapúa

Resumen

Introducción: La planificación familiar (PF) es una herramienta gratuita que disponemos en la salud pública y que ofrece a las parejas información necesaria con la cual respaldar sus conductas reproductivas, con la PF se busca evitar los embarazos no deseados principalmente en aquella población joven, sin conocimientos.

Objetivo: Evaluar los conocimientos sobre Planificación Familiar y utilización de Anticonceptivos en los Estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa en el año 2021.

Método: Estudio de tipo observacional, descriptivo, de corte transversal. Con la confección de un cuestionario digital se recolectaron datos de los alumnos del primer año de diferentes las carreras de la Universidad Nacional de Itapúa, que cumplieron los criterios de inclusión.

Resultados: Se obtuvieron 136 respuestas. El 90% con un nivel alto de conocimiento sobre PF, un promedio de edad de 20 años, 79% de sexo femenino y 95,5% de estado civil soltero, eran sexualmente activos en un 65%, en cuando a la edad de inicio de las relaciones sexuales el promedio fue de 17 años y el 16,2% negó haber iniciado su vida sexual, el 80% seleccionó utilizar anticonceptivos, el preservativo en su mayoría en un 74%, la mayor fuente de información consultada al momento de elegir un método anticonceptivo fue a un personal de salud y 89,7% afirmó que desea recibir charlas orientativas sobre planificación familiar.

Conclusión: Un estado de salud integral exige una atención multidisciplinaria, esto incluye también un desarrollo sexual pleno y responsable. Es notable el nivel de conocimiento, aunque es necesario esclarecer los conceptos incorrectos para apuntar a conductas reproductivas apropiadas y seguras

Palabras claves: Planificación familiar, métodos anticonceptivos, universitarios.



Introducción

La Planificación Familiar (PF) es una estrategia muy simple o sencilla que puede ayudar a las familias a tener conductas reproductivas adecuadas para que así puedan lograr un desarrollo saludable en la mejor forma, permitiéndoles contar con metodologías que contribuyan a limitar su tamaño, para lograr una mejor distribución de sus recursos (Gutiérrez, M., 2013).

Debido a los riesgos sociales y económicos y a las repercusiones sobre la salud pública que tienen el embarazo temprano y el contagio de enfermedades de transmisión sexual (ETS) entre la población joven, es necesario conocer qué saben y cuáles son las prácticas y actitudes de las (os) jóvenes sobre estos asuntos, con el fin de diseñar estrategias de educación y comunicación tendientes a promover en esta etapa de la vida comportamientos saludables (Mosquera J, Mateus JC, 2003). De todos los beneficios de la PF y su instrucción al uso correcto de anticonceptivos nos centramos en que su uso entre mujeres y niñas aumenta el acceso a la educación, como se ha visto, muchas adolescentes con un embarazo se ven obligadas a abandonar la escuela (Gutiérrez, M., 2013).

La política de planificación familiar no significa restringir los nacimientos, sino una actuación consciente con un alto sentido de responsabilidad que tener hijos deseados y que nazcan en condiciones apropiadas, incluye tener servicios apropiados para brindar información, orientación y asistencia a parejas infértiles (González I, Miyar E., 2001).

En un trabajo realizado por Jorge Peláez Mendoza (2016) se menciona que el mejor método anticonceptivo es aquel que el joven, de preferencia ambos miembros de la pareja, escojan debidamente informados. Los anticonceptivos hormonales combinados son seguros y eficaces para adolescentes y la anticoncepción de emergencia es de gran utilidad en situaciones excepcionales, pero no como método regular (Peláez Mendoza Jorge, 2016).

Contreras G, Ibarra M, Casas O, Camacho E, Velasco D (2020) investigaron "El conocimiento sobre métodos anticonceptivos y la conducta sexual en jóvenes universitarios", se consideraron 224 alumnos del campus de la Universidad Autónoma del Estado de México. La edad promedio de los participantes fue de 19,11 años, el 51% informaron recibir información sobre métodos de planificación familiar entre 13 y 17 años, proviniendo de su profesor/a, 69% de los estudiantes



reportaron haber tenido relaciones sexuales; de los cuales 97% respondieron que antes de ingresar al nivel superior recibieron la información sobre métodos anticonceptivos. Actualmente 45% no utiliza algún método anticonceptivo (Contreras-Landgrave Georgina y colab., 2020).

Guerrero H, Benavides M, Guzmán E, Meneses C, (2017) publicaron acerca del “Nivel de conocimientos, actitudes y prácticas sobre métodos anticonceptivos en los estudiantes de la Facultad de Medicina Humana “Daniel Alcides Carrión””, se consideraron 163 estudiantes, de los cuales en cuanto a conocimientos se encontró un 90.6% de conocimientos adecuados respecto a los preservativos, un 79.8% con respecto a las píldoras anticonceptivas; y un 75.3% posee un conocimiento adecuado del método del ritmo. En el inicio de la actividad sexual encontramos como promedio que la edad fue de 18 años; un 34.9% refirió ser sexualmente activo al momento del estudio y de ellos sólo un 32% refiere haber usado un método anticonceptivo en su primera relación sexual. Del grupo de estudiantes que refirieron no haber iniciado su vida sexual activa, el 75% refiere que optarían por el uso de preservativo y el 87% que elegirían un método anticonceptivo que

produjera el menor daño a su salud (Guerrero-Ortiza HA y colab., 2017).

Herrera IA, Reyes JF, Rojas KP, Tipán ML, Torres CA, Vallejo LM, Zemanate LF (2018), publicaron “Salud sexual reproductiva en estudiantes universitarios: conocimientos y prácticas” teniendo como población a 415 estudiantes de los cuales se encontró un predominio masculino del 50,7%, la edad promedio fue de 19 años, el 62% tiene un nivel de conocimientos deficientes sobre salud sexual y reproductiva, el 78% inicio vida sexual con edad promedio de 16 años, un gran porcentaje de estos estudiantes tienen entre 1 y 3 compañeros(as) sexuales al año. En un 70% se encontró que el condón fue su primera elección en su primera relación sexual y el 12,3% de la población incluso utilizó la píldora de emergencia. Demostrando que el nivel de conocimiento acerca de salud sexual y reproductiva es deficiente y que la mayoría de los estudiantes encuestados utilizan al menos un método de planificación familiar en sus relaciones sexuales (Herrera-Zuleta IA y colab., 2018).

Téllez S (2019) investigó sobre los “Conocimientos, actitudes y prácticas sobre métodos de planificación familiar, en estudiantes de primer ingreso de La Universidad Ciencias Médicas en el año 2019.” Consideró una muestra de 89



estudiantes universitarios, en las características sociodemográficas el 82% tenían edades de 17-21 años. En relación a los conocimientos sobre planificación familiar, un 75.3% se acercó a la definición cercana a la de la OMS; los métodos más conocidos fueron el condón en un 91%. Un 85% los comprarían en cualquier establecimiento; obtienen información sobre métodos anticonceptivos con sus amistades 49.4%, y estarían dispuestos a recibir orientaciones sobre planificar 40%. De las prácticas, el 51.7% iniciaron vida sexual activa a los 16 años, sin embargo, el 69,7% no se protegen con preservativos en cada relación sexual (Téllez Parajón SP., 2019).

López DM, Olivo R, Pintado F, Moreano NE, (2020) publicaron “Conocimientos y uso de métodos anticonceptivos en estudiantes universitarios” en donde tuvieron una muestra de 70 estudiantes, de los mismos se obtuvo una edad promedio de 21.6 años. En cuanto al género 58% eran mujeres. Todos habían recibido información acerca de métodos anticonceptivos. Del total de estudiantes un 56% refirió haber recibido información de sus padres, pero solo el 36% dijo que de la escuela y apenas un 9% de sus amigos (López Domínguez DM y colab., 2020).

La totalidad de los encuestados conocía el preservativo, seguido de los anticonceptivos orales en un 81% y la píldora de emergencia con un 51%, así mismo la ligadura de trompas con un 46%. Otros métodos que mencionaron conocer fueron el método del ritmo, la vasectomía, el coito interrumpido y la lactancia materna, pero en una frecuencia de menos del 10% para cada uno. El género no influyó en los conocimientos de los estudiantes acerca del funcionamiento de los métodos anticonceptivos que conocen, siendo el preservativo del que más conocen ambos géneros. Sobre la seguridad el 61% dijo que era el preservativo, seguido de los anticonceptivos orales con un 60% y de la píldora de emergencia con un 36%. Otro aspecto encuestado fue el conocer quién consideran como responsable de tomar la decisión de utilizar el método anticonceptivo y la mayor frecuencia de respuestas fue para la mujer en un 54% (López Domínguez DM y colab., 2020).

Sandoval M; Gutiérrez R y Rizo D (2015) investigaron acerca del “Conocimiento y práctica sobre educación sexual que poseen los estudiantes de Quinto Año de las Carreras del Instituto Politécnico de la salud, Polisal, UNAN-Managua” en la cual se determinó que solo el 55% de todas las carreras tienen conocimiento acerca de Métodos anticonceptivos, identificándose



que los métodos más utilizados son la inyección mensual y el condón ambos con un 14%, y el 31% de los estudiantes no están utilizando ningún método. Con relación con el uso de preservativos, el 30% si utilizan durante las relaciones sexuales, y el 30% aún no tenían relaciones sexuales (Sandoval Velásquez MY., y colab., 2015).

Objetivos

General: Evaluar los conocimientos sobre Planificación Familiar y utilización de Anticonceptivos en los Estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa en el año 2021.

Específicos:

- Determinar datos demográficos de los estudiantes.
- Registrar la edad de inicio de las relaciones sexuales, número de parejas sexuales e identificar los que aún no han iniciado su vida sexual.
- Especificar la frecuencia de los métodos anticonceptivos y la fuente de información para utilizarlos.
- Registrar el interés en recibir charlas sobre educación en planificación familiar.

Materiales y métodos

Se elaboró un cuestionario a través de un software gratuito que es el Google forms, las encuestas fueron socializadas a través de las redes sociales de conexión con los diferentes encargados de cada curso, Antes de empezar el cuestionario se registró un consentimiento informado, luego se procedió a marcar las opciones que los estudiantes consideren ser las más acertadas. Las respuestas fueron en múltiples opciones y no hubo espacios para completar a excepción del destinado para la edad y el número de parejas sexuales, dejando en blanco la opción si aún no ha iniciado su vida sexual. Las dudas con las preguntas de la encuesta fueron aclaradas de forma virtual por las encuestadoras.

El presente trabajo cuenta con un diseño metodológico, descriptivo, de corte transversal. Se llevó a cabo del mes de julio al mes de septiembre del año 2021, incluyendo a todos los estudiantes del primer año de las diversas carreras de la Universidad Nacional de Itapúa. Fue un muestreo de tipo no probabilístico, por conveniencia, incluyendo a todos los alumnos que accedieron a completar la encuesta virtual, previa aprobación de su consentimiento y excluyendo aquellas encuestas incompletas. Asimismo, los análisis y gráficos estadísticos obtenidos

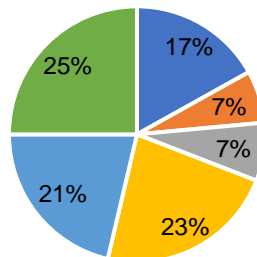
se realizaron utilizando Microsoft Office Excel 2016.

Resultados y discusión

De las 136 encuestas realizadas, se registraron las siguientes facultades de la Universidad Nacional de Itapúa. En orden decreciente la cantidad de encuestas realizadas fue la siguiente:

Gráfico Nº 1. Cantidad de respuestas por facultad -
Fuente: de elaboración propia.
n:136

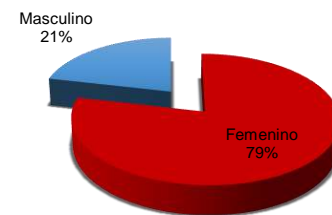
- Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
- Facultad de Ciencias Jurídicas
- Facultad de Ciencias y Tecnología
- Facultad de Humanidades, Ciencias Sociales y Cultura Guaraní



El rango etario de los encuestados se presentó desde los 18 hasta los 38 años, siendo la media de 20, la mediana de 19 y la moda de 18 años.

En el gráfico n° 2 se expresa los datos de los encuestados en relación al sexo.

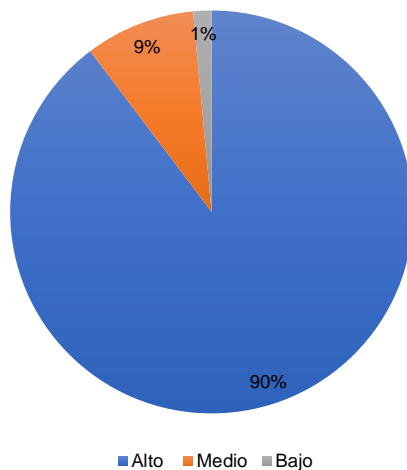
Gráfico Nº 2.: Sexo.
Fuente: de elaboración propia.
n:136



De todos los encuestados la mayoría (130) es soltero/a, 3 se encuentran casado/a, 2 divorciadas y 2 en uniones libres.

Se consideró como el nivel de conocimiento: Alto al responder 6 – 7 preguntas correctamente, Medio al responder 4 – 5 preguntas correctamente y Bajo menor a 4, se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfico N° 3.: Nivel de conocimiento.
Fuente: de elaboración propia.
N: 136



Teniendo como concepto de sexualidad activa: Expresión conductual de la sexualidad personal donde el componente erótico de la sexualidad es el más evidente, los encuestados respondieron y se obtuvieron los siguientes resultados:

Estado Civil	Cantidad
Casado/a	3
Divorciada	2
En pareja	1
Noviazgo	1
Soltero/a	130

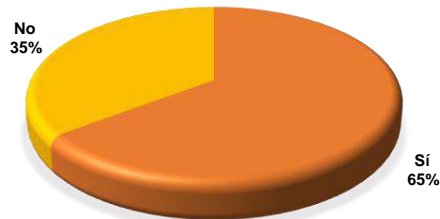
Tabla 1.: Estado Civil – Fuente de elaboración propia. N: 136

Tabla N.º 2.: Edad de inicio de relaciones sexuales.

Fuente de elaboración propia.
N: 136

Edad	Cantidad
Aún no inició	22
13	1
14	5
15	11
16	22
17	37
18	22
19	4
20	8
21	2
23	2

GRÁFICO Nº 4.: SEXUALIDAD ACTIVA.
FUENTE: DE ELABORACIÓN PROPIA.
N: 136



En la tabla Nº 2 se observan los resultados obtenidos respecto a la edad de inicio de las relaciones sexuales. Entre los 114 encuestados la mediana fue de 17 años así como también la moda y el promedio.

En la tabla Nº3 se observan la cantidad de parejas sexuales, siendo la moda 1 pareja sexual, seguida por 2 parejas sexuales.

Cantidad de Parejas sexuales	Cantidad de encuestados
Ninguna	22
No sabe	4
1	36
2	24
3	15
4	12
5	5
6	7
7	3
8	1
11	1
12	2
13	2
16	1
30	1

Respecto a la utilización de algún anticonceptivo el 80% respondió que sí utiliza.

Tabla Nº 3.: Cantidad de Parejas Sexuales.

Fuente: de elaboración propia.

N:136

El 74% de los encuestados alegó que utiliza como anticonceptivo el preservativo, quedando este como el más frecuentemente utilizado, así también lo



asocian a otro método de anticoncepción siendo en orden de frecuencia el coito interrumpido en un 15%, píldora del día después 10% e implante anticonceptivo en un 9%.

Respecto a la fuente de información para la elección del método de anticoncepción, los resultados fueron los siguientes:

Tabla N° 4.: Fuente de Información para la elección del método anticonceptivo

Fuente: de elaboración propia.

N:136

El nivel de conocimiento evaluado en los 136 alumnos arrojó como resultado un nivel alto en un 90%, lo que concuerda con los datos expuestos por los trabajos similares, pero a su vez difiere con los números publicados por Herrera y asociados en su artículo denominado “Salud sexual reproductiva en estudiantes universitarios: conocimientos y prácticas”, en donde el mayor porcentaje (62 %) correspondía a un conocimiento deficiente. En la utilización de algún método anticonceptivo el 80% respondió de manera afirmativa, no ajustándose a los datos reportados por los trabajos de Contreras y compañía, Téllez, y Sandoval y asociados en donde 45%,

Fuente de Información	Cantidad
Amigos	19
Padres	11
Parientes	2
Profesional de la salud	63
Redes sociales	8
Televisión	2
Otros	31

Un total de 89.7% de los encuestados respondió que sí a recibir charlas sobre planificación familiar en un futuro.

69,7%, 31% respectivamente de los estudiantes dijo no utilizarlo.

En los datos demográficos tuvimos en primera instancia al sexo femenino como el mayor porcentaje en un 79%, el promedio de edad fue de 20 años, siendo la mayoría soltero (95,5%). En lo relacionado al sexo los datos coinciden con los expresados en los trabajos similares exceptuando al realizado por Herrera y colaboradores quienes tuvieron mayor respuesta del sexo masculino, el promedio de edad es bastante cercano a lo expresado en los trabajos expuestos y en relación al estado civil también es similar.



La edad de inicio de relaciones sexuales se encontró un promedio de 17 años, dato cercano a lo expuesto en los trabajos similares, el número mayor de parejas sexuales expresado fue de 1 y 2, número similar a lo encontrado por Herrera y colaboradores, así también el 16,2% dijo aún no haber iniciado su vida sexual, porcentaje que difiere con el trabajo realizado por Sandoval y asociados, y Guerrero y colaboradores en los que el 30% y el 65,1% respectivamente aún no habían iniciado su vida sexual.

Referente al método anticonceptivo más utilizado, el preservativo en un 74%, así también, frecuentemente, lo asocian a otro método de anticoncepción como el coito interrumpido, implantes e incluso píldora del día después, resultados que

Conclusiones

Contar con las herramientas adecuadas para una vida sexual plena y sana debería ser uno de los pilares más sólidos que forjar desde edades tempranas y adecuadas. Los métodos anticonceptivos son una de estas herramientas clave, no solo en el control de la natalidad como método de planificación sino también como prevención de enfermedades infecto-contagiosas adquiridas a través del acto sexual.

concuerdan con trabajos similares. Al momento de la elección el mayor porcentaje (46,3%) dijo haber recibido información de algún personal de salud que se contrapone a lo expuesto por Contreras y asociados en su trabajo “El conocimiento sobre métodos anticonceptivos y la conducta sexual en jóvenes universitarios” en donde la mayoría refería haber recibido esta información por parte de un profesor, así también López y colaboradores afirmaron que su fuente de información fueron sus padres, mientras que Téllez el porcentaje más significativo lo hacía por medio de sus amistades. En lo que refiere al interés de recibir charlas sobre planificación familiar en un futuro 89,7% respondió positivamente en contraposición a lo expresado por Téllez donde sólo 40% dijo estar interesado.

Según con los datos expuestos en el presente trabajo de investigación cabe resaltar de manera positiva que la mayoría de los jóvenes posee un alto nivel de conocimiento acerca de estos métodos y que sobre todo los utilizan regularmente; así también se encuentran abiertos e interesados a recibir en un futuro informaciones de utilidad sobre planificación familiar. Otro aspecto llamativo encontrado en los números fue que cada vez más jóvenes acuden a algún personal de salud como asesamiento. La



edad de inicio de las relaciones sexuales también apuntó a una edad un poco más madura de lo que se creería por los registros de embarazo adolescente de nuestro país; dato que nos conduce a suponer quizás a un mayor nivel de conciencia respaldado por el nivel educacional, socio-afectivo o mayor acceso a informaciones.

Si bien, la mayoría utiliza al preservativo como anticoncepción lo realmente preocupante es la creencia y la utilización de la píldora del día después como método principal o asociado a otros; resultando este un concepto importante a clarificar mediante las charlas propuestas en el trabajo para apostar a uso correcto y responsable.

Es de suma necesidad ir rompiendo cada vez más los tabúes que giran alrededor de este tema e ir generando vida sexuales sanas y responsables desde el comienzo, a fin de erradicar ya en edades jóvenes, de manera definitiva, la desinformación, los embarazos no deseados y las enfermedades sexuales prevenibles.

Referencias

Gutiérrez, M. (2013). *La Planificación Familiar Como Herramienta Básica para el Desarrollo*. Rev Peru Med Exp Salud Publica [en línea].

<https://www.scielosp.org/pdf/rpmes/p/2013.v30n3/465-470/es>

Mosquera J, Mateus JC. (2003). *Conocimientos, actitudes y prácticas sobre métodos de planificación familiar, VIH-SIDA y el uso de los medios de comunicación en jóvenes*.

<https://colombiamedica.univalle.edu.co/index.php/comedica/article/view/275>

González I, Miyar E. (2001) Consideraciones sobre planificación familiar: métodos anticonceptivos.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252001000400010&lng=es.

Peláez Mendoza Jorge. (2016). *El uso de métodos anticonceptivos en la adolescencia*.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-600X2016000100011&lng=es.

Contreras-Landgrave Georgina, Ibarra-Espinosa Manuel Leonardo, Casas-Patiño Óscar Dónovan, Camacho-Ruiz Esteban Jaime, Velasco-Cañas Diego Fernando. (2020). *El conocimiento sobre métodos anticonceptivos y la conducta sexual en jóvenes universitarios*.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121757720200020007 0&lng=en.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP-2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Guerrero-Ortiza HA, Benavides-Espinoza M, Guzman-Barrantes EK, Meneses-Prieto CC. (2019). *Nivel De Conocimientos, Actitudes Y Prácticas Sobre Métodos Anticonceptivos En Los Estudiantes De La Facultad De Medicina Humana “Daniel Alcides Carrión”.*

<http://revistas.unica.edu.pe/index.php/panacea/article/view/46>

Herrera-Zuleta IA, Reyes-Salazar JF, Rojas-Velasco KP, Tipán ML, Torres-López CA, Vallejo Trujillo LM, Zemanate-Ordoñez LF. (2018). *Salud sexual reproductiva en estudiantes universitarios: conocimientos y prácticas.*

<https://revistas.ufps.edu.co/index.php/cienciaycuidado/article/view/1233>

Téllez Parajón SP. *Conocimientos, actitudes y prácticas sobre métodos de planificación familiar, en estudiantes de primer ingreso de La Universidad Ciencias Médicas en el año 2019.* (2019).

<https://repositorio.unan.edu.ni/11192/1/t1066.pdf>

López Domínguez DM, Olivo Torres R, Pintado Astudillo F, Moreano Ojeda NE.

Conocimientos y uso de métodos anticonceptivos en estudiantes universitarios. (2020).

<https://www.dilemascontemporane>

oseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/2020

Sandoval Velásquez MY, Gutiérrez Palma RA, Rizo Oporta DE. *Conocimiento y práctica sobre educación sexual que poseen los estudiantes de Quinto Año de las Carreras del Instituto Politécnico de la salud, Polisal, UNAN-Managua.* (2015).

<https://repositorio.unan.edu.ni/2385/>

Frecuencia de hipertensión arterial y factores de riesgo
asociados en trabajadores de la FACISA UNE en el año 2021
Universidad Nacional del Este - Facultad de Ciencias de la Salud



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

D.35. Atención Primaria de la Salud

Frecuencia de hipertensión arterial y factores de riesgo asociados en trabajadores de la FACISA UNE en el año 2021

Universidad Nacional del Este - Facultad de Ciencias de la Salud

Autor: Rolón, Carmen; carmen_rolon_07@hotmail.com

Co-autor (es): Alcaraz, Hugo; hugoalcaraz541@gmail.com; Barreto, Richard; richardmartinb@gmail.com; Monges, Miguel; miguel_enri@hotmail.com; Flecha, Magno; martin_flecha@hotmail.es; Guerrero, Albercio; albercioguerrero365@gmail.com

Profesor/a guía: Giménez, Andrea; gimenezandrea11@gmail.com

Tutor: Andrea Elizabeth Giménez Ayala - Docente investigador del Centro de Investigaciones Médicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional del Este, Minga Guazú, Paraguay - gimenezandrea11@gmail.com

Universidad Nacional del Este - Facultad de Ciencias de la Salud

Resumen

La alta prevalencia de la hipertensión arterial y la consideración del recurso humano como el mejor capital de una empresa, lleva a concluir que la obtención del registro de la frecuencia de HTA y de sus factores de riesgo entre los funcionarios es importante para poder aplicar medidas que favorezcan la salud de los mismos implementando políticas de mejoramiento de los factores de riesgos modificables, esto se reflejará con la mejor gestión de la institución y mejor servicio para la comunidad.

Trabajo de investigación con diseño observacional analítico de corte transversal, que consistió en determinar la frecuencia de Hipertensión Arterial en los

funcionarios de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Este. Para ello el instrumento utilizado fue la versión paraguaya del instrumento STEPS (principal y ampliada) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para vigilancia de los factores de riesgo de las enfermedades crónicas. Los factores de riesgos analizados fueron: El sexo, la edad, nivel educacional, nivel socioeconómico, tabaquismo, consumo de alcohol, dieta, actividad física, antecedentes familiares, peso y talla, circunferencia de la cintura, estrés y salud mental. según MC para obesidad grado II arrojó un OR=5, el 100% de los participantes con obesidad grado III



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



presentaron hipertensión arterial. Se concluye que el sexo masculino y la obesidad de grado II y III son factores de riesgo para la hipertensión en los funcionarios de la FACISA UNE. Este resultado brinda la posibilidad de poder implementar cambios de conductas para disminuir los factores de riesgo modificables, en la población de estudio.

Palabras clave: Hipertensión Arterial 1,
Funcionarios 2, Factores de riesgo 3



Introducción

Según la OMS la hipertensión, también conocida como tensión arterial alta o elevada, es un trastorno en el que los vasos sanguíneos tienen una tensión persistentemente alta, lo que puede dañarlos. El diagnóstico de HTA se basa en la medición de la presión arterial (PA) en la consulta médica. Así entonces, se considera un paciente como hipertenso cuando presenta repetidamente cifras mayores o iguales a 140/90 mmHg. (Tagle, 2018)

Universalmente no hay un número aceptado de mediciones ni de visitas necesarias para el diagnóstico de HTA. Las guías internacionales no son muy específicas y todas recomiendan varias mediciones en la consulta en días diferentes, en otras palabras, luego de varias “visitas”. (Tagle, 2018)

La presión arterial es una variable que se representa por 2 números que simbolizan la presión sistólica y la diastólica. En general la sistólica se menciona primero (Berenguer Guarnaluses, 2016).

Según la nueva guía de presión arterial, el New 2017 guidelines for the management of arterial hypertension lanzada recientemente por el ACC (American College of Cardiology), la AHA (American

Heart Association) y otras asociaciones involucradas en el manejo de la hipertensión arterial en los Estados Unidos de América) (Skapino & Alvarez Vaz, 2016), se considera presión **arterial normal** (PAS: <120 mmHg y/o PAD: <80 mmHg); **presión arterial elevada** (PAS: 120-129 mmHg y/o PAD: <80 mmHg), **HTA estadio 1** (PAS: 130-139 mmHg y/o PAD: 80-89 mmHg) e **HTA estadio 2** (PAS: ≥140 mmHg y/o PAD: ≥90 mmHg), para alertar a los médicos y a la sociedad en la prevención de la HTA en personas con presión arterial elevada (Ortiz Galeano, Fariña-López, Insaurralde Rodríguez, & Chirico Achinelli, 2019).

La Hipertensión Arterial puede ser vista tanto como una enfermedad en sí misma, como un factor de riesgo para desencadenar otras enfermedades. (MSPBS, 2014). La HTA es un factor de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles (MSPBS, 2012), principalmente las cardiovasculares (como ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares) (Ortiz Galeano et al., 2019). A nivel mundial la mitad de las muertes por accidentes cerebrovasculares y cardiopatías coronarias son atribuibles a



Hipertensión Arterial.(MSPBS, 2012).

Causas, signos y síntomas de Hipertensión Arterial.

No se conoce la causa de la HTA, pero si unos factores que pueden afectar a la presión arterial y por ende a la hipertensión, entre ellos se encuentra la cantidad de agua y de iones de sal que hacen parte del organismo, el estado de los riñones, los vasos sanguíneos y sus niveles hormonales (Gorostidi et al., 2020). En la mayoría de los pacientes la hipertensión arterial transcurre sin síntomas y, por tanto, pasa desapercibida, con el riesgo que eso conlleva, pero existen manifestaciones clínicas como dolor de cabeza, sudoraciones, pulso rápido, respiración corta, mareo, alteraciones visuales, zumbidos en los oídos, rubor facial y manchas en los ojos como objetos oscuros volantes (Skapino & Alvarez Vaz, 2016).

Entre el 90 y 95% de las personas hipertensas no es posible determinar la causa de la elevación tensional, denominando a este tipo hipertensión esencial o primaria que es causada por factores como la obesidad o una elevada ingesta calórica (Gorostidi et al., 2020)

Sus síntomas pueden asociarse al dolor de cabeza, inquietud, hemorragia nasal

espontánea, enfermedad renal crónica, cambios cognitivos, lesiones en los ojos, ataque al corazón, insuficiencia cardíaca, accidente cerebro vascular, aneurismas, entre otros que son la base para identificar cómo se relaciona el organismo de una persona con la HTA (Gorostidi et al., 2020). La causa principal de HTA es la HTA esencial o primaria que corresponde a aproximadamente el 90% de los casos, en las cuáles no se identifican las causas. La HTA secundaria a una causa en principio corregible se puede detectar en un 10% de los pacientes, que es causada por otra afección o drogas (Gorostidi et al., 2020).

Se plantea que, mientras más severa sea la hipertensión arterial, mayor será la lesión orgánica. Las consecuencias clínicas del remodelado vascular asociado a la elevación mantenida de la presión arterial van a ser diferentes en función del tipo de vaso, mientras la pérdida de la elasticidad de grandes arterias implica disminución de su capacidad amortiguadora, la rigidez en la aorta o sus ramas favorecen el desarrollo de hipertrofia ventricular izquierda y la afectación de pequeños vasos provoca hipoperfusión de órganos e isquemia (Alfonso, 2018).

Se considera que por cada incremento de 20 mmHg de la presión arterial sistólica (PAS) o 10 mmHg de la diastólica (PAD) se



duplica el riesgo de infarto agudo de miocardio, en todo el rango desde 115/75 hasta 185/115 mmHg, por lo que existe una relación continua, consistente e independiente de otros factores, como una asociación dosis-respuesta (Alfonso, 2018).

Factores de riesgo para HTA

Existen factores de riesgos modificables y no modificables.

Modificables.

Circunferencia de la cintura (CC),
Sobrepeso obesidad, Consumo de sal,
Tabaquismo, Consumo de alcohol, Estrés,
Actividad física, Dieta, Nivel
socioeconómico, Nivel Educativo.

No modificables.

Edad, Sexo, Antecedentes familiares.

A continuación, presentamos los factores de riesgos que fueron relevantes para nuestra investigación por presentar una correlación comprobable.

Sexo

En América Latina, evidenciaron que la prevalencia de HTA fue mayor en hombres que en mujeres, con 46,6% y 38,7%, respectivamente. En Perú, se encontró el mismo patrón donde los hombres tuvieron una mayor prevalencia de HTA (16,6%)

comparado con las mujeres (10,7%) en 2017. Por ello, conocer los factores que influyen en la prevalencia de HTA según el sexo, ayudaría a generar políticas orientadas a la disminución de la carga de enfermedad por esta patología (Romero Giraldo, Avendaño-Olivares, Vargas-Fernández, & Runzer-Colmenares, 2020).

En cuanto a factores no modificables, la probabilidad de desarrollar HTA aumenta con la edad de las personas, afectando más a los hombres (Romero Giraldo et al., 2020).

Circunferencia de la Cintura (CC)

La circunferencia de la cintura es un marcador directamente proporcional de la grasa abdominal. También se ha otorgado a la circunferencia de la cintura una capacidad discriminatoria superior a la del IMC, como marcador de riesgo de enfermedades crónicas como la hipertensión arterial y su capacidad de elevar el riesgo cardiovascular. Por lo anterior, hoy en día se considera a la medición de la circunferencia de cintura un buen predictor clínico del riesgo cardiovascular, independiente del IMC (Codas, Chamorro Vera, Figueredo Villalba, Achucarro Valdez, & Martínez



Agüero, 2018).

Peso - IMC

La evaluación del estado nutricional a través de la antropometría permite tomar medidas preventivas en bien de la salud. El indicador más utilizado para cuantificar la obesidad es el índice de masa corporal (IMC). Sin embargo, este no proporciona información acerca de la distribución de la grasa corporal. Esto es un aspecto de relevancia, ya que se ha establecido que el lugar de depósito y la distribución de la grasa en el cuerpo representa un riesgo diferente, correspondiendo al tejido adiposo abdominal y más específicamente al tejido adiposo perivisceral (mesenterio, omentos) el que se asocia con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus tipo 2, cáncer, entre otras ya que posee una respuesta fisiológica distinta de la situada subcutáneamente (Codas et al., 2018).

En Paraguay, la hipertensión es un importante problema de salud pública. De hecho, es el país del MERCOSUR con prevalencia más alta. (MSPBS, 2014)

En la Encuesta Nacional de Factores de Riesgo de Enfermedades no Transmisibles (ENFR) 2011 se encontró que un 45,8% de la población presenta presión arterial elevada. La extrapolación de estos datos a

la población total supondría que existen 1.900.000 personas mayores de 15 años con hipertensión en Paraguay. La proporción de personas con hipertensión es más elevada en grupos de mayor edad. Al analizar por sexos se encontró que la hipertensión es significativamente más elevada en hombres (52,9%) que en mujeres (38,3%) (MSPBS, 2014).

Objetivos

Objetivo General

- ✓ Analizar la frecuencia de HTA y los factores de riesgo asociados, en los trabajadores de la FACISA UNE, durante el 2021.

Objetivos Específicos

- 1 Determinar la frecuencia de hipertensos entre los funcionarios de la FACISA-UNE.
- 2 Caracterizar los factores de riesgo de los funcionarios.
- 3 Determinar si existe correlación entre los factores de riesgo y la HTA, en los funcionarios de la FACISA-UNE.
- 4 Determinar la asociación por cada



factor de riesgo correlacionado.

Materiales y Métodos

Este estudio posee un enfoque cuantitativo. El diseño es observacional analítico de corte transversal en el que se detecta la frecuencia de hipertensión arterial y los factores de riesgos asociados.

Esta investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Este. La población blanco de esta investigación fue la del funcionariado de esta facultad, que consta de 41 administrativos (administrativos se les denomina a los no docentes), personas mayores de 18 años.

La accesibilidad de estos funcionarios es alta, porque se encuentran dentro del recinto de la facultad en sus horarios laborales, además todos cumplen actividades presenciales dentro del recinto ubicado en la dirección Mariscal Francisco Solano López, Minga Guazú 7420 en el km 16 de la ciudad de Minga Guazú departamento de Alto Paraná, Paraguay. El funcionariado consta con una cantidad constante de personas que podremos manejar como investigadores, por esto utilizaremos la totalidad de la población.

El reclutamiento de los participantes de la investigación fue realizado de forma oral y

escrita. Fueron abordados de forma personal con la explicación de la investigación y la entrega de un panfleto con datos recordatorios y con números de contactos para consultas. Recibieron un mensaje recordatorio vía WhatsApp con dos días previos a la fecha de la aplicación del instrumento con fecha y hora pactadas.

Previo a la aplicación del instrumento cada participante firmó un consentimiento informado.

El instrumento utilizado fue La Versión Paraguaya del instrumento STEPS (principal y ampliada) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para vigilancia de los factores de riesgo de las enfermedades crónicas cuyo diseño tiene tres pasos de evaluación de factores de riesgo (la entrevista o cuestionario, las mediciones físicas y las mediciones bioquímicas) que están diseñados en forma ascendientes de capacidad. También estos tres pasos tienen datos básicos que embarcan los requerimientos mínimos para la vigilancia. Los elementos de los datos básicos pueden ser ampliados para obtener información más detallada de estos. Si es necesario, módulos adicionales también pueden ser desarrollados.

En Paraguay este instrumento (¿El instrumento fue validado?) fue utilizado en



la Primera Encuesta Nacional de Factores de Riesgo y Enfermedades no Transmisibles Paraguay 2011, realizada por el Ministerio de Salud y Bienestar Social a través de la Dirección de Vigilancia de enfermedades no Transmisibles.

La introducción de la encuesta contiene información que incluye sitio, hora y el consentimiento informado, y datos del entrevistado.

El paso 1 corresponde a la entrevista o cuestionario. Contiene datos demográficos: edad, sexo, raza. Determinantes Sociales: Nivel educativo, actividad laboral, ingresos. Factores de riesgo Conductuales: Consumo de tabaco, consumo perjudicial de alcohol, dieta no saludable, inactividad física. Factores de riesgos biológicos: Sobrepeso y obesidad, presión arterial elevada, antecedente de glucemia elevada, antecedentes de lípidos sanguíneos.

El paso 2 corresponde a las Mediciones Físicas: Estatura y peso, circunferencia de la cintura, presión arterial.

- Peso: Media entre 2 determinaciones realizadas con la balanza.

-Talla: media de 2 determinaciones con tallímetro.

-Perímetro de cintura: media de 2 mediciones con cinta métrica flexible en la cintura.

-Presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD): media de 2 determinaciones obtenidas con un intervalo de tiempo entre las mismas de 5 min, y tras un período de reposo de al menos 5 min antes de la primera determinación. La presión arterial se obtuvo por procedimiento automatizado mediante el monitor OMRON M6®

El paso 3 corresponde a Medidas Bioquímicas, estas medidas no aplicamos para la investigación.

Módulos Complementarios: De este módulo utilizamos la sección de salud mental.

Para la aplicación del instrumento fueron impresos según la cantidad de la muestra, aplicándose en forma presencial en el recinto de la FACISA, de a poco por las diferentes dependencias de la facultad para mejor organización. Cada participante completó íntegramente el instrumento de una sola vez en un determinado día.

Los encargados de la aplicación del instrumento fueron los investigadores que en total son 6 personas, acompañados del investigador principal. Los trabajos fueron distribuidos entre los investigadores para



completar el instrumento en tiempo y forma.

Métodos Estadísticos.

El tamaño de la población fue de 41 personas funcionarios de la institución FACISA-UNE.

La carga, análisis y edición de los datos se realizó con la utilización del software Excel®

El análisis de los datos se realizó aplicando medidas descriptivas epidemiológicas (indicadores de frecuencia, medidas de resumen, de posición y variación).

La correlación de variables se realizó con la prueba de Spearman.

El estudio de asociación se realizó aplicando herramientas epidemiológicas de determinación de razón de probabilidad (OR), con un nivel de intervalo de confianza del 95%.

Se calculó la frecuencia de los distintos factores de riesgos para hipertensión arterial. Los factores de riesgo fueron analizados de forma independiente con la tabla tetracórica.

Resultados y Discusión

El periodo de reclutamiento se realizó en agosto de 2021 y la recolección de datos en septiembre de 2021. Las personas

invitadas fueron 41, de edades comprendidas entre los 18 y 64 años; Funcionarios de la FACISA-UNE Municipio de Minga Guazú. La tasa de respuesta fue del 100% (N=41), de las cuales 34% (N=14) fueron varones y % 66 (N=27) mujeres.

La edad con mayor frecuencia en el rango etario de 30 a 40 años.

Tabla 1: Frecuencia de distribución de la hipertensión arterial.

Funcionarios de la Facisa-Une, Minga Guazú entre mayo 2020 y octubre 2021.

	N	%
Hipertensos	21	51,2
No hipertensos	20	48,8
Total	41	100,0

La cantidad de personas con hipertensión arterial, fueron del 51,2% (N =41)

Probabilidad de hipertensión según sexo.

El resultado arrojó un OR de 6,233 según sexo. Se deduce de este resultado que los participantes de sexo masculino tienen 6 veces más probabilidades de presentar hipertensión arterial.



Probabilidad de hipertensión según CC.

La CC como factor de riesgo para la hipertensión dio como resultado un OR de 2,5. Lo que indica que los participantes con circunferencia de cintura (CC mujeres ≥ 80 cm; varones ≥ 94 cm) tienen 2,5 veces más probabilidades de presentar hipertensión arterial.

Probabilidad de hipertensión según IMC.

En el rango de sobrepeso, el OR fue de 0,75. Lo que implica que los participantes con sobrepeso (IMC 25 a 29,9) tienen 0,75 veces menos probabilidades de presentar hipertensión arterial.

En el rango de obesidad grado I, el OR fue de 1,77. Lo que significa que los participantes con obesidad I (IMC 30 a 34,9) tienen 1,77 veces más probabilidades de presentar hipertensión arterial.

En el rango de obesidad grado II, el OR fue de 5. Lo que señala que los participantes con obesidad II (IMC 35 a 39,9) tienen 5 veces más probabilidades de presentar hipertensión arterial.

Los participantes del estudio con obesidad grado III, todos fueron portadores de Hipertensión Arterial.

La frecuencia encontrada nos indica que la mitad de los trabajadores de la FACISA presentan HTA.

Se encontró una correlación entre los factores de riesgo, sexo, circunferencia de la cintura (CC), sobrepeso, obesidad tipo I, II y III con HTA.

De entre los participantes hombres el 78% presenta HTA.

La CC como predictor clínico de riesgo cardiovascular independiente de IMC, con capacidad discriminadora superior al IMC nos indica que en la población de los funcionarios es un punto a tener en cuenta ya que se trata de un factor de riesgo modificable.

Las correlaciones halladas son congruentes con la teoría. En el caso de IMC se muestra que a medida que aumentaba el grado de obesidad aumenta la probabilidad de HTA. La correlación encontrada.

Conclusiones

La frecuencia de personas con HTA entre los funcionarios de FACISA-UNE presenta un porcentaje elevado. Los factores de



riesgos modificables IMC Y CC presentan alta frecuencia entre los participantes además de demostrar la correlación elevada con HTA en el funcionariado de FACISA – UNE.

Bibliografía

Alfonso, Y. A. (2018). *Hipertensión arterial en trabajadores (as) de una institución universitaria High blood pressure in workers of a university*. 47(3), 1-11. Recuperado de <http://www.revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/104/205>

Berenguer Guarnaluses, L. J. (2016). Algunas consideraciones sobre la hipertensión. *Medisan*, 6(3), 6-10. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v20n11/san152011.pdf>

Codas, M., Chamorro Vera, L. I., Figueredo Villalba, M. de los Á., Achucarro Valdez, D. D., & Martínez Agüero, V. G. (2018). Estilos de vida y riesgo cardiovascular y cardiometabólico en profesionales de salud del Hospital Regional de Encarnación Lifestyles. *Revista Virtual de la Sociedad Paraguaya de Medicina Interna*, 5(1), 12-24. [https://doi.org/10.18004/rvspmi/2312-3893/2018.05\(01\)12-024](https://doi.org/10.18004/rvspmi/2312-3893/2018.05(01)12-024)

Gorostidi, M., Santamaría, R., Oliveras, A., Segura, J., Gestión, U. De, Nefrología, C. De, ... Sofía, R. (2020). *Hipertensión Arterial Esencial*.

MSPBS, M. de S. P. y B. S.-. (2012). *Primera encuesta nacional de factores de riesgo de enfermedades no transmisibles en población general*. Recuperado de <http://portal.mspbs.gov.py/dvent/wp-content/uploads/2015/10/Encuesta-Nacional.pdf>

MSPBS, M. de S. P. y B. S.-. (2014). *Análisis de la situación de las enfermedades crónicas no transmisibles*.

Ortiz Galeano, I., Fariña-López, R. M., Insaurralde Rodríguez, S. A., & Chirico Achinelli, C. E. (2019). Presión arterial elevada y otros factores de riesgo cardiovascular en estudiantes de la Universidad Nacional de Asunción-Paraguay. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba*, 76(2), 79. <https://doi.org/10.31053/1853.0605.v76.n2.23152>

Romero Giraldo, M., Avendaño-Olivares, J., Vargas-Fernández, R., & Runzer-Colmenares, F. M. (2020).



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Diferencias según sexo en los factores asociados a hipertensión arterial en el Perú: Análisis de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2017. *Anales de la Facultad de Medicina*, 81(1), 33-39.

<https://doi.org/10.15381/anales.v81i1.16724>

Skapino, E., & Alvarez Vaz, R. (2016).

Prevalencia de factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles en funcionarios de una institución bancaria del Uruguay. *Rev Urug Cardio*, 31, 246-255.

Recuperado de

<http://www.scielo.edu.uy/pdf/ruc/v31n2/v31n2a09.pdf>

Tagle, R. (2018). Diagnóstico De

Hipertensión Arterial. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 29(1), 12-20.

<https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2017.12.005>

Agradecimientos

A nuestros familiares por el apoyo, a los funcionarios de la FACISA – UNE por la colaboración altruista a la investigación y a los directivos de FACISA – UNE por brindarnos los permisos para la organización de la investigación.

“Prevalencia de diabetes en pacientes adultos con covid-19.
Hospital Fundación Tesãi-2020-2021

D.35. Atención Primaria de la Salud
**“Prevalencia de diabetes en pacientes adultos con covid-19. Hospital Fundación
Tesãi-2020-2021”**

Autores: Benítez, Maximiliano; mmbenitez@medicina.uni.edu.py; Ferreira, Rebecca;
rgeferreira@medicina.uni.edu.py; Ferreira, Archie; amferreira@medicina.edu.py.

Tutores: Talavera, Liliana; lntalavera@facaf.uni.edu.py; Lezcano, Maria;
mlezcano@medicina.uni.edu.py.

Universidad Nacional de Itapúa.

Resumen

La enfermedad por el Coronavirus 2019 o COVID-19 está causada por el coronavirus 2 del síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA) o SARS-CoV-2. Se transmite por la vía aérea o por contacto con mucosas, y su capacidad infectiva es alta, ya que los individuos portadores pueden contagiar el virus durante su estado asintomático. Los estudios epidemiológicos evidencian que los pacientes diabéticos tienen un riesgo mayor de un cuadro grave que requiera UCI, ventilación mecánica y probabilidad de morir. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la prevalencia de diabetes, establecer relación entre la mortalidad, el sexo y la edad en pacientes del Hospital Fundación Tesãi en el periodo 2020-2021. El presente es un estudio de tipo observacional y descriptivo, de corte transversal. Se revisaron 352 fichas de pacientes, de los cuales el 20,70 % de los pacientes eran diabéticos, siendo la tasa de mortalidad de estos pacientes 4,1 %, la tasa de mortalidad en hombres 2,7 %, en mujeres 1,4 % y la media de edad 69,5 años. A modo de conclusión, podemos decir que la prevalencia de diabetes en pacientes adultos con COVID-19 fue de 20,70 %, la tasa de mortalidad de estos pacientes fue del 4,1%, correspondiendo más al sexo masculino de entre 60 a 79 años.

Palabras clave: COVID-19, diabetes, mortalidad.

Introducción

La enfermedad por el coronavirus 2019 o COVID-19, causada por el coronavirus 2 del síndrome de distrés respiratorio del adulto o SARS-CoV-2 se originó en la ciudad de Wuhan, en diciembre de 2019. Tiene atribuida una tasa de mortalidad global del 3-6%. Sin embargo, tal vez mayor, si se llegaran a contabilizar aquellas muertes en las que no fue confirmada la infección por RT-PCR (reacción en cadena de la polimerasa por transcripción inversa). La extensión de la COVID-19 a nivel mundial ocasionó que la OMS decretase el estado de pandemia el 11 de marzo de 2020. En octubre de 2020, habían sido notificadas unos 40 millones de personas infectadas y más de 1.100.000 de personas fallecidas en 189 países.¹

Es transmitido por contacto con mucosas o vía aérea, y posee una tasa de infección elevada, ya que los individuos portadores pueden contagiar el virus durante su estado asintomático. Luego de su fase de incubación, que es variable, y fluctúa entre 3 y 10 días, al comienzo se presenta con síntomas respiratorios. En torno a un 80% de estos pacientes desarrolla un cuadro

paucisintomático, o incluso asintomático y el 20% restante desarrolla un cuadro clínico que se caracteriza por una neumonía intersticial bilateral que comporta un fallo respiratorio y un aumento de la respuesta inflamatoria sistémica con marcadores inflamatorios elevados. La mortalidad de los pacientes que desarrollan este cuadro inflamatorio fluctúa entre un 10% y un 20%. La COVID-19 se acompaña de otras manifestaciones clínicas menos frecuentes y un poco más tardías, como inflamación cutánea, fenómenos trombóticos arteriales o venosos, fibrosis pulmonar y vasculitis.¹

El SARS-CoV-2 es un virus que está formado por una única cadena de ARN, perteneciente a las células del tracto respiratorio superior, además también se podría observar en células renales, cardíacas, intestinales y vasculares, donde puede generar nuevos virus que son capaces de infectar a otras células. De todos los terrenos, el epitelio pulmonar es el que se afecta con más intensidad y da lugar a las manifestaciones más graves. En algunos pacientes afectados de COVID-19, el virus tiene la capacidad de producir una respuesta inmunológica aberrante, responsable del cuadro de SDRA y a cambios biológicos caracterizados por un aumento remarcable de los niveles de

proteína C reactiva y ferritina¹.

Manifestaciones clínicas

La existencia de disnea comprobada por la taquipnea y una hipoxemia manifiesta determinará una situación clínica grave. De manera característica, los pacientes con COVID-19 no suelen presentar alteraciones hemodinámicas manifestadas por una hipotensión arterial con hipoperfusión periférica. En caso de que se presente un compromiso hemodinámico, se deberá realizar el diagnóstico diferencial o considerar un diagnóstico concomitante de una sepsis de cualquier otro origen.¹

Diagnóstico

Estudios demuestran que la seroconversión (IgM e IgG) es producida en los primeros 7 días del inicio de los síntomas en el 40% a 50% de los casos, y para los 15 días en prácticamente el 100% de ellos, aunque los resultados arrojan gran variabilidad en cuanto al momento de aparición de los anticuerpos, sensibilidad y especificidad.²

Para el diagnóstico de rutina hoy en día, se utiliza la búsqueda del RNA viral en las muestras de secreciones respiratorias, saliva y de hisopado nasal o faríngeo, mediante la prueba de reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa reversa en tiempo real (rRT-PCR).²

Se ha demostrado que la carga viral por rRT-PCR es alta en la mayoría de los pacientes desde el inicio o incluso desde antes de la aparición de los síntomas, haciendo pico después de 3 a 5 días, para luego comenzar a disminuir alrededor del día 10, para bajar a niveles no detectables alrededor del día 21, aunque se observa variabilidad no solo a nivel individual, sino entre las diferentes muestras en un mismo paciente.²

Los hallazgos de tomografía publicados más reiteradamente en las series de pacientes con enfermedad constatada, corresponden a un engrosamiento intersticial con patrón de tipo empedrado en un 19%, opacidades pulmonares con densidad en vidrio esmerilado asociadas a focos de condensación en 27% a 72% y opacidades pulmonares con densidad en vidrio esmerilado en un 53% a 100%.³

Otros signos que se reportan con menor frecuencia corresponden al signo del halo inverso en un 10%, broncograma aérea, bandas lineales parenquimatosas



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

y engrosamiento parietal vascular, siendo vistos aún menos frecuencia la presencia de derrame pleural entre un 4 y 7% y adenopatías mediastínicas en un 2%.³

La diabetes mellitus engloba un grupo de alteraciones metabólicas frecuentes que se caracterizan por la hiperglucemia. Existen diversos tipos de DM, resultados de una compleja interrelación entre genética y factores ambientales. El trastorno de la regulación metabólica que acompaña a la diabetes mellitus provoca alteraciones fisiopatológicas secundarias en muchos sistemas orgánicos, y supone una carga pesada para el individuo que padece la enfermedad y para el sistema sanitario.⁴

Clasificación

Diabetes mellitus tipo 1: Ocasionada por la destrucción de la célula β por un mecanismo autoinmune, lo que ocasiona deficiencia total de insulina, y predisposición a la cetoacidosis.⁵

Diabetes mellitus tipo 2: Es la forma más común y está relacionada frecuentemente con la obesidad o el incremento de grasa visceral.⁵

Diabetes mellitus gestacional: Es específica para la intolerancia a la glucosa detectada por primera vez durante el embarazo.⁵

La diabetes es una de las comorbilidades observadas con más

frecuencia en personas infectadas con COVID-19, su prevalencia fluctúa entre un 7 y el 30%, según estudios. Los diabéticos infectados con SARS-CoV-2 tienen una tasa más alta de admisión hospitalaria, neumonía severa y mayor mortalidad comparado con sujetos no diabéticos.⁶

Los estudios de epidemiología demuestran que los pacientes diabéticos presentan mayor riesgo de padecer un cuadro grave de la enfermedad y requerir UCI, además de ventilación mecánica y probabilidad de morir. La minuciosa verificación de los niveles de glucemia aparentemente es fundamental para minimizar dicho peligro. Si el caso es manejado de manera ambulatoria, es importante asegurar que el paciente continúe sus tratamientos, controlar los niveles de glucemia capilar y disminuir la posibilidad de infección. En caso de que el paciente requiera ser hospitalizado, hay evidencias que demuestran que los pacientes diabéticos tienen importantes requerimientos de insulina y predisposición rápida a producir cetosis. En caso de pacientes críticos, de manera ideal se debe mantener las metas glucémicas entre 140-180 mg/dL.⁷

Un estudio que incluyó todos los casos sintomáticos de COVID-19 con o sin DM2 en Estambul, utilizando el registro nacional COVID-19 del Ministerio



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

de Salud de Turquía (MoH). Se analizaron los datos clínicos y de laboratorio de 37.316 pacientes.⁸

Los criterios de valoración principales del estudio fueron la hospitalización y la mortalidad a los 30 días. Los resultados secundarios fueron la estancia hospitalaria más prolongada que la duración media (7 días), el ingreso a la unidad de cuidados intensivos en la UCI y la estancia en la UCI durante más tiempo que la duración media (6 días).⁸

La mediana de edad (RIQ) de las cohortes con DMT2 y sin DM fue de 53 (22) y 38 (20) años, y la proporción de hombres fue del 42% y 55%, respectivamente. La mediana del IMC fue más alta en T2DM que aquellos sin diabetes. Casi la mitad de los pacientes con DM2 tenían una HbA1c superior al 7%. La cohorte de DMT2 tenía niveles medios más altos de triglicéridos y glucosa, pero menor colesterol HDL que la cohorte sin DM.⁸

En el grupo de DM2, la tasa de hospitalización fue de 1,5 veces (43,8% frente a 29,4%), la mortalidad a 30 días de 1,6 veces (6,2% frente a 3,9%) y la afectación pulmonar de 1,4 veces (31,8% vs. 23,1%) superior en comparación con el grupo sin DM. La proporción de estadía hospitalaria más prolongada (> 7 días), ingreso en la UCI y estadía más prolongada en la UCI (> 6 días) fue

numéricamente mayor, y la afectación pulmonar en la TC fue notablemente más común en el grupo de DM2.⁸

En otro estudio, de 317 casos de COVID-19 hospitalizados en un centro de referencia de la Ciudad de México. En general, 159 casos (50,2%) tenían diabetes tipo 2 y 125 tenían prediabetes (39,4%), mientras que el 31,4% de los pacientes con diabetes tipo 2 no habían sido diagnosticados previamente. Entre el 20,0% de los casos de prediabetes y el 6,1% de la HbA1c de rango normal tenían hiperglucemia de novo. La FPG fue el mejor predictor de COVID-19 crítico en comparación con la HbA1c. La diabetes tipo 2 no diagnosticada (OR: 5,76; IC del 95%: 1,46 a 27,11) y la prediabetes (OR: 4,15; IC del 95%: 1,29 a 16,75) conferían un mayor riesgo de COVID-19 grave. La hiperglucemia de novo / intrahospitalaria predijo resultados críticos de COVID-19 independientemente del estado de la diabetes.⁹

Un estudio realizado en el servicio de emergencia de adultos del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins, del distrito de Jesús María en Lima, Perú, en el cual se incluyeron pacientes sospechosos (que días después dieron resultado ser casos positivos) atendidos en el hospital entre el 6 y el 25 de marzo de 2020. Fueron excluidos los casos con que presentaban signos y síntomas, pero



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

con prueba negativa para el virus.¹⁰

Este estudio arrojó que había 17 pacientes con síntomas graves de COVID-19; con una edad promedio de 53,5 años en rango de 25 a 94 años; y el 76%, eran del sexo masculino. El 76% (13 pacientes) tuvo al menos un factor de riesgo para desarrollar infección grave por COVID19, el 23,5% (4 pacientes) tuvo más de un factor de riesgo a la vez.¹⁰

En un estudio realizado en el Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas (INICIB) en Perú durante el periodo de marzo a septiembre del 2020 se presentaron 32.535 defunciones que cumplían con los criterios de inclusión. El 69.8% (n=22722) de fallecidos fueron varones y el 30.1% (n= 9813) fueron mujeres, la mediana de edad y la media fueron de 67.00 y 65.89 respectivamente, con un rango intercuartil de 57 a 76 años (25%-75%). Además, se observó que la persona más joven fallecida tenía 27 años y la mayor tuvo 108 años.¹¹

En un estudio realizado por Zunyou Wu. que incluyó 44.672 casos confirmados de Wuhan, se observó una mayor tasa de mortalidad en los pacientes con ECV (10,5%), diabetes (7,3%) e hipertensión (6%).¹²

En un metaanálisis de 12 estudios realizados en pobladores chinos, que incluían pacientes internados y atendidos

de forma ambulatoria, los resultados arrojaron que la prevalencia de diabetes en dichos pacientes fue de 10,3 % y la edad media fue de 49,6 años. La probabilidad de desarrollar un cuadro severo e ingresar en las unidades de cuidados intensivos (UCI) es de más del doble en las personas con diabetes y la mortalidad descrita es hasta 3 veces superior (21-31 %).¹³

En un estudio realizado en el que fueron incluidos 15.111 personas internadas en 150 nosocomios de España. La mediana de edad fue 69,4 años con un intervalo entre 18 y 102 años y el 57,2% eran del sexo masculino. El género masculino predominó en todos los intervalos de edad, excepto para los enfermos con edad igual o superior a los 90 años, donde las mujeres representaban el 56,7% del total de ese grupo de edad.¹⁴

Objetivos

Específicos:

- Especificar las características sociodemográficas de los pacientes adultos con COVID-19, portadores de diabetes, internados en el Hospital Fundación Tesãi durante el periodo de estudio.
- Establecer la cantidad de pacientes



adultos con COVID-19 y portadores de diabetes internados en el Hospital Fundación Tesãi durante el periodo de estudio.

- Establecer la tasa de mortalidad de pacientes diabéticos y no diabéticos con COVID-19.
- Especificar la mortalidad por sexo y edad, en los pacientes adultos diabéticos y con COVID-19.

Materiales y métodos

La investigación es de tipo observacional y descriptivo, de corte transversal. El estudio se realizó en los pacientes del Hospital Fundación Tesãi de la República del Paraguay, de Alto Parana, distrito de Ciudad del Este, calle Gral. Bernardino Caballero.

Este hospital cuenta con un total de 20 camas para pacientes con COVID-19.

El muestreo fue probabilístico, de casos consecutivos, tomando a los pacientes adultos diabéticos con COVID-19 que fueron internados en el periodo de estudio, excluyendo a aquellos que fueron diagnosticados al ingreso o con diagnóstico de diabetes gestacional. Pacientes adultos diabéticos con COVID-19.

Para poder acceder a los datos de los pacientes, fue necesario solicitar acceso

a través de notas dirigidas al director del servicio. Los datos se encontraban en fichas digitales guardadas en software propio de la fundación. Fueron recolectados en una planilla de Excel 2019

Resultados y discusión

Se estudiaron 352 pacientes adultos COVID-19 positivo que acudieron al Hospital Fundación Tesãi de Ciudad del Este en el período 2020-2021 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla Nro. 1. Distribución de los pacientes adultos con COVID-19 según presencia o no de diabetes. Ciudad del Este marzo 2020 – julio 2021.

N= 352	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Diabéticos	73	20,70%
No diabéticos	279	79,20%
Total	352	100%

Fuente: Hospital Fundación Tesãi.

El 21 % (73), del total de pacientes con COVID-19, presentaron diabetes.



Tabla Nro. 2. Distribución de la población, según tasa de mortalidad de pacientes diabéticos y no diabéticos con COVID-19. Ciudad del Este marzo 2020 – julio 2021.

Fuente: Hospital Fundación Tesãi.

La tasa de mortalidad en pacientes con COVID-19 y diabetes, fue de 4,1%.

Tabla Nro. 3. Distribución de la población, según tasa de mortalidad teniendo en cuenta el sexo de los

N=352	Total, fallecidos	Mortalidad
Diabéticos (n= 73)	3	4,1%
No diabéticos (n= 279)	7	2,5%

pacientes diabéticos con COVID-19. Ciudad del Este marzo 2020 – julio 2021

Sexo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Masculino (n=46)	2	2,7%
Femenino (n=27)	1	1,4 %
Total (n= 73)	3	4,1 %

Fuente: Hospital Fundación Tesãi.

La tasa de mortalidad en los pacientes diabéticos, fue de 2 (4,3 %) para el sexo masculino y 1 (3 %) para el sexo

femenino.

Tabla Nro. 4: Distribución según tasa de mortalidad por edad de los pacientes diabéticos con COVID-19. Ciudad del Este marzo 2020 – julio 2021

Rango de edad	Frecuencia absoluta
60 a 64	1
65 a 69	0
70 a 74	1
75 a 79	1
Total	3

Fuente: Hospital Fundación Tesãi.

Todos los pacientes fallecidos, tenían un mínimo de 60 años y un máximo de 79.

Al comparar los resultados obtenidos sobre prevalencia de diabetes en pacientes adultos con COVID-19, observamos una discrepancia con respecto a los trabajos realizados en China y en la Ciudad de México. El valor obtenido por nuestra investigación fue mayor que el obtenido en China¹³ (10,3% frente a 20,7%) y menor al obtenido en México⁹ (50,2% frente a 20,7%).

La tasa de mortalidad fue mayor para los diabéticos frente a los no diabéticos, obteniendo una tasa de 4,1%, inferior al 7,4% obtenido por Zunyou Wu en Wuhan¹². Siendo internados más hombres que mujeres en un rango de edad 60-79 años.

Con respecto a la edad de los



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

fallecidos, se obtuvieron resultados similares en el Instituto de Investigación en Ciencias Biomédicas (INICIB) en Perú¹¹. Y teniendo en cuenta el sexo, la tasa de mortalidad se obtuvieron resultados similares también con dicho estudio ya que ésta es más alta para hombres que para mujeres.

Conclusión

Los resultados obtenidos a través de la investigación han mostrado que la prevalencia de diabetes en los pacientes internados en el hospital Fundación Tesã de la ciudad de Ciudad del Este por COVID-19, fue de 21 %.

La edad mínima de pacientes fallecidos fue 60 años y la máxima 79 años

Con respecto a los fallecidos, la mortalidad global fue de 2,84%, pero con una mayor tasa de mortalidad entre pacientes con diabetes frente a los pacientes no diabéticos.

Si se tiene en cuenta, la mortalidad en los diabéticos según sexo, fue superior en el sexo masculino.

Referencias

Cervera, R., Espinosa, G., Ramos-Casals, M., Hernández-Rodríguez, J., González, P., Espígol-Frigolé, S., & Cid, G. (2020). Respuesta Inmunoinflamatoria

en la COVID-19. Barcelona: Editorial Médica Panamericana.

Bvsalud.org website:
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096519/covid-19.pdf>.

Castillo A., F., Bazaes N., D., & Huete G., Á. (2020). Radiología en la Pandemia COVID-19: Uso actual, recomendaciones para la estructuración del informe radiológico y experiencia de nuestro departamento. Revista Chilena de Radiología, 26(3), 88–99. doi:10.4067/s0717-93082020000300088

Kasper, D. L., Hauser, S. L., Jameson, J. L., Fauci, A. S., Longo, D. L., & Loscalzo, J. (2016). Harrison Principios de Medicina Interna. México D.F.: McGraw Hill.

Rojas de P, E., Molina, R., & Rodríguez, C. (2012). Definición, clasificación y diagnóstico de la diabetes mellitus. Revista de la Sociedad venezolana de endocrinología y metabolismo, 10, 7–12. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-31102012000400003&Ing

Lima-Martínez, M. M., Carrera Boada, C., Madera-Silva, M. D., Marín, W., & Contreras, M. (2021). COVID-19 y diabetes mellitus: una relación bidireccional. Clinica e Investigacion En Arteriosclerosis: Publicacion Oficial de La Sociedad Espanola de Arteriosclerosis,



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

33(3), 151–157.

doi:10.1016/j.arteri.2020.10.001

Bvsalud.org website:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1123624>.

Satman, I., Demirci, I., Haymana, C., Tasci, I., Salman, S., Ata, N., ... Sonmez, A. (2021). Unexpectedly lower mortality rates in COVID-19 patients with and without type 2 diabetes in Istanbul. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 174(108753), 108753.

doi:10.1016/j.diabres.2021.108753

Vargas-Vázquez, A., Bello-Chavolla, O. Y., Ortiz-Brizuela, E., Campos-Muñoz, A., Mehta, R., Villanueva-Reza, M., ... Aguilar-Salinas, C. A. (2021). Impact of undiagnosed type 2 diabetes and pre-diabetes on severity and mortality for SARS-CoV-2 infection. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, 9(1), e002026. doi:10.1136/bmjdr-2020-002026.

Acosta, G., Escobar, G., Bernaola, G., Alfaro, J., Taype, W., Marcos, C., & Amado, J. (2020b). Caracterización de pacientes con COVID-19 grave atendidos en un hospital de referencia nacional del Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 37(2), 253–258. doi:10.17843/rpmesp.2020.372.5437

Flores López, M. G., Soto Tarazona, A., & De La Cruz-Vargas, J. A. (2021). Regional distribution of COVID-19

mortality in Peru. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 21(2), 326–334. doi:10.25176/rfmh.v21i2.3721

Al Servicio, C. E., & Pueblo, D. (s/f). UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA. Recuperado el 14 de mayo de 2022, de Edu.ec website:

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/8538/1/9BT2020-MTI099->

DAVID%20SEBASTIAN%20GOMEZ%20ENCALADA.pdf

Consecuencias de la COVID-19 sobre las personas con diabetes. (s/f). Recuperado el 14 de mayo de 2022, de Elsevier.es website:

<https://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-diabetes-nutricion-13-pdf-S253001642030104X>

Casas-Rojo, J. M., Antón-Santos, J. M., Millán-Núñez-Cortés, J., Lumbreras-Bermejo, C., Ramos-Rincón, J. M., Roy-Vallejo, E., ... en nombre del Grupo SEMI-COVID-19 Network. (2020). Características clínicas de los pacientes hospitalizados con COVID-19 en España: resultados del Registro SEMI-COVID-19. *Revista Clínica Española*, 220(8), 480–494. doi:10.1016/j.rce.2020.07.003



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Salinas-Aguirre, J. E., Sánchez-García, C., Rodríguez-Sánchez, R., Rodríguez-Muñoz, L., Díaz-Castaño, A., & Bernal-Gómez, R. (2022). Características clínicas y comorbilidades asociadas a mortalidad en pacientes con COVID-19 en Coahuila (México). *Revista clinica espanola*, 222(5), 288–292. doi:10.1016/j.rce.2020.12.

Variables emocionales moduladoras de la lactancia materna en
población vulnerable



D.35. Atención Primaria de la Salud
Variables emocionales moduladoras de la lactancia materna en población vulnerable

Autora: Lic. Sosa Paez, Valeria Paola;
valeria.sosa.paez@gmail.com

Co-autoras: Dra. Kamenetzky, Giselle;
yoselevich@hotmail.com

Dra. Rovella, Anna,
rovellaanna@gmail.com

Facultad de Psicología

Universidad Nacional de San Luis

Resumen

El siguiente trabajo tiene como finalidad presentar el plan de tesis de maestría con resultados preliminares. Objetivos: 1. Identificar las variables emocionales que influyen sobre la lactancia materna (LM) y el crecimiento del bebé; 2. Determinar el porcentaje de madres que alimentan a sus niños con lactancia materna exclusiva (LME), los niveles de estrés, depresión, apoyo social y vulnerabilidad; 3. Evaluar el efecto del estrés materno, el soporte social y el lazo parental sobre la LM y el crecimiento del bebé. Instrumentos: versión reducida de la Escala de Estrés Percibido, Cuestionario MOS de Apoyo Social Percibido, Cuestionario PHQ-2, Instrumento Lazos Parentales, un cuestionario construido ad-hoc indagando información socio-demográfica, una

planilla de registro de historia clínica perinatal y la libreta de salud del bebé. Diseño: el estudio fue de tipo descriptivo, transversal y explicativo en una muestra de 34 mujeres con bebés de hasta 12 meses de edad, que asisten a un hospital público. Resultados: las madres tienen un promedio de 26 años y la mayoría son amas de casa (35%). El 61% de los niños reciben LME y aquellos con madres solteras reciben menos LME. Las madres que mostraron mayores niveles de estrés reflejaron valores menores en LM. Quienes obtuvieron mayores puntajes en depresión percibieron haber vivido situaciones de pobreza y mostraron valores más altos de estrés. Se observa una tendencia hacia una correlación positiva entre la percepción de apoyo instrumental y el puntaje z del perímetro cefálico (PC) del bebé. Conclusión: los resultados sugieren que para favorecer la LM y un crecimiento adecuado de los niños es necesario elaborar estrategias que disminuyan el estrés y la depresión en la madre e incrementen el apoyo social.

Introducción

El presente informe tiene como finalidad presentar el plan de tesis de maestría con resultados preliminares, a desarrollarse en el campo disciplinar diagnóstico y evaluación, dentro del contexto hospitalario, para acceder al título de



Magíster. El mismo ha sido evaluado por el Comité de ética de la Universidad Nacional de San Luis, y aprobado mediante Resolución 424/21.

Interesa a los propósitos de esta investigación el estudio de los factores que influyen sobre el inicio y mantenimiento de la LM en población vulnerable, debido a que las cifras mundiales señalan que la duración de la misma está por debajo del porcentaje deseable para promover el desarrollo integral ideal del lactante y evitar riesgos de enfermedades a largo plazo en él y su madre (Van den Heuvel y Birken, 2018).

Debido a la enorme diversidad de estudios que se vienen realizando desde hace más de dos décadas, en la actualidad se considera que la LM presenta múltiples beneficios para el binomio madre-bebé. La OMS recomienda LME hasta los 6 meses de edad y su prolongación junto con alimentación complementaria hasta los dos 2 años del bebé (World Health Organization [WHO], 2018). A pesar de estas sugerencias, la duración y tasa de la misma a nivel mundial, se encuentran por debajo de estos valores.

La LM proporciona diferentes beneficios, entre ellos su gran aporte al desarrollo de la microbiota intestinal para la conformación del sistema inmunológico del lactante (Castañeda-Guillot, 2018).

El estrés materno se considera uno de los factores que pueden relacionarse con la alteración de la composición de la microbiota, disminuyendo su efectividad frente al desarrollo de enfermedades gastrointestinales y sistémicas, y aumentando la probabilidad de desarrollar alteraciones físicas, emocionales y cognitivas. Tal relación puede deberse, entre otros aspectos, a que el estrés influya sobre los mecanismos de producción y la composición de la leche materna (Bailey, Lubach y Coe, 2004; Mayer, Tillisch y Gupta, 2015).

Algunos de los factores que pueden influir en el aumento del estrés son la falta de ingresos económicos y la percepción de bajo apoyo familiar y social. En relación al primer factor, en roedores se ha registrado que el estrés materno generado por la escasez de recursos afecta la calidad del cuidado hacia las crías, produciendo alteraciones en el desarrollo de la descendencia (Rainecki, Moriceau y Sullivan, 2010). Respecto al apoyo social, estudios realizados en humanos y no humanos han asentado el rol del soporte social en la atenuación de los niveles de estrés. En este sentido, ante situaciones estresantes como la separación materna (SM) en animales y el hablar en público en niños y niñas, la presencia de conespecíficos atenúa las respuestas de



estrés reduciendo los niveles de corticosterona (Hostinar, Sullivan y Gunnar, 2014).

En la provincia de San Luis, las mujeres que forman parte de las poblaciones vulnerables, tienen la posibilidad de acudir a los hospitales públicos de la provincia, por lo que el trabajo de los profesionales que allí desempeñan su tarea requiere una formación abocada a la prevención y promoción de la salud, mediante el estudio de los factores que rodean a este contexto e impactan negativamente en su calidad de vida. Para este estudio, se trabajó en el Hospital Dr. Atilio Luchini donde cada año se realiza un taller destinado a niños y niñas menores de un año para el control de peso y talla. Las estadísticas del año 2019 señalan que respecto al género, del total de infantes que asistieron al taller, el 53% corresponde al género femenino y el 47% al masculino. Alrededor del 83% se encuentran en contextos familiares con indicadores de riesgo socio-sanitario y el 14% de las madres son adolescentes. Además, el 92% de los niños y las niñas son menores de 4 meses y de éstos, el 60% recibe LME, el 30%, mixta (LM y fórmula) y el 10% leche de fórmula.

Conocer las variables que afectan la lactancia de los pacientes de uno de los hospitales de San Luis podría sentar las bases para un estudio que abarque los

demás centros de salud públicos de la provincia. Posteriormente, esto permitiría planificar la aplicación de herramientas adecuadas para la promoción de la lactancia en población vulnerable, un trabajo que sin duda requerirá un abordaje interdisciplinario, a fin de avanzar en la resolución de esta problemática.

Fundamentación teórica y Estado del Arte

La importancia del estudio de la LM se está destacando de manera especial desde hace más de dos décadas, principalmente por los beneficios inmunológicos, nutricionales y psicoafectivos que conlleva, siendo considerada esta un acto ligado íntimamente a la supervivencia del lactante (Borre, Cortina Navarro y González Ruíz, 2014). Si bien la LM posee múltiples beneficios, su duración en varios países se encuentra por debajo de lo recomendado por la OMS, quien recomienda y promueve la LME hasta los 6 meses de vida del lactante, y LM continuada junto con la incorporación de alimentos adecuados y seguros hasta los dos años de edad, o hasta que la madre y el niño lo deseen (WHO, 2018).

Los primeros 1000 días que van desde la concepción hasta los dos años de vida, son cruciales para el desarrollo. A nivel mundial, solo 2 de cada 5 niños y niñas



comienzan a lactar en la primera hora de vida, el 43% de los recién nacidos reciben líquidos o alimentos distintos de la leche materna durante los 3 primeros días de vida, y sólo aproximadamente el 42% de los menores de 6 meses recibe LME. La leche de fórmula sigue siendo la principal fuente de nutrición para muchos bebés durante el primer año de vida. Cabe relacionar estos datos con que la baja calidad de la alimentación es considerada la principal causa de la triple carga de malnutrición (retraso en el crecimiento, emaciación y sobrepeso) y recae principalmente en los niños de los estratos más pobres y marginados, perpetuando así el ciclo de la pobreza a través de las generaciones (UNICEF, 2019).

En Argentina, el inicio de la LM presenta valores elevados (96,9%) sin embargo los bebés menores de 6 meses que reciben LME constituyen aproximadamente el 44% del país. Las regiones de Cuyo (64% aprox.) y Patagonia (60% aprox.) son las que presentan los valores más altos a nivel nacional. En este estudio se registró que los factores que promueven la LM son: normopeso al nacer, que el bebé pase menos tiempo separado de la madre durante el día, el parto vaginal y el mayor nivel de instrucción educativa materna. La causa de abandono más frecuente de LME en los primeros 6 meses referida por

las madres, es percibir que “se quedan sin leche”. Debido a que la mayoría de las mujeres pueden amamantar, se cree que esta percepción se debe a falta de información sobre signos de saciedad y de hambre del niño, malas técnicas de lactancia o falta de apoyo del equipo de salud durante los primeros meses de vida (ENNYS, 2019).

La República Argentina cuenta con instrumentos legales que protegen la LM, y entre ellos se encuentran la protección de la mujer que amamanta en la Constitución Nacional (art. 75° inc. 23), la protección del lactante en la Convención de los Derechos del niño, la protección de ambos durante el proceso de nacimiento (Ley 25.929), el cuidado posparto mediante licencias de maternidad y descansos por lactancia en la ley 20.744 de Contrato de Trabajo, y la protección frente a la comercialización inadecuada de sucedáneos de la leche materna que fue incorporada al Código Alimentario (Argentina.gob.ar, s.f.; Ministerio de Salud de la Nación, 2018). Cabe destacar que las únicas provincias que no registran legislación propia sobre LM son Formosa y San Luis.

Beneficios de la LM: Está bien probado que la leche materna proporciona múltiples beneficios. Para el lactante, la LM a corto plazo reduce la probabilidad de



padecer asma, otitis media y maloclusión (alineación anormal de los dientes). A largo plazo disminuye el riesgo de desarrollar diabetes tipo II, obesidad y sobrepeso (Mosca y Gianni, 2017). Además, cuando la lactancia se inicia, aporta favorablemente al desarrollo de la microbiota intestinal de la descendencia. La constitución completa y final de la misma, favorece el desarrollo del sistema inmunológico del lactante y protege contra la colonización de diferentes patógenos (Castañeda-Guillot, 2018). Recientemente, se ha propuesto el desarrollo de la microbiota intestinal del bebé como un posible factor subyacente a los vínculos entre el estrés prenatal materno y el desarrollo del bebé. Algunas investigaciones señalan que el estrés de la madre durante el embarazo (el cual puede ser producido por acontecimientos vitales estresantes como la separación de la pareja o la muerte de un ser querido) se asocia con perturbaciones en la composición de la microbiota intestinal del bebé (Zijlmans, Korpela, Riksen-Walraven, de Vos y de Weerth, 2015).

La LM es considerada como la mejor forma de alimentación del lactante, por lo que las bajas tasas de amamantamiento y su interrupción precoz exponen al binomio madre-bebé a grandes riesgos para su salud (Ruiz Silva, Pouymiró Brooks y

Dumas Nicó, 2014). Por otro lado, la madre también se ve beneficiada cuando alimenta a su hijo con leche materna. Se ha encontrado que la LM reduce las tasas de cáncer de ovario, cáncer de mama premenopáusico, obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares (Binns, Lee y Low, 2016). Otros estudios han encontrado que dar el pecho ayuda a prevenir el sangrado abundante después del parto y acelera la contracción del útero (UNICEF, 2019).

LM y estrés: El estrés es un constructo que presenta relevancia en aspectos psicológicos, inmunológicos, neurológicos, endocrinológicos y sociales, entre otros (Lazarus y Folkman, 1984; Levine y Ursin, 1991). Se lo suele definir como cualquier amenaza real o percibida a la integridad fisiológica o psicológica de un individuo, que resulta en respuestas fisiológicas y/o comportamentales (Hostinar et al., 2014). Está asociado con la actividad del eje hipotálamo-pituitario-adrenal (HPA), compuesto por el hipotálamo, la glándula pituitaria, las glándulas adrenales y las interacciones entre estas estructuras. Ante situaciones de amenaza se desencadena una cascada hormonal en dichas estructuras, que finaliza en la estimulación de la corteza suprarrenal, donde se secretan hormonas glucocorticoides (Herman y Cullinan, 1997). Numerosa



evidencia muestra que la activación prolongada del eje HPA genera efectos nocivos para la salud. Por ejemplo, se ha reportado que el estrés crónico está asociado al desencadenamiento de depresión, deficiencias inmunológicas, alteraciones cardiovasculares, sociales y cognitivas entre otros. La regulación del eje HPA está profundamente afectada por las experiencias tempranas (Engert et. al., 2010).

Dozier, Nelson y Brownell, (2012) plantean que el estrés materno es otro factor que puede influir en el abandono de la LM y su impacto varía según el tipo del evento estresor, categorizando de esta manera el estrés asociado a la pareja (estar separada de la pareja, discutir con ella o que no haya deseado tener un bebé), traumático (familiares con problemas legales o consumo de drogas), financiero (tener grandes problemas económicos) y emocional (familiar con enfermedad grave, o fallecido). Otros estudios encontraron que haber amamantado previamente, haber recibido leche materna en la infancia y haber planeado amamantar de forma exclusiva con el apoyo de sus parejas, predisponen a las mujeres a sostener la LM (Tarrant, 2010).

Estrés y vulnerabilidad social: Las razones para las bajas tasas de LM en poblaciones

de bajos ingresos son complejas y están fuertemente influenciadas por roles de género, teniendo las mujeres una mayor proporción de la cantidad de pobres en el mundo. Resultados de investigaciones previas mostraron que las mujeres en contextos socioeconómicos marginales tienden a estar en desventaja en términos de acceso a apoyos formales e informales de lactancia, suelen estar sobrecargadas en las tareas de cuidado infantil, tienen menor acceso a información sobre la lactancia, y sufren mayor vergüenza cultural a la exposición del pecho para la extracción o la lactancia. Otras investigaciones similares en Estados Unidos han mostrado que la marginalización por clase social también se relaciona con la marginalización racial, observando que los menores niveles de LM se daban en poblaciones de bajos ingresos y afroamericanas. La LM se reconoce cada vez más como un asunto de justicia social, y es necesaria más investigación para enfocarse en los factores sistémicos y estructurales que impiden los derechos a la LM. Regina Sullivan es pionera en el estudio del aprendizaje olfatorio temprano y desarrolló un modelo de estrés materno con roedores denominado *Modelo de escasez y bajos recursos*, el cual modela el cuidado abusivo por estrés materno



proveyendo material insuficiente a la madre para construir el nido. Esta manipulación genera alteraciones en los comportamientos maternos que incluyen tratos rudos hacia las crías y una reducción de los comportamientos asociados a la alimentación (Rainecki et al., 2010). Con este modelo se determinó que, bajo condiciones de estrés materno por escasez de recursos, la interacción y el cuidado de las crías se ven altamente afectados.

LM y lazos parentales: Se han encontrado distintos estudios que señalan la relación entre LM y los cuidados maternos. En este sentido, se sugiere que las hormonas que regulan la producción de leche (oxitocina y prolactina) tienen un efecto sobre ciertas estructuras cerebrales que impulsan comportamientos maternos de protección, incluido el apego. En particular, se ha encontrado que la oxitocina es fundamental para la motivación y el compromiso con los demás; aumenta la atención y la percepción precisa de la información social destacada y mejora el reconocimiento social. Todos estos procesos son esenciales en la formación de apego (Spratt et al., 2016), que es un sistema biológico innato que promueve la búsqueda de proximidad entre un bebé y una figura de apego específica (Bowlby, 1969). Datos no publicados del equipo de

investigación de la directora de este proyecto mostraron que las madres que refirieron haberse sentido desprotegidas, deprimidas o ansiosas en la infancia, mayormente no habían sido amamantadas. El vínculo proporciona una base para la adaptación, las relaciones y la salud mental futuras de niños y adultos. Se sabe que las experiencias tempranas de la vida moldean la salud neurológica, psicosocial y física (Spratt et al., 2016). Para que exista el apego tiene que haber vínculo cuyo último término hace referencia a una ligadura emocional estrecha y estable característica del mundo mental, en la que se distinguen el área intrapsíquica, el área interpersonal y aquella que trasciende a lo social. Para facilitar el contacto con la madre, el bebé entonces dispone de dos grandes tipos de conductas: aquellas con valor de señales como el llanto, la sonrisa y los movimientos de los brazos; y otras que lo acercan a ella como la succión no alimentaria, la búsqueda y el gateo (Oiberman, 2011). Así, por parte de los cuidadores también existirían comportamientos y actitudes dirigidas al bebé que contribuyen al proceso de apego, que en parte depende del tipo de apego que estos cuidadores hayan desarrollado en su infancia a través de sus propias figuras parentales. Es decir, los



padres usan su propia versión de los métodos de crianza según la situación, o como lo han aprendido de sus antiguas generaciones (Espinoza-Marca, 2016). En otro estudio se encontró una menor respuesta de cortisol en la saliva en bebés durante el cambio de pañal, cuando las madres mostraron mayor sensibilidad y atención ante la situación (Mörelius, Nelson y Gustafsson, 2007). Y distintos estudios hallaron que el tipo de apego seguro parece amortiguar el aumento de cortisol, presente durante situaciones de estrés, mientras que un estilo de apego materno más ansioso y ambivalente se asocia con niveles más altos de esta hormona (Spratt et al., 2016).

Sintetizando, los estudios anteriores parecen señalar una relación entre lazos parentales, lactancia y estrés. En este sentido, se podría pensar como la historia y tipo de crianza de las mujeres con niños pequeños influye sobre el inicio y mantenimiento de la LM y en las respuestas de estrés. Se observa una relación en cadena, en donde aquellas madres que tuvieron cuidadores que en su infancia les facilitaron el haber experimentado situaciones seguras y menos estresantes, en la actualidad presentan menos niveles de estrés. Esto traerá aparejado que por aumento de la oxitocina, durante el acto de amamantar,

la madre efectúe cuidados óptimos hacia su bebé mejorando la calidad de vida de ambos.

Soporte social: Una variable que se estudió sistemáticamente por sus efectos de atenuación de las respuestas de estrés, es el *apoyo social* (en inglés, *social buffering*). Numerosa evidencia muestra que el eje HPA puede ser regulado por la presencia de conespecíficos (Hostinar et al., 2014). Este efecto se observó en una amplia variedad de especies y bajo diferentes situaciones de estrés, tales como estresores leves cotidianos (Albers, Riksen, Walraven, Sweep, y de Weerth, 2008), SM (Coe, Mendoza, Smotherman, y Levine, 1978) y la exposición a un discurso público (Kirschbaum, Pirke, y Hellhammer, 1993). En cada etapa del desarrollo se produce una variación en cuanto a los estímulos que funcionan como soporte social. Los estímulos provenientes de la madre parecerían ser efectivos en la reducción de respuestas de estrés y dolor en la temprana ontogenia. Evidencia previa muestra que los mecanismos de buffer se desencadenan cuando el olor de la madre está presente (Kamenetzky, Suárez, Pautassi, Mustaca y Niznikov, 2015; Loos, Reger y Schaal, 2019). Conforme los individuos se desarrollan, la eficacia de la madre decrece y otros estímulos serán más



eficientes para reducir las respuestas de estrés, siendo éstos los congéneres de una edad similar en la niñez y adolescencia y la pareja en la adultez.

Este proyecto se centra en el estudio de los factores emocionales que pueden afectar la LM y la evaluación del estrés, el vínculo parental y el soporte social en madres que concurren al Hospital del Oeste de la provincia de San Luis. Se trabajó bajo condiciones de maximización del control experimental y cuidado ético de los participantes. Los resultados podrían derivar a futuro en la elaboración de estrategias que fomenten la lactancia materna y un contexto de crianza que garantice un adecuado crecimiento de los niños.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo consiste en identificar las variables emocionales asociadas con la madre que influyen sobre la lactancia materna y el crecimiento del bebé.

Objetivos específicos:

1. Determinar el porcentaje de madres que alimentan a sus niños con LME, los niveles de estrés percibidos, depresión, el apoyo social y la vulnerabilidad social.
2. Evaluar el efecto del estrés materno percibido, el soporte

social, la vulnerabilidad social y el lazo parental percibido sobre el inicio y mantenimiento de la LM y el crecimiento de los niños.

Materiales y Métodos

Diseño: Se trata de un estudio cuasiexperimental cuyas variables independientes son estrés materno percibido, apoyo social y depresión. Las variables dependientes son el tipo de alimentación del bebé.

Muestra: La muestra estuvo conformada por 34 binomios de madre-bebé de hasta 12 meses de edad, que asisten a diversos servicios del Hospital del Oeste de la provincia de San Luis para el control pediátrico. La participación fue voluntaria y anónima. El método de muestreo fue no aleatorio, por cuotas. Todas las participantes firmaron previamente un consentimiento informado.

Instrumentos: Se administraron 4 instrumentos: la versión reducida de la Escala de Estrés Percibido, PSS por sus siglas en inglés, desarrollada por primera vez en 1983 por Cohen, Lamarck y Mermelstein (Remor, 2006); el Cuestionario MOS de Apoyo Social Percibido, construido por Sherbourne y Stewart en 1991 (Rodríguez Espínola y



Enrique, 2007); la versión de dos ítems de cuestionario PHQ, por sus siglas en inglés, construido por Kroenke, Spitzer y Williams en el año 2010 (Rodríguez Muñoz et al., 2017) y el instrumento Lazos Parentales (PBI), desarrollado por Parker, Tuplin y Brown en 1979 (Espinoza-Marca, 2016). Además, se aplicó un cuestionario construido ad-hoc, que incluye información socio-demográfica de la madre, una planilla de registro con datos que se recolectaron de la historia clínica perinatal del servicio de obstetricia del Hospital del Oeste e información sobre talla, peso y perímetro cefálico obtenida de la libreta de salud del bebé.

La PSS evalúa el grado en que las personas valoran las situaciones de sus vidas como estresantes. Está compuesto por 10 ítems, con una escala de respuesta de 5 puntos, donde 0 es “nunca”, 1 “casi nunca”, 2 “de vez en cuando”, 3 “a menudo” y 4 “muy a menudo”. No presenta punto de corte, por lo que una puntuación más alta, indica un mayor nivel de estrés percibido. Con respecto a las propiedades psicométricas, presenta una consistencia interna de 0.82 según el Coeficiente Alfa de Cronbach, y fue validada a partir de observar una alta correlación entre los puntajes de esta

escala y de otros instrumentos que miden constructos similares (Remor, 2006).

El Cuestionario MOS de Apoyo Social Percibido permite conocer la red familiar y extrafamiliar y medir cuatro dimensiones del apoyo social funcional: emocional, instrumental, interacción social positiva y apoyo afectivo. Está conformada por 20 ítems, con una escala de 5 puntos, donde a mayor puntuación, mayor apoyo percibido. La prueba está validada en población argentina y presenta un índice de confiabilidad de Alfa de Cronbach de 0.919 para la totalidad de la misma (Rodríguez Espínola y Enrique, 2007).

El PHQ-2 se utiliza como instrumento de primer cribado para diagnosticar depresión de una manera rápida y sencilla. Está compuesto por 2 ítems, con formato de respuesta de tipo likert que evalúan humor depresivo y pérdida de interés. Una puntuación mayor o igual a 3 indica probable diagnóstico de depresión. Es uno de los instrumentos más validados para medir depresión mayor en atención temprana con población estadounidense, incluyendo a mujeres embarazadas o en el período de puerperio. Muestra una sensibilidad que oscila entre 75% y 96% y una especificidad entre 57% y 78% (Rodríguez Muñoz et al., 2017).



El PBI pretende medir y determinar el vínculo hacia los padres durante su infancia y adolescencia hasta los 16 años. Está conformado por 25 ítems que componen las escalas de afecto (12 ítems) y control (13 ítems). Cada ítem se puntúa a través del método Likert, en un rango de 0 a 3 puntos, tomando como punto de corte al percentil 50 para delimitar los niveles descriptivos alto y bajo. A partir de la combinación de los niveles obtenidos en cada dimensión, los padres pueden ser “asignados” a uno de los cuatro cuadrantes: óptimo, ausente o débil, constricción cariñosa y control sin afecto. La asignación de las categorías “alto” y “bajo” está basada en los puntajes de corte: para padres, un puntaje de afecto de 24,0 y un puntaje de control de 12,5; y para madres, un puntaje de afecto de 27,0 y un puntaje de control de 13,5. El presente test ha puesto a prueba su confiabilidad y validez y ambas han sido aprobadas (Espinoza-Marca, 2016).

Procedimiento: Con el fin de evitar que no circulen personas en el hospital, por la situación pandémica actual, se redujeron la cantidad de controles pediátricos por lo que las mujeres no asistían con tanta frecuencia. Además, la mayoría de quienes se encontraban en el hospital no

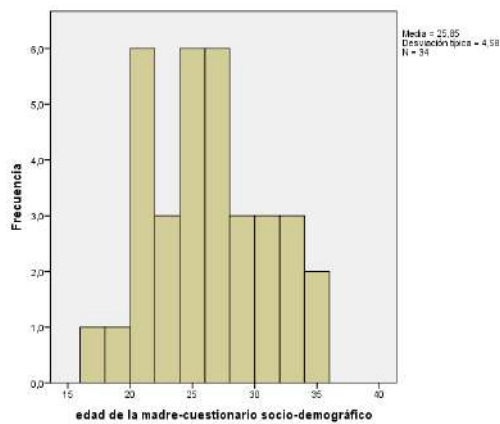
querían participar de la investigación por manifestar tener que asistir a otras consultas. Por esto se tomó la decisión de realizar las entrevistas no solo en el hospital sino además visitar los hogares familiares y administrar allí los instrumentos, siempre con el cuidado necesario para evitar el contagio. Una vez que la madre accedió a participar de la investigación y firmó el consentimiento informado (CI), la investigadora administró los instrumentos en una sesión de 20 minutos, leyéndole a la madre los ítems de cada cuestionario. Se armaron dos modelos de CI adaptados a los diferentes contextos y modos de realización del estudio. El orden de administración de los instrumentos fue contrabalanceado para controlar el efecto de orden. Posteriormente se registraron los siguientes datos de la libreta de salud: talla, peso, perímetro cefálico y tipo de alimentación y luego de la entrevista se recolectaron datos de la historia clínica perinatal que el servicio de obstetricia del Hospital del Oeste vía web.

Análisis de datos: se realizaron análisis de datos descriptivos con el Programa Estadístico para Ciencias Sociales SPSS versión 23. Se realizaron análisis de frecuencias, medias, correlaciones

bivariadas, pruebas t para grupos independientes y chi cuadrado.

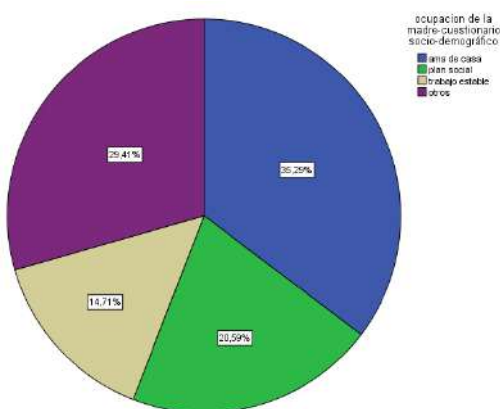
Resultados y discusión

Figura 1. Edad de la madre



El promedio de edad de las madres es de 26 años, con una desviación típica de 4,5 años. El coeficiente de variación menor al 20% permite suponer que esta media es confiable.

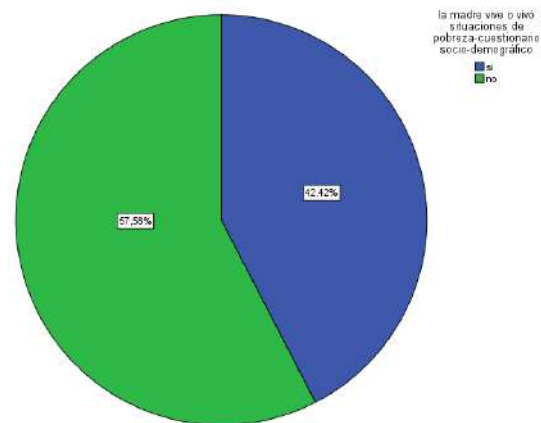
Figura 2. Ocupación de la madre



En el gráfico se observa que la mayoría de las mujeres de esta muestra son amas de casa (35,3%), seguida de otros, es decir,

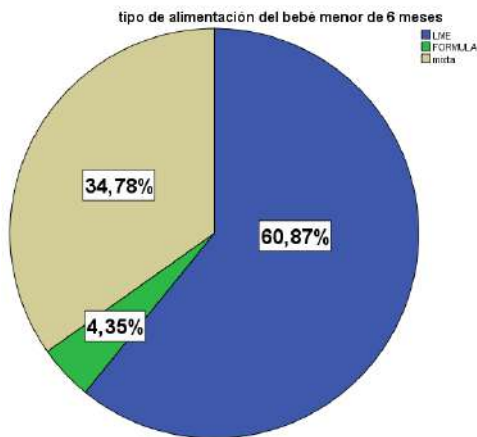
que son estudiantes o desocupadas (29,4%), luego quienes reciben un plan social (21%) y finalmente aquellas que tienen un trabajo estable (15%).

Figura 3. Situación de pobreza



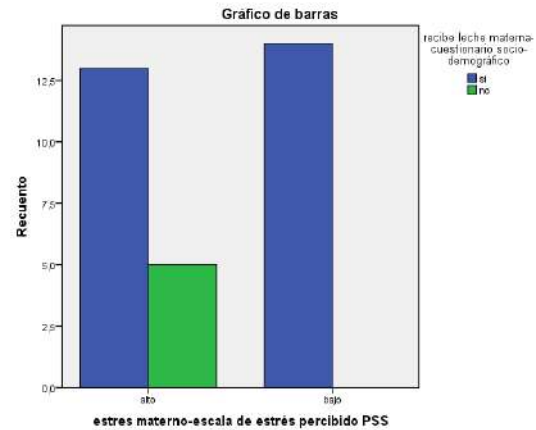
En este gráfico de torta se observa que alrededor del 42% de las mujeres de la muestra vive o vivió situaciones de pobreza y el 58%, no.

Figura 4. Alimentación del bebé <6 meses



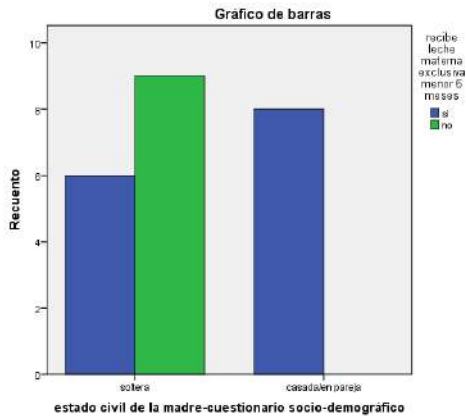
El gráfico muestra que el 61% de los bebés menores de 6 meses reciben LME, le siguen aquellos que se alimentan de forma mixta con un 35% y finalmente un 4% recibe leche de fórmula.

Figura 5. Asociación de LM y estrés materno



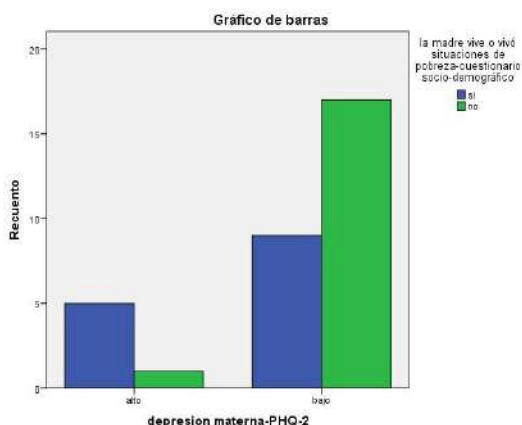
El gráfico señala la relación entre LM con el nivel de estrés materno, medido con el cuestionario PSS. Los bebés de las madres que tienen mayores niveles de estrés reciben menos LM que aquellos con madres que refieren menor puntaje en la escala de estrés ($\chi^2 (1, N = 32) = 4,609, p < 0.032$).

Figura 6. Asociación entre LME y estado civil de la madre



En el gráfico se observa que los niños de madres solteras reciben menos LME que aquellos con madres casadas o en pareja ($X^2 (1, N =23) = 7,886, p < 0,005$).

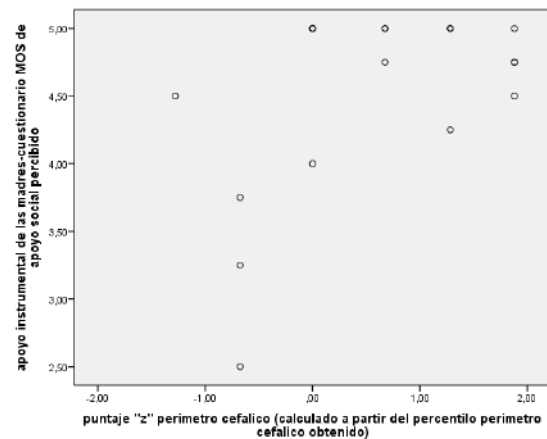
Figura 7. Asociación entre situación de pobreza y depresión materna



En el gráfico se observa que, tras aplicar el cuestionario PHQ-2, las madres que perciben que han vivido o viven situaciones de pobreza presentan

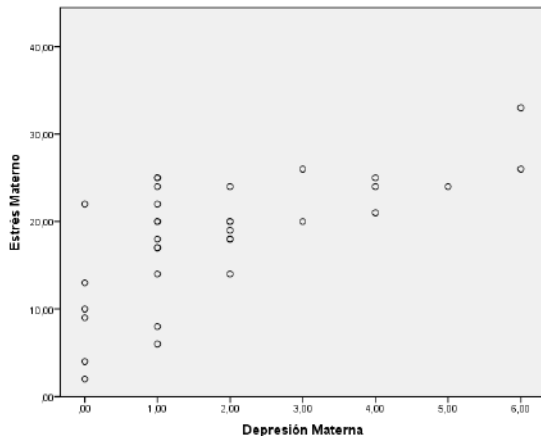
puntajes más altos en depresión ($X^2 (1, N=32) = 4,702, p < 0,03$).

Figura 8. Correlación entre puntaje z de PC y apoyo instrumental.



El gráfico muestra una tendencia hacia una correlación positiva entre el puntaje z de PC y apoyo instrumental, obtenido mediante el cuestionario MOS, aunque no se observa una relación estadísticamente significativa ($r (19) = 0.377, p = 0,11$).

Figura 9. Correlación entre Estrés y Depresión materna



Se observa una correlación positiva estadísticamente significativa entre ambas variables. Quienes obtuvieron mayores puntajes en depresión, mostraron valores más altos de estrés ($r(33) = -2,882$, $p = 0,01$).

Conclusiones

Para este estudio se seleccionó el Hospital del Oeste ubicado en una zona carenciada de la provincia de San Luis, donde aproximadamente el 83% de las madres se encuentran en contextos familiares con indicadores de riesgo socio-sanitario y el 14% son adolescentes, según los datos obtenidos por el servicio social del hospital. En esta investigación, la muestra estuvo conformada por madres con una edad promedio de 24 años de edad, siendo la mayoría de ellas amas de casa y la minoría tenía un trabajo estable. Además se pudo observar que un 42% de

estas mujeres respondió que vive o vivió situaciones de pobreza. Respecto a esto, tras administrar el cuestionario PHQ-2, se pudo observar que las madres que mostraron mayores niveles de depresión habían experimentado tal situación de vulnerabilidad.

Respecto a la alimentación de los bebés de este estudio, el 61% recibió LME, lo cual supera ampliamente las estadísticas mundiales (UNICEF, 2019) y de nuestro país (ENNYS, 2019), que mostraron 42% y alrededor del 40%, respectivamente. También se encontró que diferentes variables se asocian con la LM. Se observó que, respecto a la situación de pareja, las madres solteras alimentaban menos a sus hijos con LME que aquellas casadas o en pareja. Con respecto a este último dato, Tarrant (2010) encontró un resultado similar. La variable emocional de estrés, para esta muestra, tiene una asociación significativa con el consumo de LM. Aquellas madres que en el momento de la entrevista mostraron mayores niveles de estrés, alimentaban menos a sus hijos con leche materna. Estos resultados son similares a los encontrados por Dozier, Nelson y Brownell (2012) y con datos no publicados de nuestro equipo de investigación con población general y con desnutrición infantil. Los resultados de este estudio también



permiten señalar que a mayor nivel de depresión materna, se observan mayores puntajes de estrés. Por lo cual, se podría hipotetizar que indirectamente podría haber una relación entre la depresión y la LM. En este sentido, a más depresión mayor es el estrés y el estrés se encuentra asociado con la lactancia.

Un resultado que requiere mayor profundidad pero arroja un indicio de una asociación que podría ser relevante, fue el obtenido a partir del cuestionario MOS de apoyo social y el puntaje Z del PC del niño. Para esta muestra, si bien no existe una correlación estadísticamente significativa entre estas dos variables, se observa una tendencia hacia una correlación positiva. Sin embargo, es necesario realizar un estudio con una muestra mayor para confirmar esta hipótesis.

Se observa la importancia de ahondar en la elaboración y aplicación de estrategias tendientes a disminuir los niveles de estrés y depresión maternos y a aumentar el apoyo social para fortalecer y sostener la LM y el crecimiento de los niños. Tal y como se señaló en la fundamentación de este estudio, la vulnerabilidad social y la falta de apoyo de otros congéneres influye de forma significativa en el aumento del estrés (Hostinar, Sullivan y Gunnar, 2014). Siguiendo esta línea, para las mujeres que

participaron en este estudio, el apoyo social y particularmente el de la pareja, serviría como apoyo social para la reducción del estrés (Rainecki, Moriceau y Sullivan, 2010).

A futuro, se espera poder aplicar estos instrumentos a más mujeres que vivan en las zonas más vulneradas de la provincia de San Luis, a fin de ampliar la muestra y encontrar resultados que ayuden a desarrollar mejores estrategias para la promoción de la LM.

Referencias bibliográficas

- Albers, E. M., Riksen-Walraven, J. M., Sweep, F. C. G. J., y de Weerth, C. (2008). Maternal behavior predicts infant cortisol recovery from a mild everyday stressor. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49, 97–103.
- Argentina.gob.ar. (s.f.). *Lactancia*. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/salud/creceronsalud/lactancia>
- Bailey, M.T., Lubach, G.R., Coe, C.L., 2004. Prenatal stress alters bacterial colonization of the gut in infant monkeys. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 38, 414—421.
- Binns, C., Lee, M., y Low, W. Y. (2016). The Long-Term Public Health Benefits of Breastfeeding. *Asia-Pacific journal of public health*, 28(1), 7–14.



Borre Ortiz, Y. M., Cortina Navarro, C., y González Ruíz, G. (2014). Lactancia materna exclusiva: ¿La conocen las madres realmente?. *Revista CUIDARTE*, 5(2),723-730.

Bowlby, J. (1969). *Attachment and loss, Vol 1. Attachment*. London: Hogarth Press.

Castañeda-Guillot, C. (2018). Microbiota intestinal y salud infantil. *Rev Cubana Pediatr*, 90(1), 94-110.

Coe, C. L., Mendoza, S. P., Smotherman, W. P., y Levine, S. (1978). Mother–infant attachment in the squirrel monkey: Adrenal response to separation. *Behavioral Biology*, 22, 256–263.

Dozier, A. M., Nelson, A., y Brownell, E. (2012). The Relationship between Life Stress and Breastfeeding Outcomes among Low-Income Mothers. *Advances in Preventive Medicine*, 1-10.

Engert, V., Buss, C., Khalili-Mahani, N., Wadiwalla, M., Dedovic, K. y Pruessner, J. C. (2010). Investigating the Association Between Early Life Parental Care and Stress Responsivity in Adulthood. *Developmental Neuropsychology*, 35(5), 570–581.

ENNyS 2. 2º Encuesta Nacional de Nutrición y Salud. ENNyS2. Resumen Ejecutivo. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Presidencia de la Nación. Secretaría de Gobierno de salud, 2019. Recuperado de:

http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000001565cnt-ennys2_resumen-ejecutivo-2019.pdf

Espinoza-Marca, L. D. (2016). *Propiedades Psicométricas del Instrumento Lazos Parentales en Internos de Comunidades Terapéuticas de Trujillo*. (Tesis de Licenciatura en Psicología). Universidad César Vallejo: Perú.

Herman, J. P., y Cullinan, W. E. (1997). Neurocircuitry of stress: central control of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis. *Trends in neurosciences*, 20(2), 78–84.

Hostinar, C. E., Sullivan, R. M., y Gunnar, M. R. (2014). Psychobiological mechanisms underlying the social buffering of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis: a review of animal models and human studies across development. *Psychological bulletin*, 140(1), 256–282.

Kamenetzky, G. V., Suárez, A., Pautassi, R., Mustaca, A., y Niznikov, M. (2015). Effect of pre-exposure to odors on the first intake behavior. *Physiology and Behavior. Special Issue*, 148, 51-57.

Kirschbaum, C., Pirke, K.-M., y Hellhammer, D. H. (1993). The “Trier Social Stress Test” – A tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28(1-2), 76–81.



- Lazarus, R. S., y Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal and coping*. New York: Springer Publishing Company.
- Loos, H. M., Reger, D., y Schaal, B. (2019). The odour of human milk: Its chemical variability and detection by newborns. *Physiology & behavior*, 199, 88–99.
- Mayer, E. A., Tillisch, K., y Gupta, A. (2015). Gut/brain axis and the microbiota. *The Journal of clinical investigation*, 125(3), 926–938.
- Ministerio de Salud de la Nación. Dirección Nacional de Maternidad, Infancia y Adolescencia. Situación de la lactancia materna en Argentina. Informe 2018.
- Mörelus, E., Nelson, N. y Gustafsson, P.A. (2007), Salivary cortisol response in mother–infant dyads at high psychosocial risk. *Child: Care, Health and Development*, 33 (2), 128-136.
- Mosca, F., y Gianni, M. L. (2017). Human milk: composition and health benefits. *La Pediatría medica e chirurgica: Medical and surgical pediatrics*, 39(2), 155.
- Oiberman, A. (2011). *Capítulo 2: vínculo y apego*. En A. Oiberman, M. Orsi y S. Oizerovich (Ed.), *PRONAP* (pp. 35-54). Buenos Aires: Sociedad Argentina de Pediatría
- Raineki, C., Moriceau, S., y Sullivan, R. M. (2010). Developing a Neurobehavioral Animal Model of Infant Attachment to an Abusive Caregiver. *Biol Psychiatry*, 67(12), 1137–1145.
- Remor, E. (2006). Psychometric Properties of a European Spanish Version of the Perceived Stress Scale (PSS). *The Spanish Journal of Psychology*, 9(1), 86-93.
- Rodríguez Espínola, S. S., y Enrique, H. C. A. (2007). Validación Argentina del cuestionario MOS de apoyo social percibido. *Psicodebate*, 7(12), 155-168.
- Ruiz Silva, M. D., Pouymiró Brooks, Y., y Dumas Nicó, Y. A. (2014). Lactancia materna exclusiva a menores de seis meses pertenecientes al Policlínico Docente Municipal de Santiago de Cuba. *MEDISAN*, 18(2),226-234.
- Rodríguez-Muñoz, M., Castelao-Legazpi, P. C., Olivares-Crespo, M. E., Soto Balbuena, C., Izquierdo-Mendez, N., Ferrer Barrientos, F. J., y Huynh-Nhu, L. (2017). PHQ-2 como primer instrumento de cribado de la depresión prenatal. *Rev Esp Salud Pública*, 91, 1-8.
- Spratt, E. G., Marsh, C., Wahlquist, A. E., Papa, C. E., Nietert, P. J., Brady, K. T., Herbert, T. L. y Wagner, C. (2016). Biologic effects of stress and bonding in mother-infant pairs. *The international journal of psychiatry in medicine*, 51(3), 246-257.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Tarrant, M., Fong, D. Y., Wu, K. M., Lee, I. L., Wong, E. M., Sham, A., Lam, C., y Dodgson, J. E. (2010). Breastfeeding and weaning practices among Hong Kong mothers: a prospective study. *BMC pregnancy and childbirth*, 10, 27.

UNICEF (2019). Estado Mundial de la Infancia 2019. Niños, alimentos y nutrición: crecer bien en un mundo en transformación. UNICEF, Nueva York.

Van den Heuvel, M., y Birken, C. (2018). Food insecurity and breastfeeding. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*, 190(11), E310–E311.

World Health Organization. Implementation guidance: protecting, promoting and supporting breastfeeding in facilities providing maternity and newborn services: the revised baby-friendly hospital initiative. Geneva: WHO; 2018.

Zijlmans, M. A. C., Korpela, K., Riksen-Walraven, J. M., de Vos, W. M., y de Weerth, C. (2015). Maternal prenatal stress is associated with the infant intestinal microbiota. *Psychoneuroendocrinology*, 53, 233–245.

A INFLUÊNCIA DA VIDA UNIVERSITÁRIA NA SAÚDE
MENTAL DOS ALUNOS DA ESCOLA DE AGRONOMIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS



D.36. Saúde Humana

A INFLUÊNCIA DA VIDA UNIVERSITÁRIA NA SAÚDE MENTAL DOS ALUNOS DA ESCOLA DE AGRONOMIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Autor: Carvalho, Gabriela Coutrin de Melo; gabrielacoutrin@discente.ufg.br

Co-autora: Borges, Mikaelly Veiga; mikaelly.vb@gmail.com

Co-autora: Silva, Márcia Cristina da marciacristinas@discente.ufg.br

Orientadora: Souza, Adriana Régia Marques de; adriana_regia_souza@ufg.br

Universidade Federal de Goiás

Resumo

O meio acadêmico pode afetar o estado emocional do aluno, podendo prejudicar o rendimento durante as aulas, além de aumentar as taxas de evasão do curso. Estudos apontam que sintomas como depressão, ansiedade e estresse têm aumentado ao longo dos anos. Tais transtornos afetam principalmente os jovens universitários, pois ao entrar na faculdade, o aluno passa por uma série de mudanças físicas, psicológicas, biológicas e sociais. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da vida universitária e da participação em atividades extracurriculares na saúde mental dos alunos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Foi realizada uma coleta de dados em março de 2020 com 180 estudantes que responderam um formulário online com três partes: perfil dos alunos, avaliação do seu estado emocional e fatores que afetam negativamente seu estado emocional. Foi verificado que mais de 95% dos alunos que responderam ao questionário já se sentiram cansados, ansiosos, preocupados e estressados em algum momento do curso, indicando a alta prevalência de sintomas relacionados a ansiedade e depressão. Os resultados mostram a importância de assistência psicológica dentro da universidade e a necessidade de promoção de intervenções que ajudem no enfrentamento dessas adversidades.

Palavras Chave: ensino superior, estudantes, estado emocional.

1. INTRODUÇÃO

A OMS (2014) define saúde como: “...um estado completo de bem estar físico, mental e social, e não somente a

ausência de doença ou enfermidade.”. Além disso, a OMS (2013) elaborou o Plano de Ação sobre Saúde Mental para os anos de 2013-2020, que tem como um



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

dos objetivos fortalecer as informações e os dados científicos sobre saúde mental.

Estudantes tem sido foco de estudos sobre saúde mental, em especial os jovens de 15 a 29 anos, onde a quarta causa principal de morte é o suicídio (OMS, 2021). Tal preocupação é justificada devido ao fato de que, ao entrar na faculdade, o aluno passa por uma série de mudanças físicas, psicológicas, biológicas e sociais. A fim de se adaptar ao ambiente universitário, é necessário abandonar hábitos construídos nas escolas e buscar sua própria autonomia (Graner e Cerqueira, 2019).

O meio acadêmico pode afetar o estado emocional do aluno, atuando como percursos de risco à saúde mental, de diversas formas, dentre elas: a alta carga horária de aulas, a alteração na rotina, o longo tempo dedicado aos estudos e a falta de tempo para si mesmo. Tais fatores contribuem para o desenvolvimento de problemas que, muitas vezes, são marcantes e traumáticos, comprometendo seu bem-estar, seu desenvolvimento, prejudicando o rendimento acadêmico, além de aumentar a taxa de evasão das universidades (Arino e Bardaji, 2018).

Graner e Cerqueira (2019) associaram a presença de sofrimento

psíquico entre universitários com as características da vida acadêmica e das relações interpessoais.

De acordo com CDC (2018), os casos de suicídio, depressão e ansiedade vem aumentando em adolescentes e esses números são ainda maiores para mulheres do que para homens. Além disso, a depressão é um fator de risco associado ao suicídio (Bachmann, 2018).

De acordo com estudos de Gottfried (2021) os alunos que se sentiam satisfeitos com a vida acadêmica e estavam envolvidos em atividades extracurriculares, apresentavam baixos níveis de ansiedade e depressão, e por consequência obtiveram melhor desempenho. Além disto, a participação em atividades extracurriculares permitem que os alunos desenvolvam habilidades, explorem oportunidades e desenvolvam relacionamentos com colegas um ambiente de aprendizagem seguro (Forgeard e Benson, 2017).

2. OBJETIVOS

Avaliar a influência de fatores da meio universitário, de atividades externas à faculdade e da participação em atividades extracurriculares, na saúde mental dos alunos da Escola de



Agronomia (EA) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Engenharia de Alimentos e Engenharia Florestal da UFG.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação científica foi realizada por meio de um formulário online e anônimo durante o mês de março de 2020. O público alvo da pesquisa foram os estudantes dos cursos de graduação em Agronomia,

3.1. COLETA DE DADOS

Através da ferramenta Google Forms foi estruturado um formulário dividido em três partes, de acordo com as tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. A tabela 1 teve como objetivo traçar o perfil dos estudantes.

Tabela 1. Perfil dos alunos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.

Perfil dos Participantes	
Sexo:	<input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/> Masculino
Idade:	
Com quem você mora?	<input type="checkbox"/> Sozinho <input type="checkbox"/> Pais <input type="checkbox"/> Parentes <input type="checkbox"/> Amigos <input type="checkbox"/> República
Está feliz vivendo em Goiânia?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Mais ou Menos
Qual o seu curso?	<input type="checkbox"/> Agronomia <input type="checkbox"/> Eng. de Alimentos <input type="checkbox"/> Eng. Florestal
Está satisfeito com o curso?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Mais ou Menos
Participa de alguma atividade extracurricular?	<input type="checkbox"/> Grupo de Estudos/ PET/ Empresa Junior <input type="checkbox"/> Monitoria <input type="checkbox"/> Nenhum
Pratica alguma atividade fora da faculdade?	<input type="checkbox"/> Esporte <input type="checkbox"/> Dança <input type="checkbox"/> Musculação <input type="checkbox"/> Yoga <input type="checkbox"/> Nenhuma Atividade <input type="checkbox"/> Outros

A tabela 1 teve como objetivo traçar o perfil dos estudantes. Na tabela 2 podemos observar os parâmetros que avaliaram o estado emocional dos alunos.

Para os alunos que alegaram se sentir com a saúde mental influenciada pelo ambiente acadêmico, foi elaborado um formulário de acordo com a tabela 3



Tabela 2. Avaliação do estado emocional do aluno.

Atualmente, como você se sente?	
Tem problemas para dormir? (exemplo: insônia, não voltar a dormir ao acordar à noite e pesadelos)	() Nunca () Algumas vezes () Raramente () Geralmente
Já sentiu algum desses sintomas: boca seca, dor de estômago, diarreia, taquicardia, crise de hipertensão?	() Nunca () Algumas vezes () Raramente () Geralmente
Está feliz com a vida em Goiânia?	() Sim () Não () Mais ou menos
Sente-se cansado?	() Sim () Não () Mais ou menos
Sente-se ansioso?	() Sim () Não () Mais ou menos
Sente-se preocupado?	() Sim () Não () Mais ou menos
Sente-se deprimido?	() Sim () Não () Mais ou menos
Sente-se estressado?	() Sim () Não () Mais ou menos
Já procurou assistência psicológica?	() Sim () Não
Se sim, onde?	() Rede Pública () Rede Particular () Serviços da Universidade () Ajuda de amigos e/ou familiares () Nenhuma das Opções
O que mais te afeta negativamente?	() Família () Professores () Meio Acadêmico () Curso () Amigos () Situação Financeira () Não me sinto afetado

A fim de atingir o público alvo, foi solicitado aos coordenadores dos cursos de Agronomia, Engenharia de Alimentos e Engenharia Florestal os e-mails dos estudantes e foi enviado o formulário aos

estudantes. Para um maior alcance, o formulário também foi divulgado em redes sociais, como WhatsApp e Instagram.



Tabela 3. Fatores que afetam negativamente o estado emocional do aluno.

Estado Emocional do Aluno		
O que te causa insatisfação com o seu curso?	<input type="checkbox"/> Carga Horária <input type="checkbox"/> Professores <input type="checkbox"/> Relação entre colegas <input type="checkbox"/> Disciplinas de Biológicas <input type="checkbox"/> Conciliar estudo e trabalho	<input type="checkbox"/> Carreira Futura <input type="checkbox"/> Mercado de Trabalho <input type="checkbox"/> Falta de Oportunidade <input type="checkbox"/> Disciplinas de Exatas <input type="checkbox"/> Veteranos <input type="checkbox"/> Outros
Porque você escolheu este curso?	<input type="checkbox"/> Me identifiquei com o curso <input type="checkbox"/> Influência de amigos e/ou família	<input type="checkbox"/> Relatórios <input type="checkbox"/> Estágio <input type="checkbox"/> Provas <input type="checkbox"/> TCC <input type="checkbox"/> O que eu consegui passar <input type="checkbox"/> Mercado de Trabalho
Já pensou em desistir da faculdade?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Já trancou o curso?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Quais ações dentro da Escola de Agronomia te motivariam a permanecer no curso?	<input type="checkbox"/> Oficinas <input type="checkbox"/> Monitoria <input type="checkbox"/> Mesa Redonda	<input type="checkbox"/> Palestras <input type="checkbox"/> Bolsas <input type="checkbox"/> Outros
Se houvesse assistência psicológica dentro da Escola de Agronomia, você acha que faria diferença?	<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Talvez

3.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados utilizando o software Sisvar versão 5.7. Foi realizado o teste qui-quadrado de Pearson buscando validar a hipótese H₀, caso contrário, foi validado H₁ (Ferreira, 2000). As hipóteses testadas foram:

H₀: Estaticamente, estar satisfeito com o curso, fazer atividades fora da faculdade e atividades

extracurriculares existe relação com estar afetado negativamente.

H₁: Estaticamente, estar satisfeito com o curso, fazer atividades fora da faculdade e atividades extracurriculares não existe relação com estar afetado negativamente.

Para validar a hipótese, o valor de qui-quadrado obtido através dos resultados da pesquisa foi comparado



com valores tabelados para $\alpha = 5\%$ de significância.

Quando o qui-quadrado calculado foi maior ou igual ao tabelado, a hipótese H_0 foi aceita. Quando o valor calculado foi menor que o tabelado, H_0 foi rejeitado e a hipótese H_1 foi validada (Ferreira, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2020, ano onde foi realizada a pesquisa, na Escola de Agronomia haviam 1383 alunos matriculados nos cursos de graduação, dentre eles: 60,5% em Agronomia, 25,5% em Engenharia de Alimentos e 14% em Engenharia Florestal (Sigaa, 2020).

Desta forma, a quantidade de respostas por curso no formulário, é proporcional à quantidade de alunos matriculados.

Dentre os 104 graduandos em

Agronomia, 58,7% disseram estar satisfeitos, enquanto 6,7% se mostraram insatisfeitos e 34,6% moderadamente satisfeitos com o curso.

Em relação aos 61 graduandos de Engenharia de Alimentos, 64% estão satisfeitos contra 1,6% insatisfeitos, enquanto 34,4% estão moderadamente satisfeitos com o curso.

Na Engenharia Florestal, 80% estão satisfeitos, 6,7% insatisfeitos e 13,3% moderadamente satisfeitos com seu curso.

Participaram da pesquisa 180 alunos da EA/UFG, dentre eles, a participação feminina e de alunos da faixa etária de 17 a 24 anos foram predominantes. Dentre os cursos que responderam o formulário, o curso de Agronomia teve maior participação (Tabela 4).

Tabela 4: Distribuição da amostra de estudantes da Escola de Agronomia (n=180).

	Variáveis	Total	Porcentagem
Gênero	Feminino	112	62,2%
	Masculino	68	37,8%
Faixa etária	17 - 20	61	33,9%
	21 - 24	88	48,9%
	25 - 28	27	15,0%
	29 - 32	4	2,2%



Curso	Agronomía	104	57,8%
	Engenharia de Alimentos	61	33,9%
	Engenharia Florestal	15	8,3%

Analisando a vida pessoal do aluno e a satisfação com a vida em Goiânia, foi observado que a maior parte reside com os pais e estão felizes com a cidade em que moram (Tabela 5).

Em relação à participação dos alunos em atividades extracurriculares, 61,7% afirmam participar de alguma atividade, sendo a maior parte (41,7%) em Grupo de Estudos/ Programa de Educação Tutorial/ Empresa Júnior, seguido de Iniciação Científica (15,6%) e Monitoria (4,4%).

Em seu estudo, Gottfried (2021) concluiu que a participação em atividades extracurriculares pode estar associada à diminuição dos níveis de depressão, dependendo do tipo de

atividade e do sexo do participante.

No âmbito de atividades externas à faculdade, 43,9% dos alunos não desenvolvem nenhuma atividade. As práticas mais executadas pelos alunos são musculação (22,2%), esportes (13,9%), dança (4,4%), yoga (2,2), entre outros (13,3%). Segundo Correa (2019), no campo da saúde mental a prática de exercícios físicos ajuda na regulação das substâncias ao sistema nervoso, melhora o fluxo de sangue para o cérebro, ajuda na capacidade de lidar com problemas e com o estresse. Além disso, auxilia também na recuperação da autoestima, redução da ansiedade e do estresse ajudando no tratamento da depressão.

Tabela 5: Análise das variáveis “Com quem você mora” e “satisfação com a vida em Goiânia”.

Pergunta	Alternativa	Total	Porcentagem
Com quem você mora?	Sozinho	23	12,8%
	Pais	119	66,1%
	Parentes	26	14,4%
	República	4	2,2%
	Amigos	8	4,4%



Está feliz com a vida em Goiânia?	Sim	99	55%
	Não	10	5,6%
	Mais ou menos	71	39,4%

A segunda parte do questionário buscou avaliar como o aluno já se sentiu ou se sente atualmente, onde mais de 95% dos participantes alegaram ter sentido cansaço, ansiedade, preocupação e estresse em algum momento do curso (Tabela 6).

Quando indagados quanto à

qualidade do sono, 19,4% afirmaram terem problemas para dormir com alta frequência.

De forma geral, perturbações no sono e no apetite, sentimento de culpa, baixa autoestima e baixa concentração são sintomas de ansiedade (WHO, 2020).

Tabela 6: Características do estado emocional dos alunos da Escola de Agronomia.

Pergunta	Alternativa	Total	Porcentagem
Tem problemas para dormir? (exemplo: insônia, não voltar a dormir ao acordar à noite e pesadelos)	Geralmente	35	19,4%
	Algumas vezes	88	48,9%
	Raramente	46	25,6%
	Nunca	11	6,1%
Tem problemas para dormir? (exemplo: insônia, não voltar a dormir ao acordar à noite e pesadelos)	Geralmente	41	22,8%
	Algumas vezes	83	46,1%
	Raramente	36	20%
	Nunca	20	11%
Já se sentiu cansado?	Sim	175	97,2%
	Não	3	1,7%
	Mais ou Menos	2	1,1%
Já se sentiu ansioso?	Sim	172	95,6%
	Não	1	0,6%
	Mais ou Menos	7	3,9%



Já se sentiu preocupado?	Sim	177	98,3%
	Não	0	0%
	Mais ou Menos	3	1,7%
Já se sentiu deprimido?	Sim	141	78,3%
	Não	21	11,7%
	Mais ou Menos	18	10%
Já se sentiu estressado?	Sim	173	96,1%
	Não	1	0,6%
	Mais ou Menos	6	3,3%

Pesquisas realizadas pela Andifes (2018), mostram que 83,5% dos estudantes dizem experimentar alguma dificuldade emocional e mais de 60% dos estudantes de graduação afirmam que a ansiedade é sua principal condição emocional.

Segundo UFG (2019), a realidade da universidade se assemelha à da pesquisa da Andifes (2018), o que torna imprescindível que a comunidade universitária se organize imediatamente para construir ambientes mais saudáveis e acolhedores.

Nesse sentido, a UFG realizou projetos com foco na saúde mental, como o programa "A Universidade te Acolhe", em que os estudantes são direcionados a atendimento psiquiátrico e psicológico na Instituição ou na rede pública de atendimento à saúde mental.

Mais da metade dos estudantes

(55%) da Escola de Agronomia afirmaram que já procuraram assistência psicológica, sendo que 56,8% destes alunos, buscaram auxílio em rede particular de saúde, 19,8% procuram serviços oferecidos pela UFG, 12,3% em rede pública, 8,6% procuraram apoio informal de familiares e/ou amigos e 2,5% não se manifestaram.

Ao indagar aos estudantes sobre fatores que mais afetam negativamente, 91% se julgaram afetados pelo próprio meio acadêmico, família, amigos, curso, professores ou situação financeira. Dentre eles, o meio acadêmico foi o principal fator que afeta os estudantes da EA/UFG (Figura 1). A situação financeira também foi bastante apontada (47%) pelos estudantes.

Estudos de Santos (2019) na Universidade Federal do Rio Grande do

Sul, encontraram valor semelhante ao deste trabalho, onde 91,2% dos estudantes acreditavam que existiam fatores no ambiente acadêmico que eram determinantes para sintomas de depressão e ansiedade.

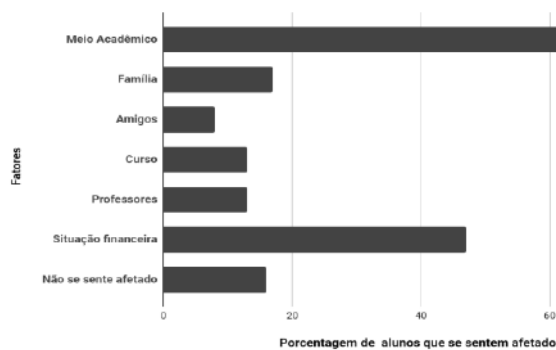


Figura 1. Fatores que mais afetam negativamente os alunos da EA/UFG.

A partir destes dados, foi realizada a análise estatística, onde foi encontrado que, pelo teste de qui-quadrado, estar ou não afetado negativamente tem relação com estar satisfeito com o curso em que está matriculado, mostrando que o estado emocional do aluno é afetado quando ele não está satisfeito com o curso.

Se tratando do ensino superior, à medida que as expectativas dos alunos em relação ao curso são atendidas, aumenta-se os níveis de satisfação. A satisfação acadêmica é de extrema relevância para o aluno, pois este fator causa mudanças em seu comportamento, no sentido de relações

sociais, cognitivas, profissionais e afetivas. Os alunos que se mostram mais satisfeitos com o curso, apresentam melhores resultados durante a graduação, já os que se mostram insatisfeitos, mostram um menor rendimento e desentendimento entre a realidade e as expectativas sobre a graduação (Pereira et al. 2018).

Estatisticamente, há relação entre participar de atividades extracurriculares e estar ou não afetado negativamente. Dessa forma, podemos inferir que atividades como Grupos de Estudo, Programa de Educação Tutorial (PET), Empresa Júnior, Iniciação Científica e Monitorias, auxiliam na saúde mental dos alunos da Escola de Agronomia.

Porto e Gonçalves (2017), ao realizarem uma pesquisa com o envolvimento dos alunos em atividades acadêmicas, encontraram que os alunos com maiores médias e engajamentos, não participaram apenas de atividades obrigatórias, mas também estiveram envolvidos em atividades extracurriculares. Com isso, ressalta-se que o envolvimento do estudante em atividades extras é motivacional para o desempenho do mesmo durante a graduação, além da menor probabilidade de evasão do curso.

Já para atividade externas à universidade, estatisticamente, não apresentou nenhuma relação com o estado emocional do aluno. A relação entre exercício físico e benefícios psicológicos é complexa, devido à existência de várias formas e tipos de exercício, especificamente atividades de grupo ou individuais, esportes, esportes de competição ou atividade física de lazer, atividade aeróbica e anaeróbica, de intensidade moderada ou elevada, regular ou esporádica (Giesta e Fonte, 2016).

Aos alunos que se julgaram afetados negativamente por algum fator apresentado na Figura 1, foram questionados sobre os principais motivos de insatisfação com o curso (Figura 2).

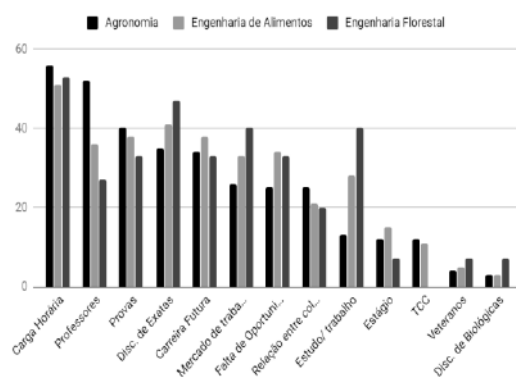


Figura 2. Fatores que mais causam insatisfação nos cursos de Agronomia, Engenharia de Alimentos e Engenharia Florestal.

Cada aluno poderia selecionar até 3 alternativas que expressam suas opiniões sobre o assunto. A carga horária foi apontada como fator que causa maior insatisfação entre os participantes, seguido de professores, disciplinas de exatas e provas.

Marques (2018) realizou um estudo com alunos do curso de Ciências Contábeis sobre fatores que influenciavam na permanência no curso. Ao perguntar o que motivaria a desistência, as respostas se concentraram em perspectiva com a carreira futura e a dificuldade para conciliar horários. Com isso percebe-se que o medo do mercado de trabalho e falta de tempo devido à elevada carga horária afetam o rendimento do aluno durante a graduação, além de contribuir para a taxa de evasão do ensino superior.

No questionário, também foi perguntado o motivo que levou o aluno a escolher o que cursar no ensino superior. O maior percentual respondeu que se identificou com o curso (68,3%), seguido pelos que foram influenciados por amigos ou família (12,8%), por ser o curso que conseguiu passar (10,4%) e, em último, os alunos que escolheram pelo mercado de trabalho (8,5%). Quando questionados se já pensaram



em desistir da faculdade, 58,5% disseram que sim e 41,5% alegaram que não.

Mesmo que o maior percentual de alunos tenha escolhido o curso por identificação, mais da metade já quiseram desistir da graduação, o que dado indica que as expectativas podem ter sido frustradas em algum momento da graduação, fazendo com que o discente queira abandonar o ensino superior.

Marques (2018) afirma que a evasão tem grande relação com a dificuldade de aprendizado, a falta de vocação com o curso escolhido, o índice de reprovação, a metodologia de ensino da instituição, a dificuldade de se relacionar no meio acadêmico e a dificuldade de conciliar graduação com o trabalho.

Pensando no bem-estar emocional do estudante, foi questionado se a existência de assistência psicológica dentro da Escola de Agronomia seria um fator diferencial. A maioria dos participantes (95,1%) da pesquisa acreditam que a assistência psicológica é algo positivo dentro da Escola.

Ao perguntar se os alunos frequentariam a assistência psicológica dentro da escola, 59,8% disseram que

sim, 34,8% disseram que talvez frequentariam e 5,5% não frequentariam. Em seu estudo, Santos (2019) mostra a necessidade de oferecer ajuda ao estudante, tendo em vista que, ao agravar os sintomas, menor a chance de procurar atendimento.

De acordo com os estudantes, atividades interativas (65,2%), grupo de estudos (61%), palestras (55,5%), bolsas (53%), oficinas (31,7%), monitorias (25%) e mesa Redonda (15,7%), são as ações dentro da faculdade que mais os motivam a permanecer no curso. Também foram citadas oportunidades de estágios, relações com colegas e famílias, participação em atléticas e o sonho pelo diploma.

Deste modo, percebe-se a necessidade de desenvolvimento de intervenções no meio acadêmico em relação à saúde mental, pela importância deste período da vida do universitário ser marcado por diferentes desafios, expectativas e decisões (Ambiel, Dos Santos e Dalbosco, 2016).

5. CONCLUSÃO

O objetivo foi alcançado, tendo em vista que os resultados obtidos corroboram com os dados encontrados



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



na literatura. Considerando que o estado emocional do aluno é afetado quando ele não está satisfeito com o curso, a participação em atividades extracurriculares podem auxiliar na motivação com sua carreira e no desenvolvimento de suas habilidades interpessoais.

Mais de 95% dos participantes já se sentiram cansados, ansiosos, preocupados e estressados em algum momento do curso. Sintomas estes, característicos de ansiedade e depressão, o que ressalta a importância da criação de ambientes como assistência psicológica dentro da universidade, voltados para identificação de problemas e promoção de intervenções que auxiliem no enfrentamento dessas adversidades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambiel, R. A. M., Santos, A. A. A. e Dalbosco, S. N. P. (2016). Motivos Para Evasão, Vivências Acadêmicas e Adaptabilidade de Carreira Em Universitários. *Psico*, 47(4), 288-297. doi: 10.15448/1980-8623.2016.4.23872.
- Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes). (2018). *V pesquisa do perfil socioeconômico e cultural dos (as) graduandos (as) das IFES - 2018*. Recuperado de <https://www.andifes.org.br/wp-content/uploads/2021/07/Clique-aqui-para-acessar-o-arquivo-completo.-1.pdf>
- Arino, D. O.; Bardagi, M. P. (2018) Relação entre fatores Acadêmicos e a saúde mental de estudantes universitários. *Revista Psicologia em Pesquisa*, 12(3), 44–52. doi: 10.24879/2018001200300544.
- Bachmann, S. (2018). Epidemiology of suicide and the psychiatric perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1–23. doi: 10.3390/ijerph15071425.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2018). *Health-related quality of life (HRQOL)*. Recuperado de <https://www.cdc.gov/hrqol/wellbeing.htm#eight>



- Correa, R. (2019). *Saúde mental e exercício físico: ingredientes para uma vida melhor*. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Norte do Paraná, Londrina, Paraná. Recuperado de https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/23341/1/capa_preta_junto.pdf
- Ferreira, Daniel Furtado. (2000). *Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas*. Lavras, Minas Gerais. Recuperado de <https://des.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/sisvarmanual.pdf>
- Forgeard, M. J. e Benson, L. (2017). Extracurricular involvement and psychological adjustment in the transition from adolescence to emerging adulthood: The role of mastery and 119 creative self-efficacy. *Applied Developmental Science*, 23(1), 1-18. doi: <https://doi.org/10.1080/10888691.2017.1288124>
- Giesta, L. e Fonte, C. (2016). Saúde mental e nível de atividade física em estudantes do ensino superior. *Revista Psicologia Educação e Cultura*, 20(1), 153–171.
- Gottfried, M. (2021). *The Association Between Participation in Extracurricular Activities and Adolescent Mental Health*. (Dissertação de mestrado). Seton Hall University, South Orange, Nova Jersey. Recuperado de <https://scholarship.shu.edu/dissertations/2846>
- Graner, K. M. e Cerqueira, A. T. A. R. (2019) Integrative review: Psychological distress among university students and correlated factors. *Ciência e Saúde Coletiva*, 24(4), 1327–1346. doi: 10.1590/1413-81232018244.09692017.
- Marques, A. G. V. (2018). *Fatores de escolha, permanência e desistência no curso de Contabilidade*. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais. Recuperado de <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23808>



- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2013). *Plan de acción sobre salud mental 2013-2020*. Recuperado de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/97488/1/9789243506029_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2014). *Documentos básicos*. Recuperado de <https://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd48/basic-documents-48th-edition-sp.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Una de cada 100 muertes es por suicidio*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news/item/17-06-2021-one-in-100-deaths-is-by-suicide>
- Pereira, A. F., Salles, N., Oliveira, V. P., Guimarães, A. A. C. e Folle, A. (2018). Satisfação de estudantes universitários de Educação Física com experiências acadêmicas. *Motrivivência*, 30(53), 84–100. doi: 10.5007/2175-8042.2018v30n53p84
- Porto, R. C. e Gonçalves, M. P. (2017). Motivação e envolvimento acadêmico: Um estudo com estudantes universitários. *Psicologia Escolar e Educacional*, 21(3), 515–522, 2017. doi: 10.1590/2175-3539/2017/021311192.
- Santos, G. W. (2019). *Análise da Saúde Mental em Estudantes do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Recuperado de <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/198486>
- Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (Sigaa). (2020). *Alunos Ativos Escola de Agronomia*. Recuperado de https://sigaa.sistemas.ufg.br/sigaa/public/curso/alunos.jsf?lc=pt_BR&id=69678366
- Universidade Federal de Goiás (UFG). (2019). *Com foco na saúde mental, projeto divulga ações que contribuem para o bem-estar*. Recuperado de



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

<https://www.ufg.br/n/120417-com-foco-na-saude-mental-projeto-divulga-acoes-que-contribuem-para-o-bem-estar>

World Health Organization (WHO). (2020). *WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2019*. Recuperado de https://cdn.who.int/media/docs/default-source/gho-documents/global-health-estimates/ghe2019_daly-methods.pdf?sfvrsn=31b25009_7

Actividad de la Mucina salival en Pacientes con Periodontitis



D. 36 Salud Humana

Actividad de la Mucina salival en Pacientes con Periodontitis

Autor: Espinoza Burgos, Alexandra del M.; milagroalexandra14.odn@gmail.com

Co-autor(es): Acuña, Miguel J.; odontoacuna@gmail.com;

Juárez, Rolando P.; ropablojuarez@gmail.com

Profesor/a guía: Dr. Juárez, Rolando P.; ropablojuarez@gmail.com

Dr. Acuña, Miguel J.; odontoacuna@gmail.com

Universidad Nacional del Nordeste

Resumen

Estudios epidemiológicos demostraron una alta prevalencia de Periodontitis (P), esto generó un interés en determinar posibles marcadores químicos que permitan detectar precozmente la agresión a los tejidos periodontales. A nivel local, se estudiaron las mucinas salivales (Ms), como posible parámetro bioquímico de la inflamación del periodonto. El objetivo de este trabajo fue estudiar la relación entre la concentración de Ms y P.

Se trabajó con 40 pacientes, dividiéndolos en 2 grupos de 20 individuos cada uno: Grupo 1 (G1) pacientes sin enfermedad periodontal; Grupo 2 (G2) pacientes con periodontitis.

En todas las muestras salivales se confirmó la presencia de Ms, el G1 presentó un valor promedio de 1,27mg/ml y en el G2 un promedio de 3,01mg/ml. Se observaron diferencias significativas entre grupos. ($t=-8.189$, $p = 0,0001$).

El aumento de la concentración de MS en pacientes periodontales podría representar un marcador químico de utilidad como coadyuvante en el diagnóstico clínico de esta enfermedad.

Palabras claves: Mucina salival, Saliva, Periodontitis.



-INTRODUCCIÓN

Estudios epidemiológicos demostraron una alta prevalencia de Periodontitis (P), y en la actualidad los medios de diagnósticos utilizados para confirmar o descartar la presencia de esta patología solo denotan la destrucción tisular provocada, pero no determinan si esta patología está en reposo o activa. Lo que dificulta al Odontólogo la realización de un tratamiento correcto.^{4,6,7,11}

Esto generó un interés en determinar posibles marcadores químicos que permitan detectar precozmente la agresión a los tejidos periodontales. Existen elementos presentes en la saliva que pueden ser utilizados como marcadores bioquímicos de la P, y nos pueden ayudar a determinar la actividad o reposo de la patología. Es por ello que, a nivel local, se estudiaron las mucinas salivales (Ms), como posible parámetro bioquímico de la inflamación del periodonto.¹⁴

-OBJETIVO GENERAL: Determinar las concentraciones de Mucina salival en pacientes con Periodontitis.

-OBJETIVO ESPECÍFICO: Comparar concentraciones de Mucina salival en

pacientes con Periodontitis y sin Periodontitis.

-MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se trabajó con 40 pacientes en un rango de 18 a 60 años y de ambos sexos que concurrieron al Hospital Odontológico de la FOUNNE. Entre ellos se seleccionaron para la muestra los que concurrieron con diagnóstico de P definido en base a parámetros clínicos y a los hallazgos radiográficos.

Participaron voluntariamente en el estudio con firma de consentimiento informado. Se excluyeron de la muestra las embarazadas, pacientes que hubieran recibido tratamiento periodontal previo, utilizado medicación durante los seis meses anteriores a la consulta o que presentaban enfermedades sistémicas.

Posterior a la evaluación clínica periodontal, los pacientes de la muestra se dividieron en dos grupos de 20 individuos: Grupo 1 (n=20), pacientes sin Enfermedad periodontal (G1); grupo 2 (n=20), pacientes con P (G2). Luego se procedió a la toma de muestras salivales para determinar la concentración de Ms en cada paciente. Todas las muestras de saliva se recolectaron en una sesión por cada individuo en horario prefijado, rango



horario comprendido entre 8:00am y 10:00am, utilizando una técnica de recolección de saliva(no estimulada).

Se utilizaron recipientes de propileno desechables, estériles, con tapa enroscable de 15ml de capacidad, para recoger la saliva y luego se colocaron en tubos de ensayo.

Para la estimación de las mucinas se usó el método de Azul Alcian. ¹⁰

-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra estuvo constituida por un 50% de varones y un 50% de mujeres. En todas las muestras salivales se confirmó la presencia de Ms, en el G1 presentó un valor promedio de 1,27 mg/ml y en el G2, un promedio de 3,01 mg/ml. Se observaron de esta manera diferencias significativas en los contenidos de Ms entre grupos ($t=-8.189$, $p = 0,0001$).

Nuestros resultados están de acuerdo con otros trabajos que muestran aumento de Ms en sujetos con P. ^{17,18}. El incremento de Ms puede deberse a su capacidad de protección contra las infecciones microbianas de la cavidad oral. ²¹

-CONCLUSIÓN: El aumento de la concentración de Ms en pacientes

periodontales podría representar un marcador químico de utilidad como coadyuvante en el diagnóstico clínico de esta enfermedad.

-BIBLIOGRAFÍA:

1. Baudo JE, Tosti SB, Mazzeo DMA, Cecho AC, Allegretti PE. 2015. IL-1 y TNF α como biomarcadores salivares de enfermedad periodontal. Rev Fac Odontol. 2015.
2. Daza ANZ, Huerta ERL, Martínez FF. 2004. Determinación de pH y proteínas totales en saliva en pacientes con y sin aparatología ortodóncica fija (estudio piloto). Rev Odontol Mex. 2004;8(3):59-63.
3. Dhanisha SS, Guruvayoorappan C, Drishya S, Abeesh P. 2017. Mucins: structural diversity, biosynthesis, its role in pathogenesis and as possible therapeutic targets. Crit Rev Oncol Hematol. 2018; 122:98-122. doi: 10.1016/j.critrevonc.12.006.
4. Diajil AR, Sood LI, Azeez RA. A. 2016. Salivary α -amylase Level in Relation to the Oral Health Parameters among Children in Baghdad City. Journal of baghdad college of dentistry;28(2):40-6.
5. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2020. InfoStat versión



2020. Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba; Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
6. Gésime JM, Acevedo AM, Lalaguna F. 2009. Las mucinas salivales y sus implicaciones en la reología de la saliva humana y los sustitutos salivales. *Acta Odontol Venez*; 47(2):446-52.
7. Hernández Castañeda AA, Aranzazu Moya GC. 2012. Características y propiedades físico-químicas de la saliva: una revisión. *UstaSalud*;11(2):102-12. doi: 10.15332/us.v11i2.1123.
8. Herrera D, Figuero E, Shapira L, Jin L, Sanz M. 2018. La Nueva clasificación de las enfermedades periodontales y periimplantarias. *Rev Cient Soc Esp Period*.;1(9):94-110.
9. Johansson MEV, Hansson GC. 2016. The mucins. *Encyclopedia of immunobiology*. p381-8.
10. Kejriwal S, Bhandary R, Thomas B, Kumari S. 2014. Estimation of levels of salivary mucin, amylase and total protein in gingivitis and chronic periodontitis patients. *J Clin Diagn Res*.;8(10): ZC56-60. doi: 10.7860/JCDR/2014/8239.5042.
11. Lindhe J, Karring T, Lang NP. 2009. *Periodontología clínica e implantología odontológica*. 5 ed. Educ Med Panamericana; 289 p.
12. Martínez LL, López MDCGC, Rodríguez AWH, Sierra EMS, Luna MAL, Rodríguez SHS. 2014. La caries, gingivitis, periodontitis y la maloclusión siguen siendo las afecciones estomatológicas más frecuentes en la población. *Arch Med*.;9(4).
13. Newman MG, Takei H, Klokkevold PR, Carranza FA. 2011. *Carranza's clinical periodontology*. 11 ed. Elsevier health sciences; 176 p.
14. Podzimek S, Vondrackova L, Duskova J, Janatova T, Broukal Z. 2016. Salivary Markers for Periodontal and General Diseases. *Dis Markers*.; 9179632. doi:10.1155/2016/9179632
15. Perelman SB, Garibaldi LA, Tognetti PM. 2019. *Experimentación y modelos Estadísticos*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires; 475 p.
16. Romero C, Suarez M, Gloria-Narváez C. 2017. Proteínas Totales, Fosfatasa Alcalina, Prostaglandinas E2 y Lisozima como Biomarcadores Salivales en Pacientes Adultos con Periodontitis Crónica. *Int J Odontostomatol*.;11(4):381-5.
17. Sánchez GA, Miozza V, Delgado A, Busch L. Determination of salivary levels of mucin and amylase in chronic



periodontitis patients. *J Periodontal Res.* 2011; 6 (2): 221-227. 7.

18. Sánchez GA, Miozza VA, Delgado A, Busch L. Relationship between salivary mucin or amylase and the periodontal status. *Oral Dis.* 2013; 19 (6): 585-591.

19. Slomiany BL, Murty VLN, Piotrowski J, Slomiany A. 1996. Salivary mucins in oral mucosal defense. *Gen Pharmacol Vasc Syst.*;27(5):761-71. doi: 10.1016/0306-3623(95)02050-0.

20. Sarosiek J, Rourk RM, Piascik R, Namiot Z, Hetzel DP, McCallum RW. 1994. The effect of esophageal mechanical and chemical stimuli on salivary mucin secretion in healthy

individuals. *Am J Med Sci.*;308(1):23-31. doi: 10.1097/00000441-199407000-00006.

21. Schenkels LC, Veerman EC, Nieuw Amerongen AV. 1995. Composición bioquímica de la saliva humana en relación con otros fluidos mucosos. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1995; 6 (2): 161–75.

22. Villacís Tapia ÁF. 2017. Niveles de la enzima alanino aminotransferasa en saliva en periodontitis crónica y su relación con la severidad (Master's thesis, Quito: UCE).

“Automedicación contra la COVID-19 en estudiantes de la
Universidad Nacional de Itapúa. 2021”



D.36. Salud Humana.

“Automedicación contra la COVID-19 en estudiantes de la Universidad

Nacional de Itapúa. 2021”

Autor: Fernández, Enzo; edfernandez@medicina.uni.edu.py

Coautores: Duarte, Verónica; vbduarte@medicina.uni.edu.py; Espinoza,

Kathia; kfespinoza@medicina.uni.edu.py; González, Iván;

iagonzalez@medicina.uni.edu.py.

Profesora guía: Talavera, Liliana;

Intalavera@facaf.uni.edu.py.

Universidad Nacional de Itapúa.

Resumen

El COVID-19 es una enfermedad infecciosa provocada por el virus SARS-CoV-2. La mayoría de los casos de esta enfermedad son leves y no requieren tratamientos especiales; sin embargo, una de la población opta por la automedicación, sin ninguna intervención por parte del médico, lo cual causa complicaciones en los pacientes. El objetivo de este estudio consistió en describir las características de la automedicación contra la COVID-19 en los estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa. Se investigó la práctica de la automedicación contra la COVID-19 en estudiantes de la UNI en un estudio de tipo prospectivo, de corte transversal, descriptivo observacional, evaluando las variables automedicación contra la COVID-19, facultad, curso, medios informativos, medicamentos utilizados por estudiantes contra la COVID-19 y el uso de la ivermectina. Los datos obtenidos fueron: 135 estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa de las distintas facultades accedieron a la encuesta y lo completaron correctamente; el 68,9% (93 alumnos) niega haberse automedicado, y el 31,1% (42 alumnos) afirma haberlo hecho de forma preventiva. Por otro lado, el 82,2% de la población encuestada asegura que de su entorno familiar y/o social hubo casos de automedicación ya sea de forma preventiva o curativa. También se determinó que las redes sociales son el principal medio de información sobre la COVID-19 de los encuestados, y la ivermectina el principal medicamento utilizado entre los que sí se automedicaron. En conclusión, la mayoría de los estudiantes encuestados optó por no automedicarse, ni de forma preventiva ni de forma curativa.

Palabras clave: Automedicación, COVID-19, Universitarios.



INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La COVID-19 es una enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2. La OMS recibió la noticia de los primeros casos el 31 de diciembre de 2019, al reportarse que un grupo de personas contrajo una extraña "neumonía vírica" en la provincia de Wuhan, China (OMS, 2020b). Después de unos meses, luego de la rápida propagación viral a nivel mundial, la OMS decretó en su informe que la COVID-19 puede caracterizarse como una pandemia (OMS, 2020a).

Acompañado del aumento de los casos, se dio un fenómeno masivo de desinformación alrededor del mundo que persiste hasta la actualidad. En la Conferencia de Seguridad realizada en Múnich el 15 de febrero de 2020, Tedros Adhanom Ghebreyesus, director general de la OMS, dijo, refiriéndose a la situación con la COVID-19: "no estamos luchando solo contra una epidemia; estamos luchando contra una infodemia. Las noticias falsas se propagan más rápido y más fácilmente que este virus, y son igual de peligrosas" ("Munich Security Conference", 2020).

Una consecuencia de esta infodemia es la automedicación, el uso de medicamentos, sin prescripción médica, por un grupo de personas, ya sea por prevención o tratamiento de enfermedades o dolencias (Kregar, 2005).

Aunque esta práctica es impulsada en general por gente que no posee conocimientos en medicina, también se observó que médicos recomiendan fármacos tales como antibióticos, antiinflamatorios y anticoagulantes de manera profiláctica sin tener en cuenta las consecuencias o el ciclo de la enfermedad (Tejada & Medina- Neira, 2020).

La hidroxiclороquina y la cloroquina se usaron en combinación con la azitromicina, un antibiótico macrólido de amplio espectro (Henrique Imperador, Renato Espreafico Junior, Vitória do Nascimento Antonio, Man Chin, & Longhin Bosquesi, 2020). Este antibiótico, si bien está relativamente libre de efectos cardiотóxicos, puede aumentar el riesgo de arritmias ventriculares graves y por lo tanto se da un mayor riesgo de muerte súbita (Maisch, Kochupurackal, & Sin, 2014). Además, los estudios in vitro realizados con la azitromicina demostraron una actividad antiviral, pero la actual evidencia es contradictoria e insuficiente respecto de su combinación con la hidroxiclороquina para tratar a pacientes hospitalizados por COVID-19 (Chacón Acevedo, Pinzón, Barrera, Low Padilla, & Yomayusa González, 2020).

No solo la cloroquina y la hidroxiclороquina fueron vendidas como profilácticos. También se recomendó el dióxido de cloro, un desinfectante de uso corriente accesible para la población



general. (Chhetri, Rabitz, Esteli, Solis, & Mostajo-Radji, 2021).

Sobre el punto, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU. (FDA, por sus siglas en inglés) emitió una carta de advertencia conjunta con la Comisión Federal de Comercio (FTC) a Genesis II Church of Health and Healing por vender productos de dióxido de cloro que no están destinados al consumo humano y cuya eficacia en el tratamiento de enfermedades no está demostrada (FDA, 2020). En el texto, la agencia le exige a esa empresa que corrija las violaciones citadas, ya que puede poner en peligro la salud de una persona y retrasar el tratamiento médico apropiado. Y en un comunicado de abril del 2020, advierte a la población en general que el consumo de dióxido de cloro puede provocar efectos negativos graves como fallo respiratorio, presión sanguínea muy baja y potencialmente mortal, insuficiencia hepática aguda, prolongación del QT, anemia hemolítica, vómitos y diarrea severa (Aguilar-urbina, 2021).

Otro fármaco que se puso de moda es la ivermectina. Se lo propuso tanto para la profilaxis como para el tratamiento, hasta el punto de que el Ministerio de Salud de Misiones, Argentina, había aprobado su uso (Economis, 2021). La ivermectina es un antiparasitario que ha demostrado actividad antiviral in vitro en cultivos celulares infectados con SARS-

CoV-2. Sin embargo, estos efectos deben ser confirmados en humanos (Escolari, 2020).

De hecho, en un estudio clínico randomizado hecho en Cali, Colombia, se concluyó que la ivermectina no ayudó a disminuir los síntomas de pacientes COVID-19. Por lo tanto, no recomienda su uso, pero aclara asimismo que otros estudios son necesarios (López-Medina et al., 2021).

Finalmente, se debe mencionar que la automedicación no solo se realiza con fármacos sintetizados en laboratorios, sino que una práctica arraigada es el uso de “remedios naturales”, ya sea como prevención o como tratamiento. En esta línea, entre los meses de abril y mayo de 2020, a 2000 personas de Santo Domingo de los Colorados-Ecuador se les entregaron encuestas electrónicas. Se les preguntó si usaban medicina alternativa (55 % respondió que sí), qué tipo de terapia, quién les recomendó esas terapias y si utilizaron la “medicina natural” de manera preventiva contra la COVID-19 (76,2 % respondió que sí), mostrando estos resultados que gran parte de los encuestados (45 %) usan regularmente medicinas alternativas, incluidas la homeopatía y la naturopatía. (Hutchins, 2020).

Justificación

La pandemia por COVID-19 es considerada una emergencia de salud



pública, lo que da lugar a situaciones de pánico e incertidumbre en la población. Debido a esto, y a la acumulación de diversos factores como la masiva difusión de informaciones no corroboradas a través de las redes sociales, la falta de recursos humanos, falta de insumos, infraestructura y equipamiento inadecuado, entre otros aspectos, la mayoría de las personas optan por la automedicación.

Si bien existen medicamentos que no inciden negativamente en la salud, existen otros que, según estudios, pueden provocar efectos adversos. Es por tanto importante evaluar el grado de automedicación en la población, así como los medicamentos que están siendo utilizados, de manera de contar con información que permita planificar campañas destinadas a divulgar información confiable a la población.

Por lo expuesto, es conveniente estudiar en qué medida los estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa recurren a la automedicación en esta época de pandemia, lo que evidencia la prevalencia de esta práctica, además de identificar las posibles causas relacionadas, permitiendo así brindar información necesaria para planificar campañas de concientización en la población.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el porcentaje de alumnos de la UNI que se automedicaron de forma preventiva o como tratamiento contra la

COVID-19, qué medicamentos y cuáles fueron las fuentes de información que los llevaron a recurrir a esa decisión?

OBJETIVOS

Objetivo General

Describir las características de la automedicación contra la COVID-19 en los estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa.

Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad de estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa que se automedicaron contra la COVID-19 en el año 2021.
- Precisar los principales medios a través de los cuales los estudiantes de la UNI se informan sobre la COVID-19.
- Identificar los medicamentos más utilizados para la automedicación entre los estudiantes de la UNI.
- Caracterizar el uso de la ivermectina como método preventivo o de tratamiento contra la COVID-19 por parte de los estudiantes de la UNI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño metodológico.

Prospectivo, de corte transversal.
Descriptivo observacional.

Descripción del lugar de investigación

República del Paraguay.
Departamento de Itapúa. Ciudad de Encarnación (latitud -27.33056 y longitud -55.86667). La Universidad Nacional de



Itapúa cuenta con seis sedes en el departamento de Itapúa, y la sede central en Encarnación.

Población enfocada.

Alumnos de la Universidad Nacional de Itapúa.

Población accesible.

Alumnos de la Universidad Nacional de Itapúa sede Encarnación que estén cursando durante el año 2021.

Criterios de inclusión.

Alumnos de la Universidad Nacional de Itapúa, sede Encarnación que estén cursando durante el año 2021 y que accedan a responder la encuesta.

Criterios de exclusión.

Alumnos de la Universidad Nacional de Itapúa, sede Encarnación que estén cursando durante el año 2021 y que se opongan a responder la encuesta, o que la respondan de manera incorrecta.

Tipo de muestreo

No probabilístico, por conveniencia.

Variables de interés

- Automedicación contra la COVID-19.
- Facultad.
- Curso.
- Medios informativos.
- Medicamentos utilizados por estudiantes de la UNI contra la COVID-19.
- Uso de la ivermectina contra la COVID-1

Reclutamiento

Una vez aprobado el protocolo por las instancias correspondientes (Tutor, Mesa Evaluadora, Comité de Ética) y presentación de la solicitud de autorización se procedió a la recolección de muestras por medio de encuestas online.

Procedimientos

Se redactó una nota de solicitud dirigida al Departamento de Docencia, Investigación y Extensión, al Comité Científico y al Comité de Ética de la Facultad de Medicina, con la finalidad de solicitar autorización para la realización de una encuesta dirigida a todos los estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa. Posteriormente se enviaron las encuestas vía mensajería instantánea WhatsApp, por medio de los delegados de cada curso.

Cuestiones estadísticas

Tamaño de muestra:

Alumnos de la Universidad Nacional de Itapúa, sede Encarnación, que estén cursando durante el año 2021 y cumplan con los criterios de inclusión.

Gestión de datos:

Para las variables descriptivas, se calcularon frecuencias absolutas y se elaboraron tablas y gráficos para representar las mismas, se utilizó Excel 2016.

Cuestiones éticas

Principios Bioéticos

-Beneficencia: Se garantizó la



beneficencia de las personas que participaron en la investigación, y de la información que obtendrán las generaciones futuras.

-Justicia: La información fue distribuida de forma igualitaria y no hubo ningún tipo de discriminación.

-Respeto: Es reconocer la capacidad de las personas de tomar sus propias decisiones, es decir su autonomía. Se protege la dignidad y su libertad de los participantes.

Principios Individuales formulados por la UNESCO.

-Dignidad humana: Este trabajo implicó que las personas sujetas a la investigación participen voluntariamente y dispongan de información adecuada respetando sus derechos fundamentales en particular si se encuentran en situaciones de vulnerabilidad.

-Confidencialidad: Se respetó la confidencialidad de los participantes.

-Diversidad cultural: La cuestión cultural no se integró en el trabajo realizado.

Principios sociales formulados por la UNESCO.

-Aprovechamiento de beneficios: La base de datos de este trabajo quedará al acceso del estudiantado de la facultad de medicina para la información pertinente y la posible presentación del trabajo en congresos venideros.

-Responsabilidad social: se

respetó el anonimato en las encuestas realizadas.

-Conflicto de intereses: La investigación no presentó conflicto de intereses de ningún tipo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muchos estudios a nivel mundial dan a conocer las consecuencias y lo peligroso que puede resultar la automedicación de parte de la población en tiempos de pandemia. Estudios en países tan distintos como Arabia Saudita (OMS, 2020b), España ("Munich Security Conference", 2020; OMS, 2020a) y Francia (Kregar, 2005) muestran, en su población de estudio, entre 12 y 40% de automedicación, datos similares fueron observados en estudios realizados en países de Latinoamérica (Ball & Maxmen, 2020; Chacón Acevedo et al., 2020; Chhetri et al., 2021; FDA, 2020; Henrique Imperador et al., 2020; Maisch et al., 2014; Tejada & Medina-Neira, 2020)

Frecuencia de automedicación contra la COVID-19 en estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa

Un total de 135 estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa, de las distintas facultades accedieron a la encuesta y lo completaron correctamente, con el fin de dar a conocer la situación de la automedicación en cada uno de ellos, como así también de su entorno, ya sean las causas, sus conocimientos sobre el

tema, si padecieron de COVID-19 y/o si sufrieron efectos adversos.

Con respecto a la automedicación, el 68,9% niega haberlo hecho y el 31,1% afirma haber sido automedicado de forma preventiva. Por otro lado, el 82,2% de la población encuestada asegura que de su entorno familiar y/o social hubo casos de automedicación.

De los 135 estudiantes encuestados 46 padecieron de COVID-19, de los cuales 19 afirman haberse automedicado de forma curativa.

En la figura 1 se puede apreciar los casos de COVID-19 en los estudiantes de la UNI en lo que va del año 2021. Se observa que el pico estuvo en los primeros meses del año, dando como cúspide el mes de marzo con 10 casos, con el pasar de los meses, se puede ver que la curva fue descendiendo, dando solo 2 casos en los meses de agosto y septiembre.

De los encuestados, el 25% (34) confirma que prefiere automedicarse antes que acudir al médico, ya sea por falta de tiempo, largos ratos de espera, falta de recursos económicos, entre otros motivos.

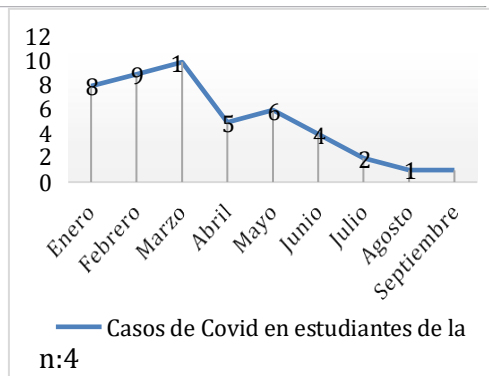


Fig. 1 Casos de Covid-19 en estudiantes de la Universidad Nacional de Itapúa distribuidos a lo largo de los meses. Fuente: elaboración propia.

Con base a los datos obtenidos se puede apreciar que la población estudiada sí tiene acceso a atención médica, gracias a los servicios que proporciona gratuitamente el Instituto de Previsión Social o el Hospital Regional de Encarnación. Sin embargo, el 31,1% (42) de los estudiantes de la UNI que respondieron a la encuesta recurren a la automedicación para atender sus problemas de salud, por los motivos citados anteriormente.

Principales medios a través de los cuales los estudiantes de la UNI se informan sobre el COVID-19

El 58,5% (79) de los participantes encuestados sí se consideran informados por eso no se automedican, mientras que el 32,6% (44) sabe de los riesgos, pero aun así lo hace y el restante 8,9% (12) no sabe sobre ningún riesgo.

El 49,6% (67) conoce los efectos adversos de los medicamentos utilizados

para tratar el Covid-19. Por el contrario, 50,4% (68) desconoce dichos efectos.

Todos estos conocimientos parten de diferentes medios. La mayoría de la población respondió que mayormente recibe información a través de las distintas redes sociales (Instagram, Facebook, Twitter, etc.), seguidos por las recomendaciones del círculo social en el cual interactúa y, menor medida por medios como Whatsapp, Televisión, páginas web y demás.

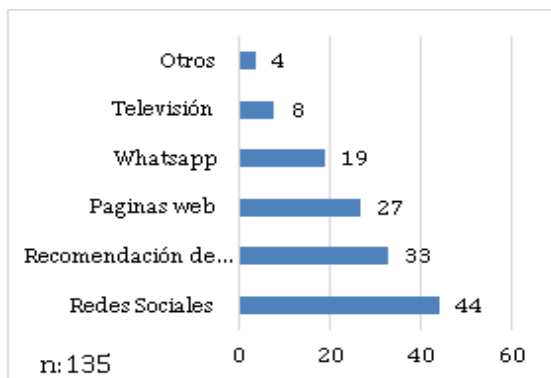


Fig. 2 Principales medios a través de los cuales los encuestados reciben información sobre COVID-19. Fuente: elaboración propia.

Medicamentos más utilizados para la automedicación entre los estudiantes de la UNI

En cuanto a la consulta sobre los medicamentos utilizados para la automedicación, se obtuvo un total de 36 respuestas. El 41,7% (15) utilizó la ivermectina, el 27,8% (10) remedios caseros, el 8,3% (3) azitromicina y el restante 22,2% (8) respondió con otras

opciones como hidroxiclороquina, paracetamol, antitusivos, antipiréticos, dipirona, migral, dexametasona, kitadol o que no recuerda.

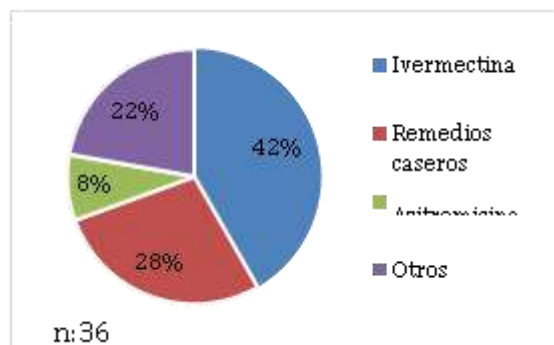


Fig. 3 Medicamentos más utilizados en la automedicación. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la frecuencia de automedicación, se obtuvieron 42 respuestas. El 35,7% (15) ingirió el medicamento a 1 dosis por semana; el 16,7% (7) lo hizo a 1 dosis mensual y el 4,8% (2) a 2 dosis mensuales. El 42,9% (18) ingirió cualquier otra cantidad no mencionada.

El 97,9% (47) de los participantes aseguró presentar algún efecto secundario mínimo luego de automedicarse, mientras que el restante 2,1% (1) afirmó que no.

Del total de estudiantes participantes 116 afirmaron tener facilidad de acceso a los medicamentos de ventas libres, no así los 19 restantes.

La mayor parte de los medicamentos consumidos se obtuvieron en farmacias, en donde se encontró que

no existe casi ninguna restricción para la venta de cualquier clase de medicamento, siendo fácil obtenerlos sin importar la edad del comprador ni la presentación de una receta médica.

Caracterizar el uso de la ivermectina como método preventivo o de tratamiento contra la COVID-19 por parte de los estudiantes de la UNI

De las 135 respuestas, 30 estudiantes (22,2%) afirman que la ivermectina funciona como medicamento profiláctico o terapéutico contra la COVID-19. Sin embargo, 105 estudiantes (77,8%) no creen que funcione para tales fines.

El 24,4% (33) dice que sí consumió ivermectina como profilaxis contra la COVID-19. En contrapartida, el 75,6% (102) restante afirma que no lo ha hecho

En la figura 4 se indica que la mayoría de los estudiantes que consumieron ivermectina como profilaxis contra el Covid-19 lo hizo por recomendación de algún familiar. Los profesionales de salud y los medios de comunicación ocupan el segundo lugar y tercer lugar respectivamente.

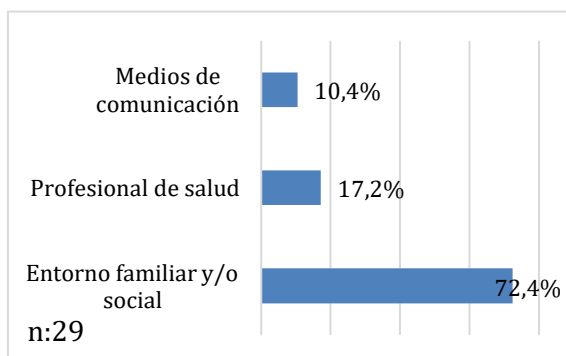


Fig. 4 Porcentaje de medios por los

cuales los encuestados recibieron recomendación de consumir ivermectina. Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se determinó que un alto porcentaje de alumnos de la Universidad Nacional de Itapúa optó por no automedicarse, ni de forma preventiva ni de forma curativa.

- Se detectó que los principales medios a través de cuales los estudiantes de la UNI se informan sobre la COVID-19 y la automedicación son las distintas redes sociales (Instagram, Facebook, Twitter, etc.), seguidas por las recomendaciones del círculo social.

- Con respecto a los medicamentos utilizados para la automedicación se confirmó que el más utilizado es la Ivermectina. Los remedios caseros, la azitromicina, y otros medicamentos también fueron recurridos.

- En cuanto al uso de la ivermectina como método preventivo o de tratamiento contra la COVID-19 por parte de los estudiantes se demostró que una muy elevada cantidad no cree que la ivermectina funcione como medicamento profiláctico o terapéutico contra la enfermedad y la mayoría afirma que no la ha consumido. Gran parte de los estudiantes que sí la utilizaron admitieron que lo hicieron por recomendación de algún familiar, donde podemos concluir



que el entorno familiar o social es la primera fuente.

BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar-urbina, E. W. (2021). *Revisión Riesgos de la automedicación en el Perú del paciente con COVID-19 : revisión narrativa*. 16(1), 47–53.

Ball, P., & Maxmen, A. (2020). The epic battle against coronavirus misinformation and conspiracy theories. *Nature*, 581(7809), 371–374. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01452-z>

Chacón Acevedo, K. R., Pinzón, C., Barrera, A., Low Padilla, E., & Yomayusa González, N. (2020). Eficacia y seguridad de cloroquina, hidroxycloquina y azitromicina en pacientes con COVID-19: Resumen de evidencia. *Revista Colombiana de Nefrología*, 7(1), 5–6. <https://doi.org/10.22265/acnef.7.supl.2.469>

Chhetri, N. B., Rabitz, F., Esteli, M., Solis, J., & Mostajo-Radji, M. A. (2021). Pseudoscience in the Times of Crisis: How and Why Chlorine Dioxide Consumption Became Popular in Latin America During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in Political Science* | www.frontiersin.org, 1, 621370. <https://doi.org/10.3389/fpos.2021.621370>

Economis. (2021). Misiones autoriza el uso de Ivermectina para pacientes con coronavirus | Economis. Recuperado 13 de junio de 2021, de <https://economis.com.ar/misiones-autoriza-el-uso-de-ivermectina-para-pacientes-con-coronavirus/>

Escolari, M. (2020). Redescubriendo viejos conocidos : el posible papel de la hidroxycloquina , cloroquina , ivermectina y teicoplanina en el tratamiento del COVID-19. *Ofil·Ilaphar*, 30(2), 127–130. Recuperado de <https://www.revistadelaofil.org/wp-content/uploads/2020/04/Articulo-Especial-OFIL-30-2.pdf>

FDA. (2020). Genesis 2 Church. Recuperado 18 de mayo de 2021, de <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/warning-letters/genesis-2-church-606459-04082020>

Henrique Imperador, C. L., Renato Espreadico Junior, C., Vitória do Nascimento Antonio, M., Man Chin, C., & Longhin Bosquesi, P. (2020). Cloroquina e hidroxycloquina associado ao zinco e/ou azitromicina na COVID-19. *ULAKES Journal of Medicine*. Imperador et al. *ULAKES J Med*, 1, 67–73. Recuperado de <http://revistas.unilago.edu.br/index.php/ulakes>



Hutchins, F. (2020). *Natural Medicine and COVID 19 in Ecuador*.

Kregar, G. (2005). *¿Qué Se Entiende Por Automedicación?* 24(1).

López-Medina, E., López, P., Hurtado, I. C., Dávalos, D. M., Ramirez, O., Martínez, E., ... Caicedo, I. (2021). Effect of Ivermectin on Time to Resolution of Symptoms among Adults with Mild COVID-19: A Randomized Clinical Trial. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 325(14), 1426–1435. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.3071>

Maisch, N. M., Kochupurackal, J. G., & Sin, J. (2014). Azithromycin and the risk of cardiovascular complications. *Journal of Pharmacy Practice*, 27(5), 496–500. <https://doi.org/10.1177/089719001351653>

Munich Security Conference. (2020). Recuperado 18 de mayo de 2021, de <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/munich-security-conference>

OMS. (2020a). COVID-19: cronología de la actuación de la OMS. Recuperado 18 de mayo de 2021, de <https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>

OMS. (2020b). Información básica sobre la COVID-19. Recuperado 18 de mayo de 2021, de <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>

Tejada, S. F., & Medina-Neira, D. (2020). La automedicación promovida por medios de comunicación, un peligro con consecuencias en tiempos de crisis de salud Pública por la COVID-19 Self-medication. *Revista Cubana de Informacion en Ciencias de la Salud*, 31(3), 1–4. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ics/v31n3/2307-2113-ics-31-03-e1632.pdf>

Características histopatológicas de lesiones precursoras de cáncer
cervicouterino: Hospital Regional de Encarnación, 2017-2020



D.36. Salud Humana

Características histopatológicas de lesiones precursoras de cáncer

cervicouterino: Hospital Regional de Encarnación, 2017-2020

Autor: González Dosantos, Andrea Carolina Belén; andregondos@gmail.com

Co-autor(es): Boyko Jinzenji, Alma María; amboyko@medicina.uni.edu.py; Calvo Torales, Paddy Cimar; paddytorales@gmail.com

Profesor/a guía: Medina, Sergio Ariel; leira777@hotmail.com

Universidad Nacional de Itapúa

Resumen

Introducción: El cáncer cervicouterino (CaCu) es una patología neoplásica, causada, mayormente, por una infección del virus del papiloma humano (VPH), cuyos serotipos oncogénicos son importantes factores de riesgo para la aparición de las lesiones precursoras.

Objetivo: Determinar la prevalencia de características histopatológicas de lesiones precursoras de cáncer cervicouterino en el Hospital Regional de Encarnación, en el periodo 2017-2020.

Metodología: Estudio observacional, descriptivo, de corte transversal. Universo conformado por 940 pacientes que acudieron al Centro de Atención Integral a la Mujer del Hospital Regional de Encarnación, en el periodo 2017-2020.

Resultados: Con un total de 940 registros citológicos, el rango etario fue de 18 a 89 años, con una media de 41 años. El examen citológico fue positivo en el 70,64% (664), identificando el grado de alteración citopatológica, la frecuencia de las mismas fue: CIN III en el 31,47% (209), ASC-US en un 30,72 % (204) y CIN I, con el 17,67 % (117). La característica macroscópica encontrada, en el 59,47%, fue de microfragmentos irregulares blanquecinos grisáceos, que se incluyen en su totalidad. El resultado de la biopsia fue del 21,81% (205) para el CIN III, 14,26% (134) para CIN II y 6,87 % (74) para CIN I. Respecto a la frecuencia del tratamiento efectuado, el 20,43% (192) de los casos fueron sometidos a LEEP y la práctica de conización se realizó en un 2, 13& (20 registros).

Conclusión: Las características citopatológicas de lesiones precursoras de cáncer cervicouterino identificadas en el estudio fueron similares a los de la mayoría de los estudios, pero presentó mayor número de lesiones de alto riesgo comparado a estudios realizados en el Paraguay. El rango etario de identificación de las lesiones fue mayor a otros estudios.



Palabras Clave: Lesión intraepitelial escamosa cervical, neoplasia del cuello uterino, biología celular Paraguay.

Introducción

El cáncer cervicouterino (CaCu) se debe al crecimiento incontrolado de las células que revisten el cuello uterino (Arrivillaga, Malfi Ruiz, & Medina, 2019)

Hasta el año 2020, el CaCu, presenta una incidencia del 15, 6% y una mortalidad del 8,8%, ocupando el cuarto lugar, a escala mundial, de las neoplasias malignas que afectan a las mujeres, superado por el cáncer de mamas, cáncer colonrectal y cáncer de pulmón (*Cancer Today*, 2020)

Esta alteración celular es originada por la persistencia de serotipos oncogénicos del virus del papiloma humano (VPH), un factor de riesgo necesario, pero no suficiente para el desarrollo del cáncer; esta alteración celular se manifiesta inicialmente por la presencia de lesiones precursoras (Bravo Polanco et al., 2020). Los tipos virales 16 y 18 del VPH son de alto riesgo porque son los identificados con mayor frecuencia en las lesiones cervicales que progresan a CaCu (Varela Martínez, 2005).

Existen otros factores de riesgo asociados a lesiones precursoras, como la procedencia, el antecedente familiar, inicio de relaciones sexuales, presencia de ITS, multiparidad, entre otros (Quispe Gómez et al, 2018).

Debida a su relación estrecha con el VPH, el CaCu es un cáncer prevenible, detectable y tratable (Matassini Eyzaguirre & Luna, 2020). Por ello, la realización de pruebas de detección de CaCu presenta suma relevancia en el camino del avance de las estrategias de prevención (*World Health Organization*, 2020), ya que suele presentarse en etapas fértiles de la vida de la mujer, en donde idealizan la conformación familiar (Silva-Muñoz, 2020), por eso, desde la Atención Primaria de la Salud (APS), se debe proporcionar el acceso a la confirmación diagnóstica (Santos Fernandes et al., 2021).

Dentro de las pruebas realizadas para la detección de alteraciones en el epitelio cervicouterino, se encuentra la prueba de Papanicolaou (PAP), también conocida como citología de cérvix o citología vaginal, la cual es de suma relevancia para identificar las alteraciones inflamatorias a través del análisis de las células descamadas (Rodríguez Guillén, et al, 2017). La utilización de esta prueba es catalogada, actualmente, como una de las mejores herramientas para la identificación prematura del cáncer cervicouterino (Lora, M, 2018), presentando un 60,9% de sensibilidad, 73,8% de especificidad, con valor predictivo positivo del 68,1% y con



valor negativo del 67,3% (Millones & Vega-Gonzales, 2017.)

A la hora de describir el resultado obtenido en el PAP, se utiliza un sistema de clasificación histopatológico denominado “Sistema de Bethesda”, con el cual se pueden clasificar las anormalidades citológicas en ASC-US, células escamosas atípicas de significado indeterminado; en ASC-H, células escamosas atípicas que no excluyen una lesión intraepitelial de alto grado y en lesiones intraepiteliales escamosas (Moreno, 2017).

Según este sistema de clasificación, la neoplasia cervical intraepitelial de grado I (CIN I) es considerada como una lesión intraepitelial de bajo grado (LSIL); las neoplasias cervicales intraepiteliales de grados I y II son consideradas como lesiones intraepiteliales de grado alto (HSIL) (Leysi Rodríguez Martínez, et al, 2017)

La citología y la colposcopia poseen utilidad clínica para la detección precoz de displasia moderada, displasia severa, carcinoma in situ y carcinoma escamoso invasor, aunque, en ocasiones, no se obtiene una buena correlación colpocitológica, la correlación citohistológica, según estudios, es alta, tanto en la LSIL como en la HSIL (Zamora-Julca, R. et al, 2019)

En el Centro de Atención a la Mujer, se

analizan muestras de diferentes ciudades y de departamentos cercanos al de Itapúa, además, desde el inicio de las funciones del centro, no se ha tenido aún una estadística sobre la frecuencia de características histopatológicas de lesiones precursoras de cáncer cervicouterino, es por ello que, se realiza el presente trabajo, cuyo objetivo es la caracterización histopatológica de lesiones precursoras de cáncer cervicouterino.

Objetivos

General

- Determinar la prevalencia de características histopatológicas de lesiones precursoras de cáncer cervicouterino en el Hospital Regional de Encarnación, en los años 2017-2020.

Específicos

- Establecer la frecuencia de resultados positivos y negativos de Papanicolau.
- Identificar la frecuencia del grado de alteración citológica en el informe histopatológico del Papanicolau.
- Describir las características histopatológicas en los resultados macroscópicos e histopatológicos de las muestras.
- Especificar el tratamiento efectuado para el manejo de las lesiones.



Materiales y métodos

Estudio de tipo observacional, descriptivo, retrospectivo, de corte transversal.

La población del estudio se centró en pacientes con lesiones histopatológicas precursoras de lesiones de cáncer cervicouterino que acudían al Centro de Atención Integral a Mujer, del Hospital Regional de Encarnación, en el periodo 2017-2020.

Se incluyeron los registros citológicos de mujeres mayores de 18 años analizados en el Departamento de Citología del Centro de Atención Integral de la mujer y no fueron incluidos los registros citológicos de pacientes con datos incompletos.

El cálculo muestral fue de 246 registros, con 95% de confiabilidad, considerándose el índice de prevalencia en los estudios precedentes del 80%. Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula: $N = (Z^2) (p/100) (1-p/100) / d^2$. Donde Z: 1,96 (95% de confiabilidad), P: 80% y d: 0,05.

Las variables tenidas en cuenta en la realización del estudio fueron: la edad (expresada en años); el resultado del PAP (positivo o negativo); el grado de alteración citológica en el PAP (ASC-US, CIN I, CIN II, CIN III, CIN II-CIN III); las características histopatológicas del informe de macroscopía, el grado de alteración citológica en la biopsia (ASC-US, CIN I, CIN II, CIN III, CIN II-CIN III) y el

tratamiento efectuado en el manejo de las lesiones (LEEP o conización).

En cuanto al método de recolección de datos, se reclutaron los registros de pacientes que cumplieron con el criterio de inclusión y se realizó la revisión de los informes citológicos del Departamento de Citología del Centro de Atención Integral de la mujer.

Para el análisis de los datos recolectados, se elaboró una planilla electrónica con las variables a recolectar. El análisis de las variables descriptivas se realizó con el Software Microsoft Excel 2016 y el programa EPIDAT 4.2.

Para llevar a cabo el trabajo, el protocolo de investigación contó con la aprobación del tutor y del Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Itapúa. En la presente investigación, se respetaron los Principios de Justicia, Beneficencia, no Maleficencia y Autonomía, sin presentar, por parte de los autores, ningún tipo de conflicto de interés.

Resultados y discusión

Se obtuvo un total de 940 registros citológicos. El rango de edad de las participantes fue de 18 a 89 años, con una media de 41 años. Con respecto al examen citológico, el 27,55% (259 registros) no contaban con un examen citológico previo a la consulta y el resultado del mismo fue positivo a alteración histopatológica en un

70,64% (664 registros) y negativo en el 1,81% (17 registros) (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia y porcentaje de resultados de PAP (n=940)

Resultado de PAP	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sin examen citológico previo	259	27,55
Positivo	664	70,64
Negativo	17	1,81
TOTAL	940	100

De los resultados positivos del PAP, se ha identificado el grado de alteración citopatológica, en donde se ha encontrado una prevalencia en lesiones de alto grado del tipo CIN III en el 31,47% (209 registros), seguido de tipo ASC-US en un 30,72 % (204 registros) y del CIN I, con el 17,67 % (117 registros) (Tabla 2).

Tabla 2. Frecuencia del grado de alteración citopatológica en resultados positivos de PAP. (n=664)

Grado de alteración citopatológica	Frecuencia	Porcentaje (%)
CIN III	209	31,47
ASC-US	204	30,72
CIN I	117	17,67
CIN II-CIN III	85	12,80
CIN II	48	7,23
CIN I-CIN II	2	0,3
TOTAL	664	100

En cuanto a las características descritas en la macroscopía de las muestras, se han encontrado microfragmentos irregulares blanquecinos grisáceos, que se incluyen en su totalidad en el 59,47% (559 registros). Además, la frecuencia del grado de alteraciones citopatológicas de lesiones precursoras de cáncer cervicouterino en la biopsia fue del 21,81% (205 registros) para el CIN III, seguido del CIN II, con el 14,26% (134 registros) y de CIN I, con el 6,87% (74 registros).

Respecto al tratamiento efectuado para el manejo de las lesiones, se obtuvo que el 20,43% (192 registros) de los casos fue sometido a LEEP, de la misma manera, se optó por la práctica de conización en un 2,13% (20 registros) del total de muestras.

Conclusión y discusión

El CaCu se manifiesta, mayormente, en mujeres de edad avanzada, considerándose la edad, mayor a 35 años, como uno de los factores de riesgo (Ávila, M. et al., 2021). Entonces, el tratamiento varía según la edad, el seguimiento de la patología es recomendado en mujeres menores de 30 años y la conización por LEEP se encuentra dentro de las indicaciones en mujeres mayores de 30 años (Calderon, D., 2019)

En dos estudios realizados en Nicaragua, las lesiones precursoras se presentaba en el grupo de mujeres más jóvenes, de 15 a



34 años (Herrera, K. Ramos, I., 2018) y de 20-34 años (Valle, J., 2018), respectivamente. Un estudio realizado a 200 pacientes presenta una media con una incidencia de edad mayor, puesto a que, en un 59%, predominaba el intervalo de 41-60 años de edad (Lituma Moreira, V., 2018). En el año 2017, en un estudio realizado a mujeres entre 14 y 85 años, se identificó que el 58,2% pertenecía a L-SIL; 42,3% a ASC-US y el 4,8% a H-SIL (Lozano Escario, M. et al. 2017). De la misma manera, en Caaguazú, Paraguay, la edad media, según un estudio realizado a 129 mujeres, fue de 26 años (González, R., 2019)

En el 2016, un estudio con 125 pacientes, en Cuba, obtuvo las siguientes frecuencias: CIN I, en un 48,8 % (61 pacientes) y la cervicitis crónica en un 28% (35 pacientes) (Zamora-Julca, R. et al, 2019).

Como se puede constatar, los estudios mencionados presentan, en su mayoría, una media menor a la edad con mayor incidencia en el estudio realizado en el Centro de Atención Integral a la Mujer, en donde la media de edad fue de 41 años de edad.

Otro estudio en Nicaragua, con 144 muestras, obtuvo que las lesiones predominantes fueron las de NIC I, en un 67%, seguidas por las ASC-US, en un 26% y por NIC II y NIC III en un 6% (Valle, J.,

2018). En 85 muestras de un estudio en el Hospital Regional de Concepción, el 32% correspondía a NIC I (González, R., 2019). Según los resultados de citología, en 86 pacientes, el 17% presentó citología negativa, porcentaje mayor al de nuestro estudio, en donde el resultado de PAP negativo fue del 1,81% (17 pacientes); en contra parte, el 62% presentó citología positiva, correspondiendo estas, en un 32%, a NIC I, NIC II y NIC III (Saraí, 2021). En un estudio de 200 pacientes, se encontró que la prevalencia de características histopatológicas de lesiones precursoras correspondía, en un 34% a NIC I y en un 85% a NIC II (Lozano Escario, M. et al. 2017). Los resultados del PAP realizados en un estudio a 278 pacientes, fueron positivos para HSIL en un 47,9% y negativos en un 53,1% (Millones, J., & Vega-Gonzales, E., 2017).

En el presente estudio, los resultados de PAP positivos fueron del 70,64 %, de los cuales, el 57,5% fueron positivos para HSIL, con las siguientes frecuencias: 31,47% para CIN III, 7,23% para CIN II y 12,80% para CIN II-CIN III, datos que no coinciden con el reporte realizado a las 200 pacientes, pero que sí coincide con el grado de lesión presentado en el último estudio.

En Caaguazú, Paraguay, se identificó que las lesiones frecuentemente encontradas



fueron ASC-US en un 10,08%; CIN I en un 2,32 %; CIN II en un 0,77%; en el trabajo no se observó CIN III ni carcinoma in situ, además, el intervalo de edad de presentación más frecuente fue entre 25-44 años, en un 70, 59% de los casos (Gregor, S.,2018).

Así mismo, en nuestro estudio el porcentaje de ASC-US en el examen citológico fue el segundo con mayor prevalencia, con el 30,72% (n: 204) de los resultados positivos.

También se pudo constatar que existió una correlación entre los resultados de PAP y de biopsia, en las cuales, el mayor porcentaje fue para el CIN III, con el 31,47% (n: 209) y el 21,81% (n: 205), respectivamente para ambos estudios.

Se demuestra que, en los últimos años, ha cambiado la frecuencia de aparición de alteraciones citopatológicas a nivel nacional y, respecto al rango etario, se presenta con mayor frecuencia en mujeres de 41 años, en las cuales, la CIN III es la alteración frecuente encontrada, seguida de la ASC-US.

El manejo del tratamiento en las mismas fue, mayormente, efectuado por LEEP, considerando también que concuerda con lo mencionado en la literatura, en donde, este es el procedimiento de elección para mujeres mayores de 35 años (Calderón, D., 2019).

Consecuentemente, creemos que con el presente estudio se logrará motivar la realización de estudios de prevención del cáncer cervicouterino, dado a que el mismo es prevenible y curable (*World Health Organization, 2022*).

A través de él, e busca tener una mirada actualizada sobre la salud ginecológica a nivel nacional, es entonces que, dados los pocos estudios realizados sobre el mismo enfoque, se cree necesario continuar con estos estudios en los diferentes departamentos del Paraguay.

Bibliografía

Arrivillaga, M., Malfi Ruiz, D., & Medina, M. (2019). Atención en salud de mujeres con lesiones precursoras de cáncer de cuello uterino: evidencia cualitativa de la fragmentación del sistema de salud en Colombia. *Gerencia Y Políticas de Salud*, 18(37), 1–20.
<https://doi.org/10.11144/javeriana.rgps18-37.asml>

The Global Cancer Observatory. (2022). Global Cancer Observatory. Retrieved May 14, 2022, from [larc.fr](https://gco.iarc.fr/) website: <https://gco.iarc.fr/>

Polanco, B., et al. (2020). Cáncer cérvico uterino: prevención y tratamiento. *MediSur*, 18(4), 685–693. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2020000400685



Varela Martínez, S. (2005). REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Citología Cervical. Julio, (3). Retrieved from <https://revistamedicahondurena.hn/assets/Uploads/Vol73-3-2005-7.pdf>

Quispe Gómez, M., Valencia Vera, C., Rodríguez Figueroa, A., & Salazar Quispe, P. (2018). Factores de riesgo asociados a lesiones precancerosas del cuello uterino en pacientes atendidas en consultorio de ginecología Hospital Víctor Ramos Guardia Huaraz, 2014-2015. APORTE SANTIAGUINO, 11(1), 81. <https://doi.org/10.32911/as.2018.v11.n1.458>

Matassini Eyzaguirre, S. M., & Luna, V. (2020). Barreras para diagnóstico y tratamiento de cáncer de cuello uterino en un hospital público de Lima, Perú: un estudio cualitativo. ACTA MEDICA PERUANA, 37(4). <https://doi.org/10.35663/amp.2020.374.1835>

World Health Organization. (2022). Cáncer cervicouterino. Retrieved May 14, 2022, from Who.int website: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cervical-cancer>

Silva-Muñoz, M. A. (2020). Efectos de la enfermedad y tratamiento en la calidad de vida sexual de la mujer con cáncer cérvico uterino. Revista Chilena de Obstetricia Y Ginecología, 85(1), 74–98.

<https://doi.org/10.4067/s0717-75262020000100074>

Santos Fernandes, N. F., Fidelis de Almeida, P., De Brito Lima Prado, N. M., De Oliveira Carneiro, Â., Ferreira dos Anjos, E., Amorim Carvalho Paiva, J., & Maia dos Santos, A. (2021). Desafios para prevenção e tratamento do câncer cervicouterino no interior do Nordeste. Revista Brasileira de Estudos de População, 38, 1–27. <https://doi.org/10.20947/s0102-3098a0144>

Rodríguez Guillén, R., García García, Y., Orozco Monteagudo, M., & Taboada Crispí, A. (2017). Detección de Regiones de Interés en imágenes de la prueba de Papanicolaou. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 11(1), 182–194. Retrieved from

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_ar_text&pid=S2227-18992017000100013

Lora, M., Jimenez, R., Valverde Ramón, Camila, Emilio, F., & Pozo, H. (2018). Principales factores de riesgo en la aparición del cáncer cervicouterino. MEDISAN, 22(5), 531–537. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_ar_text&pid=S1029-30192018000500010

Millones, J., & Vega-Gonzales, E. (2017). PAPANICOLAOU E INSPECCIÓN VISUAL CON ÁCIDO ACÉTICO EN LA DETECCIÓN DE LESIONES INTRAEPITELIALES DE ALTO GRADO



DEL CUELLO UTERINO PAPANICOLAOU AND VISUAL INSPECTION WITH ACETIC ACID IN THE DETECTION OF INTRAEPITHELIAL INJURIES OF HIGH GRADE OF THE CERVIX ARTÍCULO ORIGINAL RESUMEN. Revista Salud Materno Fetal. 2 (2): 8 – 13. Retrieved from <http://revistamaternofetal.com/wp-content/uploads/2017/06/020208.pdf>

Moreno, C. (2017). Actualización en el reporte de citología cervicovaginal basado en el Sistema Bethesda 2014. Revista de Obstetricia Y Ginecología de Venezuela, 77(1), 58–66. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0048-77322017000100008&lng=es&nrm=iso

Rodríguez Martínez, L. et al. (2017). Evolution of Cervix Low-Grade Squamous Intraepithelial Lesions (2012-2013). Revista Cubana de Obstetricia Y Ginecológica, 43(4), 1–12. Retrieved from <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=80733>

Zamora-Julca , R. et al. (2019) Relación entre Citología, Biopsia y Colposcopia en Cáncer Cérvico Uterino. Revista Médica Panacea. 8(1): 31-45.

Ávila, M. et al. (2021). Cáncer cérvico uterino escamoso no queratinizante en paciente de 25 años: reporte de caso clínico. Archivos Venezolanos de

Farmacología Y Terapéutica, 40(3), 305–309. Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/559/55969712013/html/>

Calderón, D. (2019) Diagnóstico y tratamiento de las lesiones intraepiteliales escamosas de alto grado del cuello uterino. Cambios Revista Médica, 18(1):76-84.

Herrera, K. Ramos, I. (2018) Conocimientos, actitudes y creencias sobre el cáncer cervicouterino en mujeres en edad fértil de Nicaragua. Revista Hispana Ciencia Salud. 4(4):143-151.

Valle, J. (2018) Relación Cito – Histológica como pruebas para la detección temprana de Lesiones Pre Malignas del Cuello Uterino en mujeres de 25 a 60 años en el Hospital Pablo Arturo Suárez en periodo enero 2014 a junio 2017. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS CARRERA DE LABORATORIO CLINICO E HISTOTECNOLÓGICO. 18-40.

Lituma Moreira, V. (2018). Tesis. Recuperado a partir de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/30965>

Lozano Escario, M. et al. (2017). INFLUENCIA DE LA EDAD EN LA PREVALENCIA DE VIRUS DE PAPILOMA HUMANO DE ALTO RIESGO EN MUJERES CON LESIONES PRECURSORAS DE CÁNCER DE



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

CUELLO UTERINO EN LA COMUNIDAD NAVARRA. Revista Española de Salud Pública, 91(),1-8. ISSN: 1135-5727. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17049838013>

González, R. (2019) Características clínicas y demográficas en mujeres con neoplasia intraepitelial cervical atendidas en el Hospital Regional de Concepción. Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad de Ciencias Médicas.1:42–52

Saraí, R. (2021). Concordancia diagnóstica de los métodos utilizados para la detección

oportuna de cáncer cervicouterino en la Unidad de Medicina Familiar no. 11 IMSS Chiapas. Buap.mx.

<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12371/13615>

Gregor, S (2018) Lesiones precursoras de Cáncer de Cuello Uterino en pacientes jóvenes del Hospital Materno Infantil San Pablo. Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad de Ciencias Médicas.

Financiamiento

Autofinanciado.

Compartilhando informações entre as equipes de saúde no contexto da Covid-19, no Distrito Federal, Brasília - Brasil.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D. 36. Salud Humana

Compartilhando informações entre as equipes de saúde no contexto da Covid-19, no Distrito Federal, Brasília - Brasil.

Autora: Vale, Mikaely Bezerra; mikabdovale@gmail.com.

Co-autor(as): Cassimiro, Beatriz Sousa; email: biasscassimiro@gmail.com;

Sena, Gabriele Pereira; email: gabriele-sena@outlook.com;

Fonseca, Lilhian Cristine; email: lilhianc.fernandes@gmail.com;

Braga, Rebeca Nogueira, rebecanogueira.nr@gmail.com;

Professora guia: Dra. Pinho, Diana; email: diana@unb.br

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)

Resumo

Objetivo: Analisar a experiência de pacientes e profissionais de saúde quanto ao compartilhamento de informações no percurso dos pacientes com COVID-19. **Metodologia:** Estudo descritivo-exploratório, quali-quantitativo, realizado em uma instituição pública de ensino do Distrito Federal (DF) que fornece serviços de atenção secundária e terciária para a população do DF e Entorno. Essa pesquisa contou com uma amostra de 29 pessoas, correspondendo a 19 profissionais da saúde e 10 pacientes, com dados coletados por meio de um *google forms* e entrevistas semi-estruturadas, respectivamente. **Principais Resultados:** Quanto ao perfil sociodemográfico dos 419 pacientes diagnosticados com covid-19, 151 (36%) estiveram internados no ano de 2020 e 268 (64%) no ano de 2021. A faixa etária mais prevalente estava entre 51-60 anos. Foi constituída uma amostra de 10 pacientes que foram entrevistados, visando resgatar o percurso trilhado por cada um, assim como, às experiências vivenciadas nos diferentes momentos de enfrentamento à Covid-19. No que tange às formas de compartilhamento de informações, o uso do Whatsapp como ferramenta de comunicação, entre as equipes, demonstrou-se ser consolidado no período de internação, em detrimento do uso do prontuário eletrônico. Os pacientes reconhecem, dentro da equipe profissional, os médicos, como os responsáveis por compartilhar as orientações com os pacientes e familiares, em contrapartida as equipes de saúde reconhecem os profissionais da equipe de enfermagem como o ponto de ligação para as orientações e o compartilhamento das informações.



Palavras-Chave: Comunicação em Saúde, Acompanhamento do paciente, COVID-19.

1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS), declarou em março de 2020 estado de pandemia ocasionada pela Covid-19, e desde então, a população mundial vem sofrendo as consequências da doença (BRASIL, 2020). Até a data de 21 de julho de 2022, a OMS registrou 564.126.546 casos confirmados e 6.371.354 óbitos mundiais ocasionados pela infecção pelo vírus SARS-CoV-2, em painel de controle da Covid-19 (WHO, 2022).

Com registros principiados ao final de 2019, na cidade de Wuhan, na China, e que posteriormente se espalharam para os outros países do mundo, a pandemia ocasionada pela Covid-19 afetou e vem afetando o mundo inteiro (Liu, Kuo, & Shih, 2020).

Ainda que a cada dia, a ciência tenha avançado na compreensão da Covid-19, nestes últimos anos há muitas lacunas. Cada indivíduo, responde à infecção de diferentes formas no que se refere aos sinais e sintomas, muitos

apresentam sintomas inespecíficos da doença, que por vezes se assemelham aos sintomas de outras síndromes gripais e outras infecções virais, dificultando muitas vezes o atendimento precoce. Iser et al. (2020:8) concluiu que “o conceito diagnóstico permanece muito amplo e sensível, de forma que não é possível definir nem ao menos um sintoma obrigatório para determinar a presença da infecção”. Somado a toda essa incerteza, há também as novas variantes do vírus, alterando, muitas vezes, o perfil demográfico dos pacientes acometidos pela infecção (Maria Michelon, 2021); (Nonaka et al., 2021).

Neste cenário, compreender o compartilhamento de informações entre as equipes, a experiência e o percurso dos pacientes apresentam-se como instrumentos importantes para o aprimoramento da assistência, como estratégia necessária para a transição do cuidado, no sentido de prevenir complicações e reinternações evitáveis, promover maior entendimento da situação de saúde, no contexto da pandemia.(Mendonça, 2021).



Segundo Weber, Lima e Acosta (2019), percentual significativo de readmissões pode estar vinculado a fatores evitáveis, como eventos adversos a medicamentos, planejamento de alta ineficiente, falta de acompanhamento na atenção primária e uma insuficiente continuidade no cuidado após a alta (WEBER, LIMA, ACOSTA, 2019).

Neste contexto a transição do cuidado, por exemplo caracteriza-se pela mudança de uma unidade para outra no contexto hospitalar, ou quando esse indivíduo recebe alta hospitalar e é redirecionado a Unidade Básica de Saúde mais próxima da sua residência, é sinalizado por estudos como o momento vital para se evitar casos de reinternações devido ao mesmo diagnóstico. Trazendo a importância da continuidade da interlocução entre os diferentes níveis da rede de atenção à saúde, todavia que ainda se encontra aquém do ideal (Zilahi & O'Connor, 2019).

Assim, questionamos, a Como se dá a experiência e o percurso do paciente o enfrentamento da Covid-19, que envolve os períodos de diagnóstico, internação e pós-alta hospitalar? Quais as formas de compartilhamento de informações entre as

equipes envolvidas no processo de cuidado?.

2. OBJETIVO

Analisar a experiência de pacientes e profissionais de saúde quanto ao compartilhamento de informações no percurso dos pacientes com COVID-19.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de estudo exploratório-descritivo, de abordagem quali-quantitativa, do tipo método misto sequencial, possibilitando ao pesquisador o embasamento de alegações de conhecimento em elementos pragmáticos. O trabalho foi realizado em uma instituição pública de ensino que fornece serviços de atenção secundária e terciária para a população do Distrito Federal e Entorno. (Creswell, 2007)

O público-alvo desta pesquisa envolveu pacientes e profissionais de saúde desta instituição pública de ensino. Como critérios de inclusão dos pacientes levou-se em consideração as seguintes características: possuir idade acima de 18 anos, residir no Distrito Federal e Entorno, ter passado por internação em decorrência da infecção por Covid-19 e ter recebido alta hospitalar entre os meses de



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA

BOLIVIA



abril de 2020 a agosto de 2021. Como critérios de inclusão dos profissionais de saúde, levou-se em consideração as seguintes características: aqueles que atuaram no atendimento a pacientes com Covid-19. Como critérios de exclusão definiu-se: pacientes que possuíam dificuldades de compreensão e/ou comunicação verbal; profissionais da saúde que não estavam envolvidos no atendimento a pacientes com Covid-19; profissionais de saúde que estiveram em férias ou em licença no período de coleta de dados.

3.1 Coleta e análise de dados dos pacientes

Deu-se início a etapa de coleta de dados dos pacientes, com a obtenção de planilha eletrônica disponibilizada pelo Núcleo de Epidemiologia do Hospital de Ensino, contendo a relação de pacientes com notificação relacionada à Covid-19. Realizou-se, então, a partir desta planilha, filtragem dos dados, tendo em vista os critérios de inclusão dos pacientes, resultando em 419 pacientes. Em seguida procedeu-se com consulta via AGHU (Aplicativo de Gestão para Hospitais Universitários) aos dados de identificação dos pacientes, objetivando conhecer a sua procedência e os contatos telefônicos dos

pacientes do DF e entorno para realização das entrevistas.

Para compor a amostra desta pesquisa, a partir do levantamento da quantidade de pacientes que procediam das Regiões Administrativas do DF e Entorno, foi possível identificar a cidade com o maior percentual de procedência destes pacientes, sendo a cidade de Ceilândia correspondente à cidade com maior quantidade de casos.

Os pacientes foram então convidados, via contato telefônico para participarem da pesquisa, abrangendo questões que abordaram características de saúde do paciente, período pré atendimento, diagnóstico, momento da internação, transição de alta e pós-alta hospitalar. Foram incluídos os pacientes com os quais conseguiu-se contato, que concordaram em participar da pesquisa, registrando consentimento através do TCLE, e que foram internados neste hospital de ensino diretamente por conta da Covid-19.

Explicou-se em primeiro contato telefônico realizado com os pacientes sobre a pesquisa, e sobre a necessidade do registro do consentimento para a participação. Dessa forma, foi enviado,



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

para os pacientes que concordaram em participar, o formulário criado para a pesquisa, via Formulários Google, contendo os termos de consentimento livre e esclarecido (TCLE) e de cessão de uso de imagem e/ou voz para fins científicos e acadêmicos, este último com a finalidade de solicitar autorização para gravar a entrevista.

Cada entrevista teve início após recebimento das respostas ao formulário, após confirmação do registro afirmativo em participar da pesquisa, pelo TCLE. Foram, então, coletados dados referentes às experiências dos pacientes no enfrentamento à Covid-19 nos períodos do diagnóstico, da internação e pós-alta hospitalar, além de informações sociodemográficas e de saúde dos participantes. A análise de conteúdo foi orientada por Bardin (2016) que compreende três fases: 1) pré-análise: organização da análise 2) exploração do material: fase de aplicação sistemática das decisões tomadas na etapa anterior; 3) tratamento dos resultados, inferência e interpretação (Bardin, 2016).

3.2 Coleta e análise de dados dos profissionais

Para a coleta dos dados dos profissionais, um questionário via google forms foi disponibilizado para as chefias e gerências do Hospital Universitário de Brasília, com um convite para disponibilizarem o formulário aos profissionais de saúde do hospital. Além disso, com os contatos pessoais disponibilizados pela coordenação de saúde ocupacional da instituição, profissionais foram contatados a participarem do estudo pelas pesquisadoras. Essa medida adotada tinha por objetivo promover um recrutamento dos profissionais por meio do sistema bola de neve *snowball sampling*, de modo que os próprios participantes auxiliassem na divulgação da pesquisa.

Somente após a autorização do profissional da saúde, confirmando via aceite por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o questionário foi disponibilizado aos participantes, os quais receberam uma cópia do TCLE via correio eletrônico cadastrado e, foram orientados a guardar o consentimento como forma de segurança. Além do fornecimento de orientações do objetivo da pesquisa, contato das pesquisadoras, tempo



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

estimado de resposta do formulário e um campo aberto, ao final do questionário, que convidava os profissionais a deixarem um contato, caso desejassem participar de uma entrevista com as pesquisadoras.

Desde o decreto da pandemia, a instituição reconheceu cinco setores como aqueles que iriam receber adicional de insalubridade, reconhecendo o maior risco dos profissionais por estarem em contato com pacientes infectados com a SARS-CoV-2. Sendo eles: Unidade de Processamento de Materiais Esterilizados (UPME) com 60 profissionais, Setor de Triagem com 43 profissionais da saúde, Setor para coleta de teste rápido em trabalhadores (laboratório) com 4 profissionais, Unidade de diagnóstico por imagem (UDI) com 46 profissionais, Unidade de Manejo da síndrome respiratória Aguda Grave (USRAG) com 105 profissionais.

Contudo, houve apenas a disponibilização do contato de 58 profissionais, dos quais, 8 responderam ao questionário eletrônico via *google forms*. Dados que foram tratados com a técnica dos dados de análise temática proposta por Bardin (2016), onde foram tratadas em três etapas: a) Pré-análise: organização e leitura flutuante; b)

descrição analítica: leitura exaustiva e descrição dos achados; c) análise inferencial: categorização dos dados.

Esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética e pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília e do Hospital Universitário, em acordo com a resolução 466/2012 e 510/2016, do Conselho Nacional de Saúde, com CAEE nº 47641421.0.0000.0030 e parecer de aprovação nº 4.874.801.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O paciente e seu curso no processo da Covid-19

De acordo com os dados analisados, a quantidade de pacientes com idade acima de 18 anos, diagnosticados com covid-19 e que receberam alta do Hospital Universitário por conta da covid ou devido a outras causas nos meses de abril de 2020 a agosto de 2021 correspondeu a 151 (36%) e 268 (64%), respectivamente, totalizando 419 casos. Deste total, 170 (40,6%) foram de pacientes do sexo feminino e 249 (59,4%) do sexo masculino. A faixa etária mais acometida estava entre 51-60 anos, sendo 59,4% do



sexo masculino e 40,6% do sexo feminino. A idade mínima dos pacientes foi de 21 anos e a máxima de 96 anos.

Na análise estatística do perfil de idade destes pacientes que receberam alta, analisou-se os casos por faixa-etária, correspondendo a: 18 (4,3%) casos entre 21-30 anos; 43 (10,3%) casos entre 31-40 anos; 77 (18,4%) casos entre 41-50 anos; 98 (23,4%) casos entre 51-60 anos; 95 (22,7%) casos entre 61-70 anos; 57 (13,6%) casos entre 71-80 anos; 25 (6%) casos entre 81-90 anos; e 6 (1,3%) casos entre 91-96 anos. As idades que tiveram mais casos foram: 61 anos com 16 internações; 60 e 45 anos com 15 internações cada e 63 anos com 14 internações. Comparado com o Boletim Epidemiológico do Distrito Federal de agosto de 2021 (último período em que foi relatado caso positivo na planilha disponibilizada), a maior quantidade de casos confirmados estavam sendo na população de 30-39 anos, no entanto, a faixa etária de 60-69 anos, que se mostra a mais próxima do maior quantitativo de casos do nosso estudo, segundo dados do mesmo boletim, somava em 31 de agosto de 2021 uma incidência de 15,561 a cada 100 mil habitantes (BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO Nº 547, 2021). Tendo

em vista que os dados obtidos correspondem a 2020 e 2021, realizou-se análise comparativa das faixas de idade por período a fim de compreender as mudanças, conforme pode ser visto na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 - Faixa etária dos casos de diagnóstico positivo no ano de 2020.

Faixa de idade	Quantidade de casos	%
18-30	8	5,3
31-40	13	8,6
41-50	28	18,5
51-60	30	19,9
61-70	33	21,9
71-80	26	17,2
81-90	9	6,0
91-98	4	2,6
TOTAL	151	100,0

Tabela 2 - Faixa etária dos casos de diagnóstico positivo no ano de 2021.

Faixa de idade	Quantidade de casos	%
18-30	10	3,7
31-40	30	11,2
41-50	49	18,3
51-60	68	25,4
61-70	62	23,1
71-80	31	11,6
81-90	16	6,0
91-98	2	0,7
TOTAL	268	100,0

Quando se analisa os dois períodos, é possível notar que houve uma mudança em relação à faixa etária que apresentou mais casos. Em 2020, a faixa



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

de idade de 61 a 70 anos foi responsável pelo maior percentual de casos positivos, porém, em 2021, o maior percentual ocorreu na faixa de idade de 51 a 60 anos. Outro ponto de destaque, refere-se ao quantitativo total de casos. Em agosto de 2021 o número de casos já correspondia a um aumento de 117 (77,4%) casos em relação a 2020, notado também no quantitativo por faixa-etária, que mais que dobrou entre 51-70 anos. Nonaka *et al.* (2021) constataram entre junho de 2020 e fevereiro de 2021 em seu estudo que a idade mediana dos pacientes admitidos em uma unidade de terapia intensiva, também havia diminuindo de 66 para 58 anos, em grande parte devido a uma alta prevalência da variante em circulação à época (Gamma), que foi encontrada em pacientes mais jovens da UTI no mês de fevereiro de 2021, período em que a literatura considerou como a segunda onda de covid-19 no Brasil.

Alusivo a dados de outros estados a respeito do perfil sociodemográfico do pacientes acometidos pela covid-19, Medeiros et al. (2021), reuniram os dados de pacientes atendidos em um hospital do Estado da Paraíba até dezembro de 2020 e concluiu que dentre os 829 com

diagnóstico positivo, o maior acometimento deu-se em pacientes do sexo masculino com idade compreendida entre 51 e 70 anos. Apesar do nosso estudo não ter feito comparação por sexo, os dados gerais de 2020 e 2021 também demonstram um quantitativo maior de casos no sexo masculino, com quase 60% do total. Tratando-se da idade, a faixa etária em nosso estudo entre 51-70 anos, também foi responsável pelo maior quantitativo de casos.

Comparados com outros países, em um estudo da Índia que analisou dados de 144 pacientes internados com covid em uma unidade de tratamento terciário, Mohan et al., (2020) atestaram que a média de idade foi diferente do estudo anterior, com idade média geral de 40,1 anos, sendo o sexo masculino responsável por 93,1% dos casos. Em uma revisão sistemática com dados de janeiro a abril de 2020, reunindo artigos de 11 países envolvendo 281.461 indivíduos, Li et al., (2020) constataram que a média também foi diferente, com idade média de 46 anos, no entanto, assim como nos outros estudos, os casos masculinos se sobrepuseram o feminino, com percentual de 51,8%.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



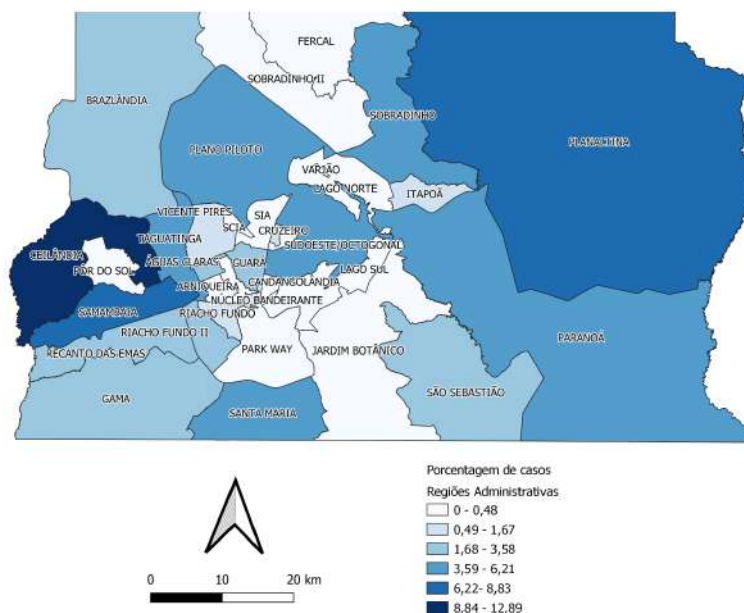
30
AÑOS

Pertencente à procedência dos participantes com diagnóstico positivo, cabe ressaltar que, o Distrito Federal, estado do hospital analisado, divide-se em regiões administrativas, no entanto, faz parte de uma Rede de Desenvolvimento instituída pela Lei Complementar nº 94/1998 e ampliada pela Lei Complementar nº 163/2018, no qual compreende 33 municípios de dois estados brasileiros (29 de Goiás e 04 de Minas Gerais) mais o Distrito Federal, denominada RIDE (Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno). A RIDE surgiu com o objetivo de promover projetos de desenvolvimento econômico, bem como melhorias em políticas públicas para o desenvolvimento integrado da região, ampliando-se também para as relações de saúde. (Schlabitz, Reis, & Oliveira, 2020)

Quando analisamos o local de residência dos participantes do estudo, observou-se que 343 participantes (81,9%) moravam no Distrito Federal. O percentual de casos por Região administrativa (RA) está disposto no Mapa 1. O restante, 48 (11,5%), eram participantes oriundos do entorno de

Brasília. Os óbitos, aqueles sem informação relatada e os não pesquisados corresponderam a 2 (0,5%), 3 (0,6%) e 2 (0,5%), respectivamente. Levando em consideração a RIDE, é possível assimilar a superioridade de casos pelo Distrito Federal também na incidência de casos confirmados. Silva et. al (2020), constataram que as maiores taxas de incidência de casos por covid-19 na RIDE no período analisado, encontravam-se em Brasília-DF (53,6), Goianésia-GO (40,0) e Valparaíso de Goiás-GO (10,1).

Mapa 1 - Distribuição de casos por Região administrativa do Distrito Federal.¹



Como citado anteriormente, para a segunda etapa do estudo, foram selecionados os pacientes provenientes da RA administrativa do DF com maior registro de casos, que corresponderam a 54 casos. Deste total, foram selecionados aleatoriamente 27 pacientes para tentativa de contato e convite à participação na pesquisa. Desses, 10 aceitaram e deram consentimento para a entrevista e coleta do prontuário.

A partir dos dados obtidos com as entrevistas e analisados, foram definidas cinco categorias temáticas, decorrentes da análise das entrevistas; são elas: “Percurso trilhado no processo de enfrentamento à Covid-19”; “Recebendo o

diagnóstico positivo para Covid-19: sentimentos e expectativas”; “Experiências que envolveram o período de internação hospitalar”; “Transição de alta hospitalar: emoções e orientações recebidas”; “Pós-alta hospitalar: sequelas e desafios e continuidade do acompanhamento em saúde”.

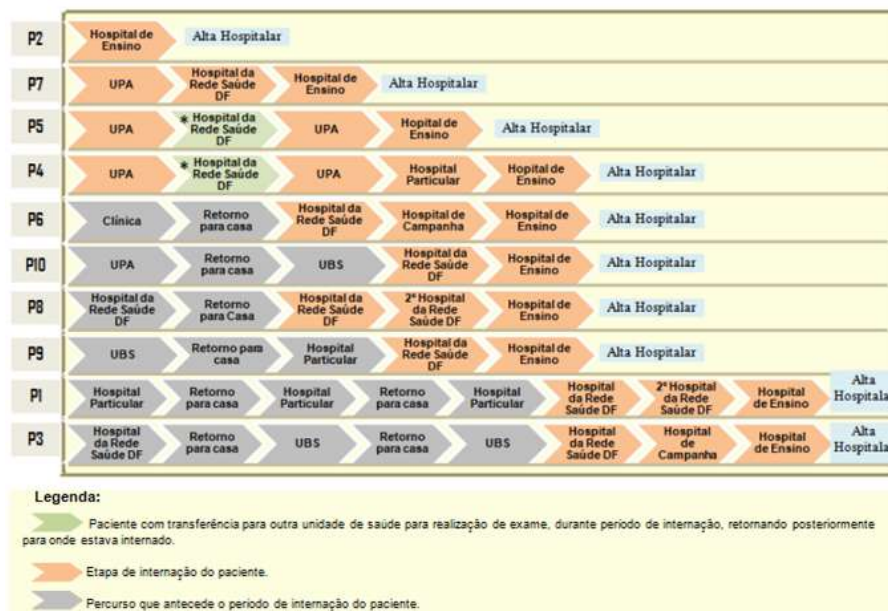
Correspondendo à categoria “Percurso trilhado no processo de enfrentamento à Covid-19” apresenta-se no Quadro 1 abaixo, o percurso realizado por cada um destes 10 pacientes entrevistados. O percurso relatado nas entrevistas está demonstrado iniciando-se com o primeiro atendimento realizado após o início dos sintomas e



finalizando-se com a alta-hospitalar. A ordem de representação dos percursos seguiu ordem crescente no que diz respeito à quantidade de etapas de cada percurso. Observa-se que 40% dos

pacientes foram internados desde o primeiro atendimento, e que apenas 10% esteve internado em apenas uma unidade de saúde.

Quadro 1 – Percursos trilhados pelos pacientes no período de enfrentamento à Covid-19



Fonte:Elaborado pelas autoras com base nos relatos das entrevistas, 2021.

Tratando-se dos sintomas apresentados que o levaram a buscar atendimento, foram relatados pelos 10 entrevistados: dispneia (60%); dor de cabeça (40%), tosse (40%), febre (30%), perda do olfato (20%), perda do paladar (20%), moleza no corpo (20%), cansaço (20%), diarreia (20%), dor no corpo (20%), fraqueza (10%), desânimo (10%), tontura

(10%), tosse com vômito (10%), perda do apetite (10%) e fadiga (10%). Quando comparado com outros estudos, Ochani et.al, (2021) constataram situação semelhante, onde as queixas mais comuns foram febre, tosse e dispneia e, menos frequentemente, sintomas gastrointestinais como diarreia.



Ao serem questionados a respeito das comorbidades existentes pré-diagnóstico da Covid-19, observou-se que 50% dos entrevistados não eram acometidos com nenhuma doença pré-existente, condição que se altera, quando os mesmos são questionados a respeito das sequelas pós-covid, e consequentemente o impacto da covid-19 em suas vidas, onde 90% dos entrevistados afirmaram ter ficado com alguma sequela pós covid-19 e apenas 10% sem algo.

Compondo a categoria "Recebendo o diagnóstico positivo para Covid-19: sentimentos e expectativas" alguns dos pacientes entrevistados, revelaram que inicialmente pensaram que a recuperação seria rápida e mais tranquila, uma vez que associavam ao fato de que não possuíam comorbidades.

No primeiro momento quando a médica me diagnosticou lá no hospital...é...particular, eu assim...pensei...me desesperei, ao mesmo tempo pensei, não, eu vou dar entrada no hospital, vou ficar uns cinco dias internada, vou ficar boa logo, né?! Porque assim, eu não tinha comorbidade, eu achava que

eu era uma pessoa muito saudável, né?! (P1).

No momento da internação, 50% dos pacientes entrevistados passaram por período de intubação, sendo que destes a maioria não possuía comorbidades.

Conquanto afirme-se que as pessoas pertencentes ao grupo de risco possuem probabilidade maior de apresentar casos mais graves da doença, associação com os dados encontrados na pesquisa e com a literatura sobre o tema evidencia que casos graves da doença, assim como as sequelas dela consequentes podem também acontecer mesmo com a ausência dos considerados fatores de risco (BRASIL, 2021);(Daugherty et al., 2021)

Referente à categoria denominada "Experiências que envolveram o período de internação hospitalar", foi possível também conhecer algumas das percepções e vivências dos participantes relacionadas a este período.

{Como é que foi o período em que o senhor esteve internado?} É ruim...é ruim porque eu num podia me mover, [...] quando eu me dei conta (entende sobre o período em que retomou a consciência após período de intubação) eu não mexia com os



dedos até [...] foi difícil, eu tive que aprender a andar, aprender...até quando me colocaram pra sentar na cama pela primeira vez, eu fiquei vendo pra que lado que eu ia cair, porque foi igual a um bebê de 1 ano, um recém-nascido...é triste a coisa (P6)

Quanto ao momento da alta hospitalar, pôde-se também avaliar os aspectos relacionados às orientações de alta. Todos os entrevistados afirmaram que receberam orientação para alta, no entanto, quando questionados se também houve orientações em relação aos cuidados que o indivíduo deveria ter, 9 (90%) afirmaram que receberam e 1(10%) afirmou que não recebeu. No que tange a forma que essas orientações de alta foram passadas, 6 (60%) relataram que foram de maneira escrita e verbal, 3(30%) afirmaram que apenas verbal e 1(10%) afirmou que foi apenas escrita. Questionados também sobre qual profissional havia passado as orientações, em 10 (100%) afirmaram que foi o médico e outros chegaram a relatar também orientações dadas por fisioterapeutas (30%), enfermeiros (20%) e nutricionistas (20%). A seguir alguns relatos que compõem a categoria temática "Transição

de alta hospitalar: emoções e orientações recebidas".

Recebi muitas orientações. A doutora (médica) [...] já me deu alta, com várias consultas marcadas, porque...por causa que deu problema nos rins, né...é...vários exames marcados, orientações de dentro do hospital, de processo de reabilitação que 9 eu tinha que fazer, acompanhamento, os cuidados em casa, que eu ia ter que fazer fisioterapia...que ia ser uma nova vida, né?! (P1).

Interrogados ainda sobre se sentiram falta de alguma questão específica em relação a alta, 60% afirmaram que não, 40% afirmaram que sentiram falta. Concernente ao que os entrevistados sentiram falta, os relatos predominantes foram de falta de encaminhamento e algumas orientações. Outras questões citadas referem-se a uma orientação específica ainda no período da internação em relação ao cateter de hemodiálise e queixa relacionada à falta de prescrição medicamentosa após o período de internação.

Eu acho que o que precisava é o paciente ao ter alta, já sair com a



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

consulta na pneumologia marcada, tipo, pra 10 dias depois, uma semana depois [...] não tive essa orientação, e nem esse encaminhamento (Paciente relata que teve consulta marcada, mas foi marcada para alguns meses depois). Eu acho que o paciente já tem que sair de lá com a consulta marcada pra pneumologia o mais breve possível (P2).

Uma coisa que eu acho que eles tinham que indicar, além do pneumologista e da fisioterapia...a gente procurar suporte emocional, suporte psicológico. [...] O emocional fica bastante abalado, abalado assim ao extremo (P4).

Evidencia-se, então, a importância de uma efetiva transição de cuidado. Conforme pontuam Weber, Lima e Acosta (2019), a efetuação de transições do cuidado seguras no momento da alta hospitalar para o domicílio, propiciam a continuidade do cuidado e a melhoria da qualidade assistencial (Weber, Lima, & Acosta, 2019).

Nalbandian et al., (2021) analisaram sequelas pós agudas citadas na literatura e no que se refere a

síndromes pós-aguda em pacientes com diagnóstico positivo para covid, o estudo relata que fadiga, dispneia, dor nas articulações, tosse, dor no peito e perda de sabor/cheiro foram as mais presentes na literatura reunida, assim como outras, em número menor: dor de cabeça, diarreia, distúrbios do sono e perda de cabelo. No que tange ao nosso estudo, tais sequelas também estavam entre as relatadas por nossos entrevistados, além de outras relacionadas a lapsos de memória, limitação dos movimentos, e outras mais, nos dando uma dimensão da consequência padrão em alguns casos mais graves da doença. Alguns destes relatos que compõem a categoria temática "pós-alta hospitalar: sequelas e desafios e continuidade do acompanhamento em saúde" são citados abaixo:

Um barulho na cabeça também [...] até hoje [...]direto (frequência). Parece que tá pisando numa folha seca, o barulho, parece que está ligada uma máquina (P9).

Eu tive alguns lapsos, continuo tendo, alguns lapsos de memória, mas é assim, demorar processar, tá conversando aí, processar um nome e alguma coisa assim, mas num é frequente (P2).



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Naik *et al* (2021), a partir de pesquisa realizada na Índia com 1.234 pacientes, apontaram que 40,1% desses pacientes apresentaram sintomas que persistiram após a alta ou final do período de quarentena. Dentre estes 40,1%, 22% tiveram “*long COVID*”, termo em Inglês que tem sido utilizado para indicar sinais e sintomas persistentes ou com desenvolvimento após a fase aguda da doença (Naik et al., 2021).

4.2 A instituição no processo de comunicação com o advento covid-19

Para a análise da perspectiva da instituição, 19 profissionais colaboraram para a compreensão administrativa da tríade internação, diagnóstico e alta. Correspondendo em sua maioria ao sexo feminino (84,2%), equipe de enfermagem (84,2%) e médicos (10,5%). Categorias que (70%) dos profissionais afirmaram desconhecer a existência de um Procedimento Operacional Padrão (POP), na sua unidade, apesar do alto fluxo interno e externo de transferência dos pacientes no decorrer da contaminação com vírus da Covid-19. Sendo o POP, um manual que poderia vir a auxiliar os processos da unidade, qualidade da assistência, repasse de informações e

orientações. (Corrêa, Archer, Pereira, & Viecili, 2020)

Apesar de pesquisas apontarem os registros médicos dos pacientes como um dos principais instrumentos capazes de mitigar a deficiência no processo de comunicação e melhoria da qualidade do cuidado (Janett & Yeracaris, 2020), foi observado um déficit quanto ao uso do prontuário. Onde, 10 profissionais afirmaram nunca terem utilizado a ferramenta na instituição. Dado que pode ser justificado pela ausência de acesso que os profissionais de nível médio da instituição (técnicos e auxiliares de enfermagem), impedindo-os de realizarem anotações a respeito do cuidado e intercorrências a respeito do cliente.

Em contraste com a subutilização do prontuário, 16 profissionais apontaram o WhatsApp como principal ferramenta de comunicação. Utilização que pode ser justificada pela popularidade, baixo custo, comunicação instantânea e rápida do aplicativo (Hamza, Khan, & Hanif, 2020). Contudo, tem-se como uma das preocupações para esse achado, a não transferência das informações discutidas entre a equipe de saúde para o prontuário do paciente. Fator que gera uma lacuna na história clínica, prejudicando o acesso



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

às informações para a equipe multidisciplinar da saúde em todos os níveis de atenção da saúde, tendo em vista o fluxo e possibilidades que um paciente pode percorrer, seja uma consulta, internação, transferência ou alta (Semeniuk, 2019)

No momento da alta, todos os pacientes confirmaram o recebimento de orientações, sendo em sua maioria de modo verbal, destacando a figura do médico, como principal profissional a ofertar as orientações. Dado divergente, quando traçado um paralelo com a visão dos próprios profissionais, os quais apontaram a equipe de enfermagem (63,2%) como principal ponto de contato entre os pacientes e seus familiares. Divergências que podem ser respondidas em decorrência do baixo conhecimento social a respeito das atribuições da equipe de enfermagem, enquanto figura detentora de conhecimento técnico-científico, apesar de ser uma categoria que lida de forma direta os medos e angústias dos pacientes, ao longo no processo de internação (Mahboube, Talebi, Porouhan, Orak, & Farahani, 2019).

5. CONCLUSÕES

Em suma, com a realização deste estudo, foi possível conhecer a diversidade de experiências e perspectivas contidas nos relatos e respostas, tanto dos pacientes entrevistados, quanto dos profissionais participantes da pesquisa. Compreende-se a importância destes relatos no que tange a compreensão da trajetória dos pacientes e das experiências, incluindo as dificuldades e desafios, vivenciados por esses e pelos profissionais de saúde neste processo.

Ademais, entende-se que a comunicação é um importante processo da linha de cuidado do paciente, fazendo-se necessária a interlocução entre os próprios profissionais da saúde, e entre profissionais, pacientes e seus familiares. A interconexão entre as ferramentas adotadas neste processo de comunicação também é fundamental, de modo a possibilitar um cuidado que abarque todas as dimensões do indivíduo, seja esta comunicação realizada de modo documental, presencial e/ou remota (relacionada ao meio muito utilizado, diante do contexto da Covid-19).



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Em conclusão, entende-se que as informações obtidas com a realização deste estudo podem ser capazes de contribuir com os serviços e setores da saúde, a partir do panorama apresentado, no que tange a criação de estratégias que possam favorecer a comunicação em saúde e a assistência em saúde neste cenário de enfrentamento à Covid-19.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (Edições 70).

BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO Nº 547. (n.d.). Retrieved from https://www.saude.df.gov.br/documentos/37101/142730/Boletim_Covid_547.pdf

BRASIL. (n.d.). Coronavírus Brasil. Retrieved July 22, 2022, from <https://covid.saude.gov.br/>

Carla Araújo de Medeiros, L., da Conceição Alves Leal Borges, M., Pereira Gonsalves, M., da Costa Teodózio, G., & Moura dos Santos, W. (2021). PERFIL SÓCIO DEMOGRÁFICO DOS PACIENTES ACOMETIDOS PELA COVID- 19. *Environmental Smoke*, 4(2), 42–48.

<https://doi.org/10.32435/envsmoke.20214242-48>

Corrêa, G. T., Archer, A. B., Pereira, G. K., & Viecili, J. (2020). Uso de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) comportamentais na realização de atividades profissionais. *Revista Psicologia Organizações e Trabalho*, 20(2), 1011–1017.

<https://doi.org/10.17652/RPOT/2020.2.17853>

Covid-19 - Secretaria de Saúde do Distrito Federal. (n.d.). Retrieved July 22, 2022, from <https://www.saude.df.gov.br/coronavirus/>

Creswell, J. W. (2007). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto* (2nd ed.). Porto Alegre : Artmed. Retrieved from https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/696271/mod_resource/content/1/Creswell.pdf

Daugherty, S. E., Guo, Y., Heath, K., Dasmariñas, M. C., Jubilo, K. G., Samranvedhya, J., ... Cohen, K. (2021). Risk of clinical sequelae after the acute phase of SARS-CoV-2



- infection: retrospective cohort study. *BMJ*, 373. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N1098>
- Hamza, M., Khan, H. S., & Hanif, M. (2020). Whatsapp Groups: An Effective Way of Intradepartmental and Interdepartmental Communication regarding Patient Consultations. *Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh*, 50(1), 92–93. <https://doi.org/10.4997/jrcpe.2020.125>
- Iser, B. P. M., Sliva, I., Raymundo, V. T., Poletto, M. B., Schuelter-Trevisol, F., & Bobinski, F. (2020). Definição de caso suspeito da COVID-19: uma revisão narrativa dos sinais e sintomas mais frequentes entre os casos confirmados. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 29(3), e2020233. <https://doi.org/10.5123/S1679-4974202000300018>
- Janett, R. S., & Yeracaris, P. P. (2020). Electronic Medical Records in the American Health System: challenges and lessons learned. *Ciencia & Saude Coletiva*, 25(4), 1293–1304. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020254.28922019>
- Liu, Y. C., Kuo, R. L., & Shih, S. R. (2020). COVID-19: The first documented coronavirus pandemic in history. *Biomedical Journal*, 43(4), 328–333. <https://doi.org/10.1016/J.BJ.2020.04.007>
- Mahboube, L., Talebi, E., Porouhan, P., Orak, R., & Farahani, M. (2019). Comparing the attitude of doctors and nurses toward factor of collaborative relationships. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(10), 3263. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_596_19
- Maria Michelon, C. (2021). *Principais variantes do SARS-CoV-2 notificadas no Brasil Main SARS-CoV-2 variants notified in Brazil*. 53(2), 109–116. <https://doi.org/10.21877/2448-3877.202100961>
- Mendonça, A. V. M. (2021). O papel da comunicação em saúde no enfrentamento da pandemia : erros e acertos. *Conselho Nacional de Secretários de Saúde (Coleção Covid-19, v. 3)*, 164–179. Retrieved from <https://repositorio.unb.br/handle/10482/40912>



- Naik, S., Haldar, S. N., Soneja, M., Mundadan, N. G., Garg, P., Mittal, A., ... Wig, N. (2021). Post COVID-19 sequelae: A prospective observational study from Northern India. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 15(5), 254–260. <https://doi.org/10.5582/DDT.2021.01093>
- Nalbandian, A., Sehgal, K., Gupta, A., Madhavan, M. v., McGroder, C., Stevens, J. S., ... Wan, E. Y. (2021). Post-acute COVID-19 syndrome. *Nature Medicine* 2021 27:4, 27(4), 601–615. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01283-z>
- Nonaka, C. K. V., Gräf, T., Barcia, C. A. de L., Costa, V. F., de Oliveira, J. L., Passos, R. da H., ... Souza, B. S. de F. (2021). SARS-CoV-2 variant of concern P.1 (Gamma) infection in young and middle-aged patients admitted to the intensive care units of a single hospital in Salvador, Northeast Brazil, February 2021. *International Journal of Infectious Diseases: IJID: Official Publication of the International Society for Infectious Diseases*, 111, 47–54. [https://doi.org/10.1016/J.IJID.2021.08.003](https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.08.003)
- Ochani, R. K., Kumar Ochani, R., Asad, A., Yasmin, F., Shaikh, S., Khalid, H., ... Karachi, P.; (2021). COVID-19 pandemic: from origins to outcomes. A comprehensive review of viral pathogenesis, clinical manifestations, diagnostic evaluation, and management. *Le Infezioni in Medicina*, n, 20, 20–36.
- Otani, M. A. P., Barros, N. F. de, Marin, M. J. S., & Pinto, A. A. M. (2018). Comunicação entre profissional de saúde e paciente: consultado por mulheres com câncer de mama. Comunicação entre profissional de saúde e paciente: percepções de mulheres com câncer de mama. *Revista Nursing*, 2272–2276. Retrieved from <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=691902&indexSearch=ID>
- Schlabit, C. J., Reis, C. A., & Oliveira, E. R. R. (2020). *A RIDE-DF DE ACORDO COM O PIB DE 2017 DOS MUNICÍPIOS*. Brasília.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Semeniuk, G. B. (2019). Medicina en la era del Whatsapp. *Medicina (Buenos Aires)*, Vol. 79, pp. 407–408. Buenos Aires. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802019000800012

Silva, E. L. e, Miranda, M. J. de, Bezerra, A. B., Matos, K. F. R., & Gurgel, H. da C. (2020). COVID-19 NA REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL E ENTORNO (RIDE): DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E MEDIDAS SANITÁRIAS DE CONTINGÊNCIA. *Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e Da Saúde*, 287–297. <https://doi.org/10.14393/HYGEIA0054621>

Weber, L. A. F., Lima, M. A. D. da S., & Acosta, A. M. (2019). Quality of care transition and its association with hospital readmission. *Aquichan*, 19(4). <https://doi.org/10.5294/AQUI.2019.19.4.5>

WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard With Vaccination Data.

(n.d.). Retrieved July 22, 2022, from <https://covid19.who.int/>

7. FINANCIAMENTO

Pesquisa desenvolvida com incentivo da Bolsa de Iniciação Científica, edital 2020/2021 do Programa de Iniciação Científica (Proic) da Universidade de Brasília (UnB).

Dependencia Emocional y Bienestar Psicológico en las
Relaciones de Pareja



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D.36. Salud Humana

Dependencia Emocional y Bienestar Psicológico en las Relaciones de Pareja

Autora: Sara Alejandra Sánchez Núñez; e. Mail: saramy066@gmail.com

Coautora: Noelia Inés Ruiz Condori; e. Mail; noelia_rc@gmail.com

Profesora guía: Reyes Ortega Aleyda Rosa Reina; reyes.aleyda@usfx.bo

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca

Resumen

La investigación trabajó con dos variables: dependencia emocional, considerada como un mal desarrollo de apego durante la infancia, que causa inestabilidad emocional y la segunda, el Bienestar Psicológico que es un constructo que favorece en el pensar y actuar positivamente en la vida del individuo.

Para el efecto, se indagó en la prevalencia de conductas de dependencia emocional que afectan en el bienestar psicológico, durante las relaciones de pareja en adolescentes de la Unidad Educativa "La Recoleta" de Sucre. Lo que permitió determinar el grado de relación entre las dos variables en los adolescentes que están en una etapa de búsqueda del tipo de relación que repercutirá en su vida adulta, considerando que entre más temprano sea la intervención profesional, mejorar será el bienestar psicológico, y/o salud emocional de la persona.

La metodología utilizada es descriptiva, de tipo cuantitativo, el instrumento sobre dependencia, toma en cuenta factores como: Miedo a la ruptura, intolerancia a la soledad, prioridad y necesidad de acceso de la pareja, subordinación y sumisión, deseos de exclusividad, control y dominio. Utilizando para el análisis de fiabilidad el estadístico alfa de Cronbach, el Inventario de Dependencia Emocional IDE y Escala de Bienestar Psicológico de Ryff. Demostrando las diferentes fases por la que atraviesa la persona en situación de dependencia emocional y las repercusiones en el desarrollo estable de su salud mental.

Palabras clave: Dependencia emocional, Bienestar psicológico, adolescentes, relaciones de pareja.



Introducción

Actualmente el colegio o el entorno social es altamente competitivo en cuanto las relaciones sociales y académicas, lo cual provoca al estudiante a enfrentarse a explotar sus capacidades y habilidades adquiridas, así mismo es una etapa donde toman interés por las relaciones en pareja, que se entiende como un deseo de vincularse afectivamente con otra persona fuera del ámbito familiar, relación que se espera que contribuya a la salud psicológica y física de ambas personas, para así lograr una relación madura y un crecimiento individual. Sin embargo, el complejo de inferioridad, la inseguridad, el miedo a la soledad, la angustia permanente frente a una ruptura, la idealización, la poca confianza en sí mismo, el desinterés en desarrollar las actividades académicas, vínculos inestables, la sobrevalorización del amor, y la pérdida de amor propio (Ramos, 2017), conlleva a que el estudiante base su bienestar personal únicamente en los sentimientos de su pareja, dando lugar evidentemente a una dependencia emocional (DE) que repercute con cambios graduales negativos en el bienestar psicológico (BP) (Orth, 2018, págs. 151- 166).

Las relaciones afectivas inadecuadas es uno de los problemas latentes en nuestra

sociedad sobre todo en adolescentes y jóvenes. Al respecto se menciona que: en ese contexto se genera una preocupación que radica en los adolescentes, pues es la etapa donde mayormente se inicia una búsqueda de pareja. Por ello indica (Gonzales Ortega, Echeburua, & Paz, 2008), que en esta edad es crucial y se debe procurar especial atención a la forma como se relacionan, pues marcará pautas de interacción en las relaciones futuras que pueden extenderse hacia su vida adulta.

Es relevante mencionar que se ha vuelto importante en los adolescentes en este tiempo el poder controlar esta dependencia y así tener un bienestar apropiado que los ayude a guiar sus vidas. Por tanto, para ello es necesario comprender que se entiende por ¿dependencia emocional?, para ello se parte de la definición de dependencia emocional. (Pérez, 2011). Indica que es una postura psicológica que muestra diversos rasgos: sensación de no poder vivir sin la otra persona, autoestima es baja o muy baja, ansiedad, idealizar al otro, miedo a la ruptura de la relación con la pareja, ser autosuficiente sin la otra persona, sentimientos de culpa, vacío o preocupación, papel que adoptas es el de sumisión, la pareja está por encima de todo y necesidad de aprobación. Para Congost, S. (2014). es una relación perjudicial desfavorable y peligro entre dos. Hay



ocasiones en que las personas pueden tener una relación de pareja por decisión o por necesidad, o el simple hecho de tener miedo a la soledad haciendo de su vida un ambiente hostil y de inseguridad emocional, rindiendo así pleitesía exagerada, muchas veces con tal de que uno se sienta superior a otro, ejerciendo así el poder del dominio sin respetar derechos y particularidades que cada uno lo convierte en un ser especial. Aiquipa (2012). Refiere, a un apetito extremo de nivel afectivo hacia la otra persona y a través de los diversos amoríos. Sánchez (2010). Menciona que se parece como las diversas actividades adictivas; esta hace que todo alrededor de la persona que la padece esté relacionado con su pareja, en tanto su buen equilibrio emocional estará en relación de la complacencia que le genere su pareja, estará en la búsqueda constante de siempre estar a su lado y se angustiara cuando no sabe la ubicación de la pareja. Los rompimientos amorosos los vivirán muy intensamente como un golpe irreparable, mantendrán la esperanza y buscarán indómitamente retomar la relación o también en ir en busca de una nueva relación.

Es menester mencionar que la dependencia emocional se caracteriza por el deseo fuerte y constante de una pareja hacia otra, un anhelo de tenerlo

cerca por qué piensa que le da seguridad., parafraseando a Castelló (2005) las divide en: El deseo constante e inquebrantable de tener y de saber de la otra persona. Que va a ser el requisito indispensable psicológico que la persona con dependencia emocional tiene hacia su pareja. Es el anhelo incesante de conversar con la pareja, realizándole llamada tras llamada repetitivas veces, envío de mensajes textuales al móvil, visitas inesperadas reiterativas en el centro estudiantil o en cualquier otro contexto, realizar actividades junto su pareja sea laboral o de distracción, es inhábil de realizar alguna tarea sin la ayuda de la pareja. Anhelo de exclusividad en la relación. En esta circunstancia la exclusividad se concibe que la persona con dependencia emocional por iniciativa propia se aleja de todo para enfocarse por completo a la relación y a su pareja, con el deseo que haga lo mismo. La exclusividad aparecerá también en las relaciones con otras personas significativas. Preferencia única de la pareja ante cualquier cosa o circunstancia. Es la característica más frecuente y visible por el ambiente social del dependiente emocional pensando que la otra persona es el eje y motivo de su vida, para él no hay otra cosa más trascendente y añadiéndose el mismo. Idealizar a la Pareja Aquí se le concede a la otra persona un mayor valor del que



tiene en realidad en todos los aspectos, aunque con el transcurrir del tiempo se tenga conocimiento en la relación se tenga de conocimiento de los defectos del otro.

El dependiente en una manera de retribución a su pareja por seguir con ella y para mantener tal vínculo opta por mantener una postura sumisa, esto causado por la falta de amor propio del dependiente, evidenciándose también en este contexto que la persona consiente que su pareja realice todo lo que se le plazca con el objetivo que no se sienta incomodo por ninguna circunstancia, brindándole toda índole de cuidados y para satisfacer todas sus necesidades y deseos, dado que es lo único y más importante.

Toda la trayectoria amorosa de la persona con dependencia emocional es una cadena de vínculos turbulentos, desagradables e inestables, casi desde el inicio de la etapa de la adolescencia o comienzo de la edad adulta. Por lo descrito se menciona la frase "La Dependencia Emocional se confunde fácil con el amor". (Torrez, 2018). El rompimiento es algo absolutamente indeseado para el dependiente; en consecuencia, si el objeto no la lleva a cabo se puede continuar la relación a pesar del notable deterioro que se producirá en la misma por el simple paso del tiempo.

Los factores de riesgos pueden llegar desde violencia psicológica, física, suicidios y/o asesinatos por amor. Así mismo (Siveret, Ovejero , & Cuetos, 2018), expresa en la parte clínica se ha encontrado que la dependencia emocional se asocia a los desafíos en la relación de pareja, incitando manifestaciones depresivas como mal genio, fastidio, irritación y desánimo, es decir esta problemática es un estado psicológico que se encuentra con alta frecuencia en individuos que sufren depresión. Por otro parte, Colin (2014) menciona que la dependencia emocional se da cuando el sujeto trata de usar a su pareja para llenar un padecimiento de vacío; no se visualiza estando solo. Esto es típico en el individuo que deja de tener metas propias ya que se concentra únicamente en la persona que agrada su atención.

La mayoría de los estudiantes adolescentes en esta etapa de su vida se ve confundida al dar prioridad a su relación y descuida su rendimiento académico, como así su salud, su familia y demás relaciones de su entorno además de perjudicar su autoestima, determinación, carácter, pensamientos y más. Hay que mencionar, además que Castello (2012) precisa al respecto como el deseo afectivo exagerado, que una persona siente por otra, en comparación con otras salidas de



pareja que haya tenido. Aquellos que padecen este trastorno, presentan uniones patológicas y desequilibradas, tienden a ser muy susceptibles, a no sobrellevar la soledad y adoptar un rol de subordinación en sus tratos de pareja, doblegándose y poniéndolas como el centro de su vida.

Por tanto, se puede decir; que conservar una emoción sana en pareja, creará bienestar para los adolescentes. Sin embargo, sin embargo, puede repetirse si no se encuentra un equilibrio emocional de bienestar, recayendo nuevamente en la dependencia ya que uno de ellos o ambos sienten que no pueden estar separados el uno del otro y de esta manera influir en su bienestar psicológico y académico como se aclaró al inicio.

Por lo dicho en la presente investigación, se intentó responder a la siguiente pregunta ¿Existe relación entre dependencia Emocional y Bienestar psicológico en las relaciones de pareja en estudiantes de la Unidad Técnico Humanística Franciscana “La Recoleta”?

Para dar respuesta a este interrogante se recurrió a los ítems y dimensiones que miden la **Dependencia Emocional** basadas en 7 categorías de Jesús Aiquipa (2012).

Miedo a la ruptura: En esta se resalta una de la pregunta la cual es: ¿Tengo que dar a mi pareja todo mi cariño para que me quiera? Al respecto, hay un temor que se experimenta ante la idea de disolución de la relación, adoptándose conductas para mantener la relación. Negación cuando se hace realidad una ruptura, ejerciendo continuos intentos para reanudar la relación.

El Miedo e Intolerancia a la soledad: en el que prevalece: si la pareja se ha convertido en una “ parte” de su propia vida. Habrá sentimientos desagradables experimentados ante la ausencia momentánea o definitiva de la pareja. Tendencia a retomar la relación o buscar otra lo más pronto posible para evitar la soledad.

La Prioridad de la pareja: que denota la tolerancia constante a algunas ofensas de su pareja para que la relación no termine. Hay tendencia a mantener en primer lugar de importancia a la pareja sobre cualquier otro aspecto o personas.

La Necesidad de acceso a la pareja: el descuido algunas de sus responsabilidades laborales y/o académicas para estar con su pareja, marcan otra categoría que es la necesidad de deseos de tener presente a la pareja en



todo momento, ya sea físicamente o mediante pensamientos.

El constante deseo de exclusividad: buscando ser el centro de atención en la vida de su pareja. Hay una tendencia a enfocarse en la pareja y aislarse paulatinamente del entorno, acompañada de deseo de reciprocidad.

Subordinación y sumisión: pretendiendo en lo posible gustar a su pareja lo más que pueda. La sobreestimación de las conductas, pensamientos, sentimientos e intereses de la pareja, acompaña sentimientos de inferioridad y desprecio hacia uno mismo.

Deseos de control y dominio: Siento fastidio cuando mi pareja disfruta de la vida sin mí. La búsqueda activa de atención y afecto para captar el control de la relación de pareja, a fin de asegurar su permanencia.

Hoy día el bienestar psicológico y calidad de vida son temas de mucha importancia, que no tratan sobre elementos patológicos, sino más bien de aspectos subjetivos del diario vivir. Han surgido diversas preguntas sobre cómo saber si una persona se siente bien, posee un bienestar psicológico óptimo y una percepción positiva sobre la calidad de vida; la percepción de cada uno de estos elementos dependerá de factores

como la edad, género, contexto y la etapa de desarrollo en el que se encuentra cada persona, una de las etapas que causa grandes cambios y demanda de la adaptación del ser humano. **El Bienestar Psicológico Según Ryff** . Esta autora entiende por bienestar psicológico, el resultado o producto de una evaluación valorativa por parte del ser humano con respecto a cómo ha vivido (Ryff, 1995), evidenciando de este modo, como ya lo hicieron varios autores que la percepción del sujeto es importante dentro del bienestar. Para una mayor comprensión de esta teoría Ryff ofrece una articulación de las teorías del desarrollo humano óptimo, el funcionamiento mental positivo y las teorías del ciclo vital. Con respecto a las dimensiones establecidas para el bienestar psicológico, pudo determinar, a través del análisis factorial en la población norteamericana, la existencia de dimensiones que según (Ryff, 1995), hacen referencia a factores tanto internos como externos del bienestar psicológico.

Para cada una de estas dimensiones Ryff, plantea escalas las mismas que se detallan como sigue:

Autoaceptación. Es uno de los factores que más determinan el bienestar. La Auto-Aceptación implica tener una actitud positiva hacia uno mismo, aceptarse tal



como se es y aceptar los sucesos en la vida continua la autora que la autoaceptación, como una percepción de sí mismo es básica para la salud mental y es una característica central de la autorrealización, y de la personalidad. Expresa, además, que las personas que tienen una alta puntuación, suelen tener una actitud positiva sobre sí mismos, reconoce y acepta tanto lo positivo como lo negativo, teniendo una visión y sentimientos positivos hacia lo vivido. En cambio, las personas con una baja puntuación tienden a tener sentimientos de insatisfacción, mostrando decepción con lo ocurrido en su vida, deseando ser y hacer algo diferente.

Relaciones positivas con los demás. En cuanto a esta dimensión Carol Ryff en el mismo año, define a las relaciones positivas como la calidez y la confianza en las relaciones con los demás, mostrando que las mismas son importantes, suponen también una demostración de madurez de la personalidad. Las personas con una alta puntuación tienen capacidad de auto realización demuestran empatía y tienen firmes sentimientos de afecto hacia otras personas, siendo capaces de dar más afecto y de tener profundas relaciones de amistad, comprende el dar y tomar. Por otro lado, las personas con bajas puntuaciones tienen pocas relaciones

afectivas con otros, se les dificulta el ser cálidos, abiertos, tendiendo a no preocuparse por los demás, suelen sentirse aislados y frustrados en sus relaciones interpersonales.

Otra dimensión determina que la autonomía que las personas tienen para tomar decisiones por sí mismos. Este factor se refiere al bienestar aportado por la autodeterminación, la independencia y la conducta regulada a partir de los criterios propios afectando a la conducta internamente, Las personas con alta autonomía no se dejan llevar por los miedos y creencias de las masas, diferencian bien el criterio propio haciéndolo valedero, y consiguen tener un sentido de libertad en sus comportamientos; por otro lado quienes obtienen bajas puntuaciones confían en el juicio de los otros más que en el de ellos mismos para tomar decisiones importantes, además de sentirse que podrían afectar de manera negativa sus propias decisiones.

Dominio del entorno. Resaltando a la autora a la teoría multidimensional definida como la habilidad para desenvolverse en cualquier tipo de entorno. Aquellos sujetos con alta puntuación tienen un sentido dominio y control en el entorno, haciendo un uso efectivo de las oportunidades del



contexto haciéndose así un entorno favorable para la satisfacción las propias necesidades psicológicas; por otra parte, quienes tienen baja puntuación muestran dificultades en el manejo de situaciones diarias, sintiéndose incapaces de crear contextos favorables en el entorno percibiendo así, momentos incontrolables.

Propósito en la vida. Que parafraseando a la autora definido esta dimensión como la capacidad de plantearse metas vivenciales, dándole un sentido a la vida, pues para disfrutar de un bienestar duradero las personas necesitan marcarse metas en la vida. es el porqué de nuestra existencia, el que da sentido a lo que hacemos y el que se convierte en una brújula moral y motivacional de nuestras acciones, decisiones y sacrificios. Una alta puntuación en esta dimensión muestra que la persona tiene sentido de dirección, tiene un sentido de vida y metas definidas que alcanzar; una baja puntuación muestra que tiene falta de sentido de vida, tienen pocas metas y objetivos, denotando así una filosofía unificadora de vida.

Crecimiento personal, está la última dimensión, que de acuerdo a Carol Ryff la determina como la habilidad para incrementar las fortalezas, aprovechando las herramientas y características de cada uno, de tal forma que podemos ir creciendo

como personas. Quienes tienen altas puntuaciones tienen un sentimiento de desarrollo continuo y de mejora al pasar de los años, son abiertos a nuevas experiencias y sienten que su potencial está siendo desarrollado; las personas que presentan bajas puntuaciones, que presentan un sentimiento de crecimiento lento o detenido, incapaces de desarrollar nuevas actitudes o conductas.

OBJETIVOS

Como **Objetivo General** tenemos :
Determinar la prevalencia de conductas de dependencia emocional que afectan en el bienestar psicológico, durante las relaciones de pareja en adolescentes de la Unidad Técnico Humanística Franciscana “La Recoleta” de la ciudad de Sucre-Bolivia.

En los **Objetivos Específicos** planteamos los siguientes:

- 1) Identificar las manifestaciones de dependencia emocional más frecuentes en función del sexo y la edad.
- 2) Explorar el Bienestar Psicológico en los adolescentes en función del sexo y la edad.
- 3) Examinar si existen diferencias significativas en el Bienestar Psicológico en función del grado de dependencia emocional ejercido en el noviazgo.



MATERIALES Y MÉTODO

El universo poblacional de la investigación estuvo comprendido por 40 adolescentes varones y mujeres, de 5º "B" de secundaria de la Unidad Técnico Humanística Franciscana "La Recoleta" de la ciudad de Sucre. utilizándose para el efecto el muestro por conveniencia, según John W. Creswell, (2008), lo define como: un procedimiento, de muestreo cuantitativo en el que el investigador selecciona a los participantes, que están dispuestos y disponibles en esta investigación. Para determinar la población muestral se utilizaron criterios de inclusión, los cuales se tomaron en cuenta la edad de 16 a 18 años, en hombres y mujeres estudiantes adolescentes inscritos en la gestión, siendo voluntarios para la investigación y de exclusión los cuales serían que no cuenten con medios de redes sociales, que no se encontrarse en una relación, estudiantes que no sean regulares de la presente gestión, y estudiantes adolescentes no son voluntarios para la investigación, es así que de acuerdo a estos criterios se tuvo para el efecto a 16 unidades muestrales.

Si bien los instrumentos utilizados fueron creados en años anteriores aún se aplica en muchas investigaciones y ha habido algunas adaptaciones más actuales , sin mucho cambio pues el instrumento como

tal se encuentran completos para sus metas, siendo de mucha relevancia los instrumentos que posibilitaron el recojo de información fue **el Inventario De Dependencia Emocional construido por Jesús Aiquipa**, el cual tiene 7 factores: el Miedo a la ruptura, Miedo e intolerancia a la soledad, Prioridad de la pareja, Necesidad de acceso a la pareja, Deseos de exclusividad, Subordinación y sumisión, Deseos de control y dominio. El autor utilizó para el análisis de fiabilidad el estadístico alfa de Cronbach, dando como resultados valores superiores al 0,77 y 0,89, lo cual nos indica que es un instrumento fiable para su utilización en su aplicación a poblaciones con fines de estudios psicológicos. Asimismo, respecto a los niveles de la escala, se consideró lo propuesto por el autor de la prueba, Normal=0-70; Significativo= 31-50; Moderado= 51- 70; Alto=71-99.

La Escala De Bienestar Psicológico De Ryff (1989) el cual la versión española está adaptada en 2006: La escala ha sido validada para el uso en el medio nacional al nivel universitario; se adaptó mediante traducción del idioma original cuidando la semántica (2006). En su proceso de adaptación se realizó un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) donde se halló un factor, el cual agrupa seis subescalas dentro de su composición, las cuales



explican el 64.1% de la varianza total. El número de reactivos o ítems que componen el instrumento es de 39, manteniendo un formato de respuesta de tipo Likert, teniendo en consideración 32 tipos de respuestas: (1) Totalmente en desacuerdo al (6) Totalmente de acuerdo. El análisis de ítem-test determinó una relación superior a .50 lo que determina el grado de relación con el constructo. Por otro lado, el análisis de confiabilidad del instrumento se desarrolló mediante el estadístico de Alfa de Cronbach, el cual mostró un coeficiente de .89 para la prueba general. Dentro de las subescalas se obtuvieron los siguientes coeficientes: Autonomía (.79); Relaciones positivas con otros (.80); Dominio del ambiente (.80); Crecimiento personal (.78); Sentido de vida (.82); y, Autoaceptación (.87). Sobre la baremación de los puntajes, el estudio de Tello (2018) mantuvo los siguientes intervalos: Nivel bajo de 1 al 149; nivel moderado del 150 al 201; nivel alto 202 al 234.

En el procedimiento, Se solicitó de manera directa y de acuerdo al tipo muestral la participación voluntaria de los estudiantes que se encontraban en el aula para la recolección de datos en el colegio franciscano "La Recoleta" para que contestaran de manera anónima una batería de cuestionarios, previa

información del propósito de la investigación y garantía de usar la información solamente con fines científicos. Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico spss, versión 25, y pruebas paramétricas descriptivas.

Como primer paso para saber los resultados de nuestra muestras se procedió a utilizar la prueba de normalidad de las variables de dependencia emocional y bienestar psicológico donde se recurrió a uso de Shapiro-Wilk esto debido porque el número de nuestra población llega a ser menor a 50, en la prueba de normalidad nos indicara para saber si una prueba llega a ser paramétrica o no paramétrica; en nuestro estudio el nivel de significancia llega a ser mayor a 0,05 aceptando así la hipótesis nula donde nos indica que existe una distribución normal.

Ya teniendo claro que es una prueba paramétrica, procedimos a ver si hay una correlación o no de nuestras dos variables, para esto se procedió a utilizar la Correlación de Pearson, El coeficiente de correlación de Pearson según (Hernández, 2014), es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas de un nivel por intervalos, entre las dos variables, que nos da como resultado una correlación del tipo inversa entre las dos variables, rechazando así la

hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna del investigador.

Luego se obtuvo los niveles de las dos variables del estudio teniendo así los porcentajes en cada nivel, las cuales, esto utilizando los estadísticos descriptivos de frecuencia por último se buscó la relación de la dependencia emocional en función al sexo y edad de las muestras, de igual manera en bienestar psicológico en función al sexo y edad para así cumplir con todos los objetivos del estudio.

RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos se corrobora que a través de los niveles de dependencia emocional y bienestar psicológico podemos observar una relación relevante, que pueda influir de manera inversa entre ellas, sin embargo, no interfiere ni hay una importancia muy significativa entre sexo y edad.

Tabla 1
Prueba de Normalidad de las
Variables Dependencia Emocional
y Bienestar Psicológico

Pruebas De Normalidad			
	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Bienestar Psicológico	,898	16	,074
Dependencia Emocional	,911	16	,121

Elaboración propia 2022

Como podemos observar en la tabla N°1 para la prueba de normalidad se utilizó Shapiro-Wilk debido al número de la muestra que es menor a 50. En su nivel de significancia nos da que es Paramétrico ya que cumple ser mayor que 0,05.

Tabla 2

Correlación entre Dependencia Emocional y Bienestar Psicológico

Correlación			
		Bienestar Psicológico	Dependencia Emocional
Bienestar Psicológico	Correlación De Pearson	1	-,074
	Sig. (Bilateral)		,785
	N	16	16
	Correlation De Pearson	-,074	1
Dependencia Emocional	Sig. (Bilateral)	,785	
	N	16	16

Elaboración propia 2022

La tabla n°2 muestra el nivel de correlación entre las dos variables llega ser significativa y de tipo inversa, con esto queremos decir que si una de las variables aumenta la otra por su correlación inversa llega a disminuir. Para el efecto se usó la prueba de correlación de Pearson ya que los resultados llegan a ser del tipo paramétrico.

Tabla 3

Descripción de los Niveles de Dependencia Emocional

Dependencia Emocional			
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Bajo O Normal	6	37,5
	Significativo	2	12,5
	Moderado	3	18,8
	Alto	5	31,3
	Total	16	100,0

Elaboración propia 2022

De acuerdo a la tabla se puede observar que el 37,5% de la muestra indican tener dependencia emocional a un nivel bajo o normal, seguido del 31,3% que indica tener dependencia emocional a un nivel Alto esto se ve expresado por una búsqueda de afecto excedido, tendencia a la sumisión más inseguridad en la persona que lo tiene. El 18.8% se muestran en un nivel moderado y el 12,5% en un nivel significativo donde si bien aún no están del todo con un trastorno dependen diente la probabilidad de que lo desarrollen es seguro si no se realiza una intervención temprana.

Tabla 4

Descripción de los Niveles de Bienestar Psicológico en los Estudiantes

		Bienestar Psicológico	
		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Elevado	1	6,3
	Alto	7	43,8
	Bajo	8	50,0
	Total	16	100,0

Elaboración propia 2022

La tabla muestra que el 50% de la muestra indican un nivel de bienestar psicológico bajo mostrando ser incapaces de afrontar sus problemas, sino que lo hacen de manera pasiva y evitativo, a comparación de los niveles alto y elevado de nuestra muestra si son capaces de mostrar autonomía, establecer relaciones positivas y con un nivel de autoestima elevado.

Tabla 5

Descripción de los Niveles de Dependencia en Función al Sexo

		Dependencia Emocional					
		Bajo O Normal	Significativo	Moderato	Alto	Total	
Sexo	Hombre	Recuento	1	2	2	2	7
		% Del Total	6,3%	12,5%	12,5%	12,5%	43,8%
	Mujer	Recuento	5	1	1	3	9
		% Del Total	31,3%	0,0%	6,3%	18,8%	56,3%
Total		Recuento	6	2	3	5	16
		% Del Total	37,5%	12,5%	18,8%	31,3%	100,0%

Elaboración propia 2022

Estos datos presentan que el 12,5% de los hombres se encuentra en los niveles de significativo, moderado y alto, y 6,3 por ciento restante se encuentran en el nivel bajo normal en la variable de dependencia emocional. en mujeres el 31,3% se encuentran en el nivel bajo o normal en dependencia emocional, el 18,8% de las mismas se encuentran en un nivel alto y el 6,3% se encuentran en un nivel moderado.

Tabla 6

Descripción de los Niveles de Bienestar Psicológico en Función al Sexo

			Bienestar Psicológico			
			Bajo	Alto	Elevado	Total
Sexo	Hombre	Recuento	1	4	3	7
		% Del Total	0,0%	25,0%	18,8%	43,8%
	Mujer	Recuento	1	3	5	9
		% Del Total	6,3%	18,8%	31,3%	56,3%
Total		Recuento	1	7	8	16
		% Del Total	6,3%	43,8%	50,0%	100,0%

Elaboración propia 2022

En relación al bienestar psicológico en función al sexo, en hombres el 25% se encuentran en un nivel Alto, el 18,8% están en un nivel bajo y sin presencia en el nivel elevado. En mujeres respecto al bienestar psicológico el 31,3% se encuentran en un nivel bajo, el 18,8% se encuentra en un nivel alto y el 6,3% se encuentra en un nivel elevado. En la muestra las mujeres presentan un mayor porcentaje de un bienestar bajo.

Tabla 7

Descripción de la Variable Dependencia Emocional En Función a la Edad

			Dependencia Emocional				
			Bajo O Normal	Significativo	Moderado	Alto	Total
Edad	16	Recuento	3	1	1	2	7
		% Del Total	18,8%	6,3%	6,3%	12,5%	43,8%
	17	Recuento	3	1	2	3	9
		% Del Total	18,8%	6,3%	12,5%	18,8%	56,3%
Total		Recuento	6	2	3	5	16
		% Del Total	37,5%	12,5%	18,8%	31,3%	100,0%

Elaboración propia 2022

Pudimos observar que en la variable dependencia emocional en función a la edad la población de 16 años el 18,8% se encuentra en un nivel bajo o normal, el 12,5% se encuentra en un nivel alto y el 6,3% se encuentran en un nivel significativo y moderado. en la edad de 17 años el 18,8% se encuentran en los niveles bajo o normal y alto, el 12,5% se encuentra en un nivel moderado y 6,3% en un nivel significativo

		Bienestar Psicológico			Total	
		Bajo	Alto	Elevado		
Edad	16	Recuento	1	3	4	7
		% Del Total	0,0%	18,8%	25,0%	43,8%
	17	Recuento	1	4	4	9
		% Del Total	6,3%	25,0%	25,0%	56,3%
Total		Recuento	1	7	8	16
		% Del Total	6,3%	43,8%	50,0%	100,0%

Elaboración propia 2022

En relación a la variable de bienestar psicológico en función a la edad la población de 16 años, el 25% se encuentra en un nivel elevado, el 18,8% se encuentra en un nivel alto. en la edad de 17 años el 25% se encuentran en los niveles alto y elevado y el 6,3% se encuentra en un nivel bajo.

DISCUSIÓN

De acuerdo al tema planteado, en el presente estudio se afirma la prevalencia de conductas de dependencia emocional que afectan en el bienestar psicológico, durante las relaciones de pareja en adolescentes de la Unidad Técnico Humanística Franciscana “La Recoleta” de la ciudad de Sucre-Bolivia. De lo cual se puede afirmar, en base a la evidencia científica, que existe relación inversa alta y estadísticamente significativa ($r=-,074$, $p=$

,785) entre las variables de estudio. Estos resultados coinciden con lo hallado por Latorre (2017), quien, en su estudio sobre el bienestar psicológico y la codependencia de parejas jóvenes, demostró la relación inversa entre dichas variables ($r= -,074$). Se puede intuir que quienes poseen mejor bienestar psicológico conllevan relaciones equilibradas en lo afectivo. Contrariamente, los sujetos que tienen menos índices de bienestar, serán más propensos a mostrar patrones de dependencia en su relación de pareja. Así mismo, Alarcón (2018), en su investigación sobre la dependencia emocional de parejas y su vínculo con el bienestar psicológico, pudo determinar que la relación inversa perdura ($r=-,074$, $p= ,785$), lo que corrobora que la dependencia emocional como factor negativo en una relación perjudica la disposición de bienestar psicológico.

Esto concuerda con Castello (2005), quien menciona que las personas que menos presenten la necesidad afectiva hacia su pareja, es probable que el sujeto realice una percepción subjetiva positiva de su propia vida, como resultado de su autoevaluación de manera global y cognitiva.

El identificar la dependencia emocional en función al sexo y edad, Con respecto al sexo, se ha señalado que biológicamente



las mujeres tienen mayor disposición a la empatía, la compasión y al contacto social que los hombres, lo cual es indicativo de una mayor tendencia a la vinculación afectiva (Christov-Moore et al., 2014; Luo et al., 2015; Watson et al., 1988), en nuestros resultados los porcentajes dentro del nivel alto se muestra que las mujeres si llegan a ser más proclives a tener dependencia emocional en comparación que los hombres, en función a la edad existe un mayor porcentaje de dependencia en los adolescentes de 17 años, según el DSM-5 la dependencia emocional es un patrón permanente de experiencia interna y de comportamiento que se aparta acusadamente de las expectativas de la cultura del sujeto; se trata de un fenómeno generalizado y poco flexible, estable en el tiempo, que tiene su inicio en la adolescencia o en la edad adulta temprana y que da lugar a un malestar o deterioro; vemos entonces que la dependencia emocional si llega a empeorar a medida del tiempo por lo cual realizar intervención tempranas sería lo más recomendable

El explorar el Bienestar Psicológico en los adolescentes en función del sexo y la edad, a una dependencia emocional (DE) que repercute con cambios graduales negativos en el bienestar psicológico (BP) (Orth, Erol, Ledermann, & Grob, 2018),

como podemos ver en nuestros resultados como la dependencia emocional presenciada en los adolescentes si llega a afectar de manera demostrativa en el bienestar psicológico, y en función a la edad no hay una relevancia significativa, por lo que es menester no tomar en cuenta el sexo y edad, y virar la mirada al nivel de dependencia emocional por la que atraviesan los adolescentes en función de brindar una atención primaria para evitar problemas en su bienestar psicológico.

En relación a la existencia de diferencias significativas en el Bienestar Psicológico en función del grado de dependencia emocional, de acuerdo a los resultados obtenidos que se tiene el nivel de correlación significativa inversa entre las dos variables nos indicaría que, si existe diferencias significativas, Alarcón (2018), en su investigación sobre la dependencia emocional de parejas y su vínculo con el bienestar psicológico, pudo determinar a la dependencia emocional como factor negativo en una relación perjudica la disposición de bienestar integral, de igual manera Castello (2005) menciona que las personas que menos presenten la necesidad afectiva hacia su pareja, es probable que el sujeto realice una percepción subjetiva positiva de su propia vida, como resultado de su autoevaluación de manera global y cognitiva.



Por lo cual se puede decir que si, a mayor dependencia emocional se tendría un bajo nivel de bienestar psicológico. En relación a los autores y al estudio

CONCLUSIONES

El análisis estadístico permite afirmar que existe relación inversamente significativa entre dependencia emocional y bienestar psicológico en estudiantes de la Unidad Educativa Franciscana “La Recoleta”.

El análisis de datos permitió encontrar que los estudiantes de la Unidad Educativa Franciscana “La Recoleta” presentan que en los niveles alto, moderado y significativo si tienen dependencia emocional.

No se encontró una relevancia altamente significativa en relación al sexo o edad, aun así, se presencia la diferencia que se tiene en función a sexo y edad de los estudiantes para el desarrollo emocional que trae la dependencia emocional y el bienestar psicológico.

Se concluye en la investigación, que el resultado de relación en ambas variables es inversamente significativo, ya que se demuestra que cuando un sujeto posee un buen bienestar psicológico, será menor la probabilidad que manifieste dependencia emocional.

Quedando como opinión del autor del trabajo que no siempre será el caso, porque decir que todos tendremos un buen bienestar psicológico siempre, no se da, en especial si vives en un ambiente tan agitado y por lo mismo que a veces surgen cosas inesperadas a lo largo de nuestros días y de esta forma propensos adquirir algún tipo de dependencia emocional, ya sea a una persona, objeto o rutina. Por simple que parezca.

BIBLIOGRAFÍA

Aiquipa Tello, J. (2012). *Inventario de Independencia Emocional*. Lima-Peru: Universidad Mayor de San Marcos.

Aiquipa, J. (2012). Diseño y validación del inventario de dependencia emocional – IDE. *Revista IIPSI Facultad de Psicología UNMSM*, 133-145.

Alarcón, A. (2018). *Dependencia emocional y bienestar psicológico en adolescentes*. Lima- Perú: Universidad Cesar Vallejo.



- Castelló, B. (2012). *La superación de la dependencia emocional*. Obtenido de La Casa del Libro: <https://www.casadellibro.com/libro-la-superacion-de-la-dependencia-emocional/9788415306801/1984797>
- Castelló, B. J. (2005). *Dependencia emocional: Características y tratamiento*. Madrid- España: Alianza Editorial.
- Colin, H. (2014). *Amor... ¡Ya no te tengo miedo!* República Dominicana: Gandhi. .
- Congost, S. (2014). *Manual de dependencia emocional afectiva*. Obtenido de <https://psicolebon.wordpress.com/2014/02/10/manual-de-dependencia-emocional-afectiva-pdf/>
- Creswell, J. (2008). *Educational Research*. N.J. Pearson.
- Diener, E. (2000). *Tripología de Bienestar Psicológico*. Nueva York: 103-157.
- Gonzales Ortega, I., Echeburua, E., & Paz, C. (2008). VARIABLES SIGNIFICATIVAS EN LAS RELACIONES VIOLENTAS. *Psicología Conductual*, 207-225.
- Hernandez Sampiere, R., Fernandez Collado, C., & Baptista, M. (2014). *metodologia de la Invbetigacion*. Buenos Aires: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Latorre, G. (2017). Bienestar psicológico en parejas y codependencia en la etapa de la juventud. *PUCE ISSN*, 2528-8156.
- Orth, U. E. (2018). Codevelopment of well-being and self-esteem in romantic partners: disentangling the effects of mutual . *Developmental Psychology*, 151- 166.
- Pérez, K. (2011). *Efectos de la dependencia emocional en la autoestima de mujeres de veinte y cinco a cincuenta y cinco años de edad que tienen una relación de pareja*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/472/1/T-UCE-0007-1.pdf>
- Ramos, M. (2017). *Dependencia emocional y actitudes frente a la violencia*. Lima- Perú: Universidad Cesar vallejo.



Ryff, C. (1995). *The structure of psychological well-being revisited*. New York: Journal of Personality and Social Psychology.

Sánchez, G. (2010). *La dependencia emocional: Causas, trastornos, tratamiento*. Obtenido de <https://escuelatranspersonal.com/wp-content/uploads/2013/12/dependencia-emocional-gemma.pdf>

Siveret, C., Ovejero, A., & Cuetos, G. (2018). Dependencia emocional en las relaciones de pareja como Síndrome de Artemisa: modelo explicativo. *Scielo*, 156-166.

Torrez, R. (2018). *"El amor, así de simple, así de complicado"*. Paraguay: Penguin Random House Grupo Editorial.

Veenhoven, R. (1991). *"Somos Realmente Felices"* *Bienestar Psicológico*. 1-34.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres "Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido nuestros mejores guías de vida. Les dedicamos a ustedes este logro amado padres, como una meta más conquistada. Orgullosas de haberlos elegido como nuestros padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

A la universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca "Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, les debemos nuestros conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaremos con nosotras en nuestro transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germinó en nuestras almas y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia."

Efectos de la Riso terapia en estudiantes de la
Facultad de Tecnología para la reducción de estrés



D.36. Salud Humana

Efectos de la Riso terapia en estudiantes de la Facultad de Tecnología para la reducción de estrés

Autor: Duran Calderon, Ezequiel Joel; lic.ezequiel.jdc@gmail.com

Co-autor: Gutiérrez Rosas, Iveth; gutierreziveth188@gmail.com

Profesora guía: Reyes Ortega, Aleyda Rosa Reina; reyes.aleyda@usfx.bo

Universidad Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca

Resumen

La Riso terapia, aporta una reducción positiva del estrés dentro la actividad académica, puesto que acorta los pensamientos negativos, desinhibe, aleja la timidez, elimina el miedo. Numerosos estudios aseguran que disminuye la depresión, la ansiedad y el estrés, aumenta la autoestima, libera endorfinas y combate el dolor, produce bienestar, libera adrenalina, dopamina y serotonina, aumenta las proteínas que combaten las infecciones gamma y fortalece el sistema inmunitario.

Es una técnica alternativa con diversos beneficios en el organismo y sin efectos adversos, que contribuyen a la salud humana. El objetivo de la investigación piloto fue analizar si los efectos de la risoterapia ayudan a controlar el estrés académico, en estudiantes de la Facultad de Tecnología.

El enfoque utilizado, es cuantitativo de tipo analítico/descriptivo. El diseño del estudio es cuasi experimental pre y pos test, ya que partió de una medición inicial del nivel de estrés, procediéndose luego a la aplicación del programa de Risoterapia, lo que posibilitó identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas, demostrando la efectividad del programa en la reducción del estrés en la población de estudio.

La presencia del estrés se vio reducida comparada con los antecedentes obtenidos de diversas fuentes bibliográficas, en los estudiantes de dicha facultad, donde la Risoterapia redujo el estrés académico, evitando el aumento en índices de depresión, ansiedad y baja autoestima, que a su vez puede ser correlacionado con bajo rendimiento académico.

Palabras clave: Riso terapia, Estrés académico, Depresión



Introducción

El estrés altera el sistema de respuesta del individuo a nivel cognitivo, motor y fisiológico, el cuerpo y la mente se van agotando y comienzan a disminuir su rendimiento, la alteración en estos tres niveles de respuesta influye de forma negativa en el rendimiento académico debido a los siguientes factores: psicológico (inquietud o hiperactividad, tristeza o desgano, ansiedad constante, dificultades para concentrarse, dificultades para pensar, problemas en la memoria, angustia), fisiológicos (dolencias, fatiga, dolor de cabeza o jaqueca, bruxismo o tensión de mandíbula, aumento o disminución del apetito, insomnio; considerando además, quienes padecen de esta patología son tres veces más propensos a sufrir un infarto agudo de miocardio (Nuñez, 2014).

Las características antes descritas, son provocadas por las exigencias externas, es decir, los que se van presentando en el entorno dentro de las cuales destacan: tener que entregar trabajos, rendir pruebas y exámenes en un tiempo acotado, realizar trabajos en grupo, exponer frente al curso, tiempo limitado para las obligaciones académicas.

Por observación directa se pudo evidenciar que los estudiantes de la facultad de tecnología son los que presentan las características antes descritas que están dentro del perfil de una persona que sufre estrés, además de que las tipologías que la Facultad posee permiten ver dicha aseveración.

Ante esta realidad, se propone una terapia considerada alternativa por la Psicología Actual, llamada Risoterapia, que consiste en: “utilizar la risa como método terapéutico, además de ser un tratamiento de bajo costo y sin efectos secundarios, que aporta beneficios tanto en la salud como en las situaciones de enfermedad, siendo un instrumento de cuidados barato y sin efectos secundarios”. (Ruiz, M. Carmen. Rojo Carmen. Ferrer, M. Ángeles y otros, 2005)

La bibliografía existente muestra los múltiples beneficios de la Risoterapia en todas las esferas de la salud, físico, psíquico y social.

Algunos trabajos relacionados con el tema reflejan soluciones para problemas parecidos al de la investigación descritos en un informe de internado por un estudiante de la carrera de Psicología que fue realizado por (Kheder Oropeza, F. F.,



2013.) propone que la aplicación de Risoterapia es una terapia de bajo coste y sin efectos secundarios” que coincide con el total de los autores y bibliografía citada.

A partir de ese trabajo se pretende dar solución, a un índice aceptable de la muestra, pues si bien se garantiza un resultado favorable, el problema no se erradicará totalmente, pues es un complemento y no un sustituto de los tratamientos convencionales, pero a la larga los efectos son alentadores.

Objetivos

La investigación tiene por objetivo general analizar los efectos de la risoterapia que ayudan a controlar el estrés académico, en estudiantes de la Facultad de Tecnología. Para el logro de lo planteado se buscó en estudiantes de la Facultad de Tecnología.

- Medir los niveles de estrés de los estudiantes de la facultad previos y posteriores a la aplicación del programa.
- Aplicar un programa de risoterapia, para reducir el nivel de estrés.
- Organizar los periodos temporales para la aplicación de la terapia.
- Determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los

niveles de estrés pre y post aplicación del programa de riso terapia.

Materiales y métodos

Inventario de estrés académico SISCO de Arturo Barraza Macías. Para su validez: se recolectó evidencia basada en la estructura interna a través de tres procedimientos: análisis factorial, análisis de consistencia interna y análisis de grupos contrastados.

Los resultados confirman la constitución tridimensional del Inventario SISCO del Estrés Académico a través de la estructura factorial obtenida en el análisis correspondiente, lo cual coincide con el modelo conceptual elaborado para el estudio del estrés académico desde una perspectiva sistémico-cognoscitivista. (Barraza, 2006)

Para su aplicación, se indicó la manera de llenado para los 31 ítems. El primero de los ítems, permitió determinar si el encuestado es candidato a contestar o no el inventario. Los siguientes ítems con categoría de respuesta de cinco valores tipo Likert, divididos en 5 áreas: situaciones estresantes; reacciones físicas; reacciones psicológicas; comportamentales; estrategias para afrontar la preocupación y el nerviosismo. Las cuales optimizan la



detección de los factores estresantes hasta finalizar el llenado del instrumento que se realizó de manera individual.

El diseño del estudio es de tipo cuasi experimental pre y pos test es un plan de trabajo con el que se pretende estudiar el impacto de los tratamientos y/o los procesos de cambio en situaciones donde los sujetos o unidades de observación no han sido asignados de acuerdo con un criterio aleatorio (Arnau, 1995).

Debido a que se partió de una medición inicial de los niveles de estrés, procediendo luego a la aplicación del programa de Risoterapia y a su conclusión se volvió a medir la variable estrés con la finalidad de identificar la presencia o no de diferencias estadísticamente significativas.

El enfoque mixto puede ser comprendido como un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio” (Tashakkori y Teddlie, 2003, citado en Barrantes, 2014)

En el estudio se trabajó siguiendo el enfoque de la investigación mixta cuantitativo cualitativo.

El enfoque cuantitativo de investigación se caracteriza por privilegiar la lógica empírico-deductiva, a partir de

procedimientos rigurosos, métodos experimentales y el uso de técnicas de recolección de datos estadísticos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010)

Fue cuantitativo según el inventario de estrés académico mediante la cual se asignan valores numéricos a las declaraciones u observaciones, con el propósito de estudiar con métodos estadísticos posibles relaciones entre las variables.

El enfoque cualitativo de investigación se enmarca en el paradigma científico naturalista, el cual, como señala, también es denominado naturalista-humanista o interpretativo, y cuyo interés se centra en el estudio de los significados de las acciones humanas y de la vida social. (Barrantes, 2014)

Es cualitativo, debido a que en esta se usó la observación y la entrevista para una mejor recolección de datos.

Para el logro de los objetivos se utilizaron técnicas cuantitativas como la utilización del Inventario SISCO de estrés académico, previo y posterior a la aplicación del programa de risoterapia para la reducción del estrés, con un conjunto de dinámicas aplicadas de manera sistemática a lo largo de ciertos períodos temporales.



La entrevista es una técnica en la investigación cualitativa: “se define como “una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos” (Laura Díaz, 2009)

Mediante esta técnica desarrollada de manera grupal y semiestructurada se logró identificar aspectos estresantes, como la temporada de exámenes, exigencias académicas, problemas familiares, cambios en los ritmos del sueño, insomnio, competencia académica entre compañeros, la falta de empatía entre los docentes y estudiantes, exigencias académicas, problemas familiares que se mantenían como indicadores de estrés en los participantes.

El método observacional es aquella estrategia que sigue el método científico con el objetivo de poder observar y estudiar las conductas de las personas de una manera no reactiva, es decir, en un contexto natural donde los sujetos evaluados se comporten de manera espontánea y en donde el evaluado no intervenga ni modifique ningún aspecto contextual. (Mario Arrimada 2010)

Manteniendo una guía de observación no participante se pudo observar indicadores como el cansancio y fatiga, estados de ánimo deprimidos, mordedura en uñas ansiedad, impaciencia, angustia, falta de concentración, baja capacidad de sociabilización. Además de observar indicadores depresivos en los participantes.

El ámbito donde se desarrolló la investigación fue la facultad de Tecnología que reúne a las carreras de Ingenierías químicas, físicas e informáticas. La población con la que se trabajó fueron los estudiantes de cualquier año que estudiaran en dicha facultad, con asistencia regular. Tanto las variables como las categorías de edad, sexo, estado civil, se las escogió de manera aleatoria permitiendo un equilibrado beneficio a los participantes.

La facultad de Tecnología se conoce por contener a las carreras del área ingeniera, estas tienen una mayor exigencia debido a que así lo requieren las ciencias exactas, dado que no logres la eficiencia en el aula genera frustración en el estudiantado. Además, la convivencia que existe entre docentes y estudiantes, tanto como con el mismo alumnado son indicadores de estrés

que motivan al grupo a poder realizar esta investigación.

El trabajo de investigación pretendió brindar una mejora significativa en la calidad de vida de los estudiantes de la Facultad de Tecnología, que eliminó bloqueos emocionales, físicos, mentales, sexuales, como proceso de crecimiento personal. Aportó una reducción positiva del estrés dentro la actividad académica, puesto que acorta los pensamientos negativos, desinhibe, aleja la timidez, elimina el miedo.

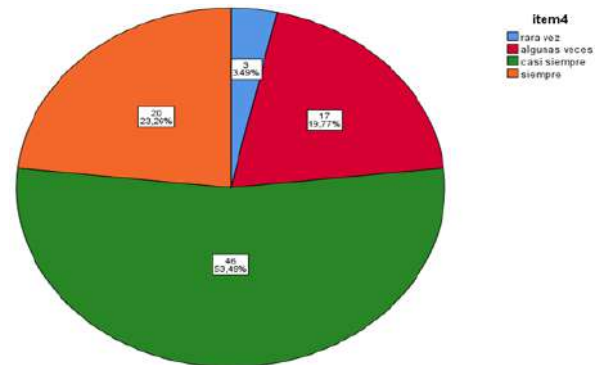
Numerosos estudios de Risoterapia aseguran que disminuye la depresión, la ansiedad y el estrés; aumenta la autoestima, libera endorfinas y combate el dolor, produce bienestar, libera adrenalina, dopamina y serotonina, aumenta las proteínas que combaten las infecciones gamma y fortalece el sistema inmunitario.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos, los cuales se representan en gráficos en una primera aplicación del inventario SISCO, indicadas como pre test y posteriormente la utilización del mismo Inventario, para comprobar la utilidad del programa de Risoterapia señaladas como pos test, en distintas áreas:

En el Pre Test Situaciones estresantes

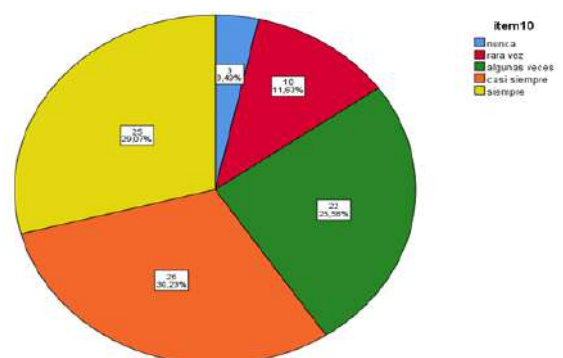
Gráfico N°1
Sobrecarga de las tareas y trabajos escolares



Fuente: elaboración propia, 2022

Se pudo evidenciar con la respuesta de los participantes que la sobrecarga de tareas casi siempre resulta ser una situación estresante, como indicó una estudiante la cual se sintió más agobiada en época de prácticas.

Gráfico N°2
Tiempo limitado para hacer el trabajo



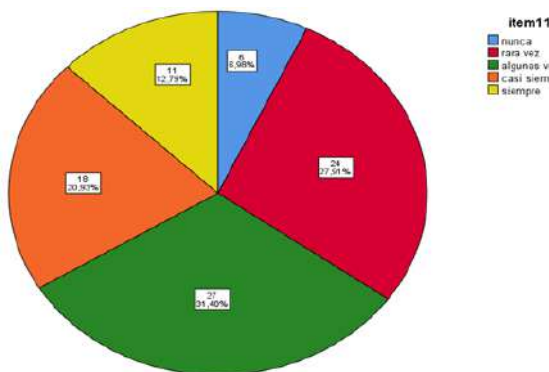
Fuente: elaboración propia, 2022

Se pudo evidenciar con la respuesta de los participantes que “siempre” como consecuencia el tiempo limitado para hacer los trabajos prácticos es otro momento que desencadena situación estresante

Reacciones físicas

Gráfico N°3

Trastornos en el sueño (insomnio)

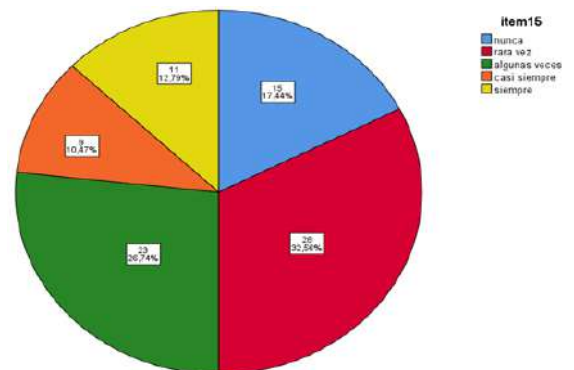


Fuente: elaboración propia, 2022

Una reacción física que se desencadenó fueron los trastornos del sueño que según los participantes sentían a raíz del estrés provocado en el ambiente académico. Al respecto una de las entrevistadas manifiesta: “cuando es semana de exámenes, no puedo dormir bien, a veces estoy en el micro y despierto en la parada” indica entre carcajadas. Otro participante señala: “Alguna vez me dormí en el aula, mis compañeros me sacaron fotos y uno me pintó el rostro con marcador”

Gráfico N°4

Rascarse, morderse las uñas, frotarse, etc.

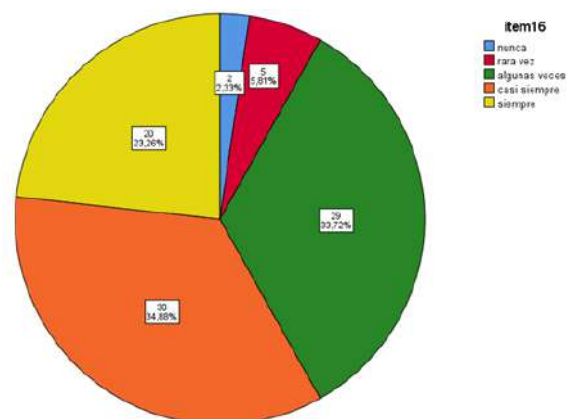


Fuente: elaboración propia, 2022

Se puede evidenciar que una reacción física desarrollada por los participantes fue morderse las uñas, hecho que se corroboró a través de la observación no participante.

Gráfico N°5

Somnolencia, mayor necesidad de dormir



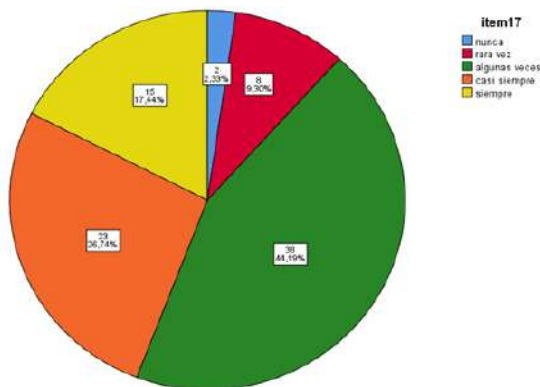
Fuente: elaboración propia, 2022

Varios participantes indicaron en las entrevistas, que tenían mayor necesidad de dormir “casi siempre” asociada a una reacción física del estrés.

Reacciones psicológicas

Gráfico N°6

Inquietud, incapacidad de relajarse o estar tranquilo

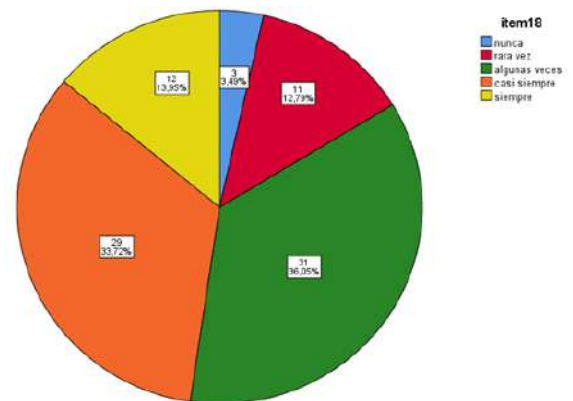


Fuente: elaboración propia, 2022

Los participantes señalaron el desarrollo de una incapacidad para estar tranquilo o relajarse como una reacción psicológica al estrés. Uno de los participantes indica lo siguiente: “he desarrollado un tic, con mi mano, y cuando estoy en un examen tengo la tendencia de estar moviendo mi pie, me cuesta controlarlo”. Otro participante comenta: “me cuesta estar tranquilo, cuando entro al aula, es como si estuviera con todos mis sentidos activos”

Gráfico N°7

Sentimientos de depresión y tristeza

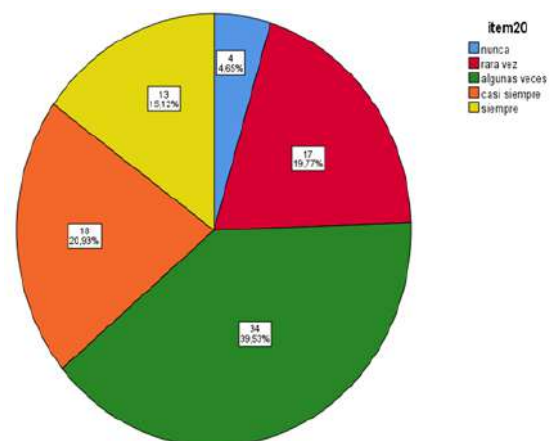


Fuente: elaboración propia, 2022

Otra reacción psicológica que desarrolló, fueron los sentimientos de depresión y tristeza, que fueron corroborados con la observación no participante.

Gráfico N°8

Problemas de concentración



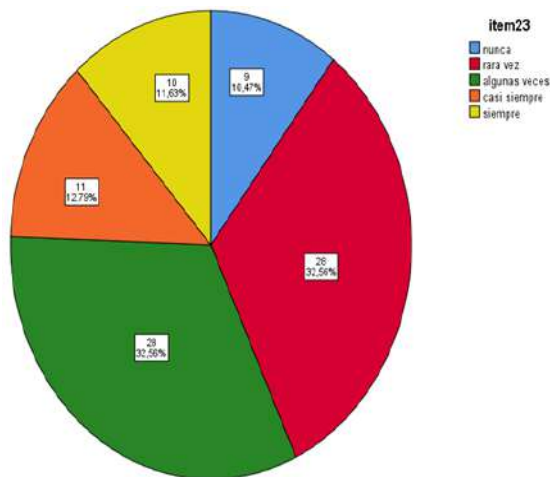
Fuente: elaboración propia, 2022

La mayoría de participante mantiene algunas veces problemas cognitivos.

Reacciones comportamentales

Gráfico N°9

Aislamiento de los demás

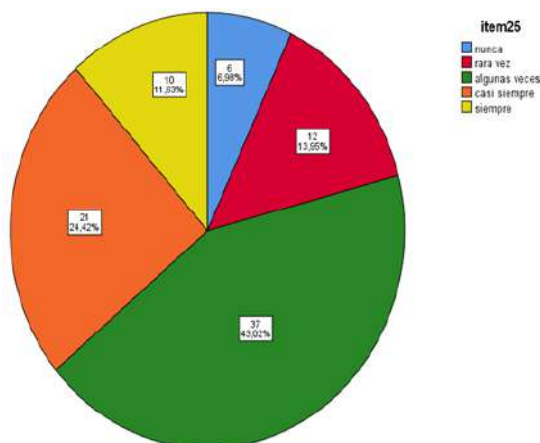


Fuente: elaboración propia, 2022

La mayoría de participantes indica que algunas veces se aíslan de sus pares, como indicaban en una entrevista grupal.

Gráfico N°10

Aumento o reducción del consumo de alimentos



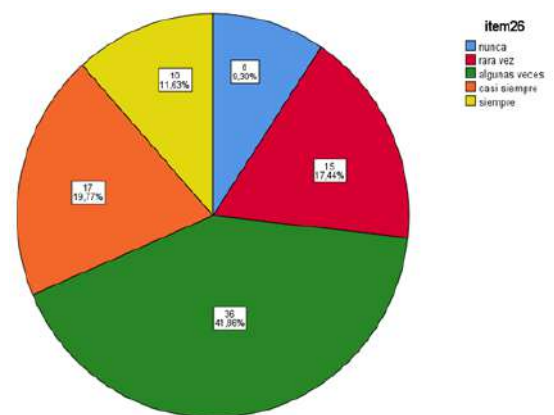
Fuente: elaboración propia, 2022

La mayoría de participantes comentan que algunas veces y otro gran porcentaje casi siempre, aumentan o reducen la ingesta de alimentos.

Estrategias para enfrentar la preocupación y nerviosismo

Gráfico N°11

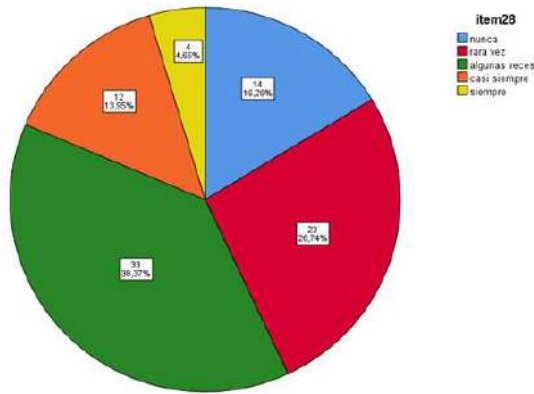
Habilidad Asertiva



Fuente: elaboración propia, 2022

La mayoría de los participantes indica que algunas veces para gestionar momentos de estrés académico, usa habilidades comunicacionales asertivas, con su entorno inmediato. Uno de los participantes comenta que: "uso el rap como un medio para expresar mis sentimientos, también me ayuda comunicar mis necesidades, mis amigos dicen que es una manera creativa de sacar lo que siento, a veces le doy uso para sacar la rabia por una mala nota o noticia"

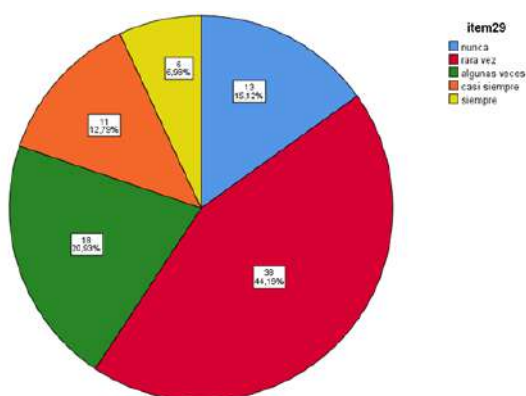
Gráfico N°12
Elogios a sí mismo



Fuente: elaboración propia, 2022

La mayoría de estudiantes usa algunas veces los elogios así mismos para darse ánimos, que los motiven a continuar en circunstancias adversas.

Gráfico N°13
La religiosidad



Fuente: elaboración propia, 2022

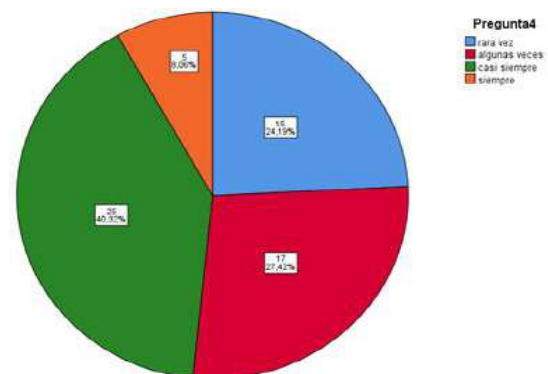
Análisis del Pre.test.- El objetivo del pre-test fue evaluar a estudiantes

Universitarios de la Carrera de Tecnología en base a la Risoterapia que se usó como material de trabajo el Inventario SISCO para estrés académico, muestran el estrés en tres categorías (leve-moderado-profundo), Dentro los estudiantes que se sometieron al pre-test, no existen sujetos que se adapten a la categoría de "estrés leve". El porcentaje más alto, con un 81,4 % de los participantes, se encuentra en la categoría de estrés moderado. Por último, el 18,6 % restante entran en la categoría de estrés profundo

Como se pudo constatar al inicio del estudio y con la aplicación del Pre test la población al momento de realizar la prueba mostro.

En el pos test
Situaciones estresantes}

Gráfico N°14
Sobrecarga de las tareas y trabajos

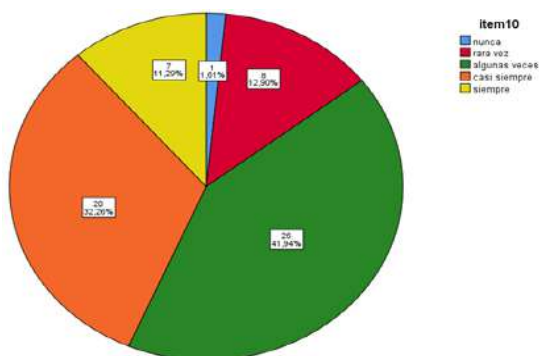


Fuente: elaboración propia, 2022

Una vez puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes que a la sobrecarga de tareas tiene optaron por “algunas veces” resulta ser una situación estresante

Gráfico N°15

Tiempo limitado para hacer el trabajo



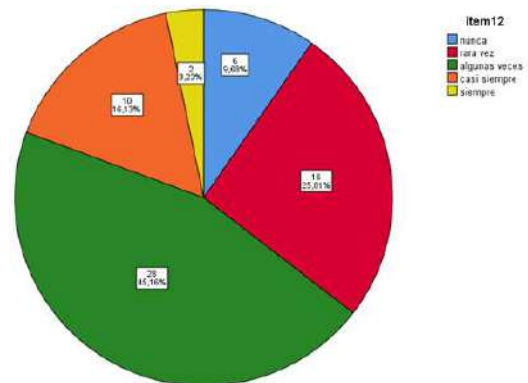
Fuente: elaboración propia, 2022

Una vez puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes que al tiempo limitado para hacer el trabajo optaron por “algunas veces” resulta ser una situación estresante. Uno de los participantes manifiesta: “que se siente con más fuerza cuando hay este tipo de situaciones”. Otra participante comenta “después de las sesiones siento que puedo afrontar de mejor manera cuando tengo poco tiempo para presentar un trabajo práctico o el tiempo de un examen, me hace sentir bien conmigo misma”

Reacciones físicas

Gráfico N°16

Trastornos en el sueño

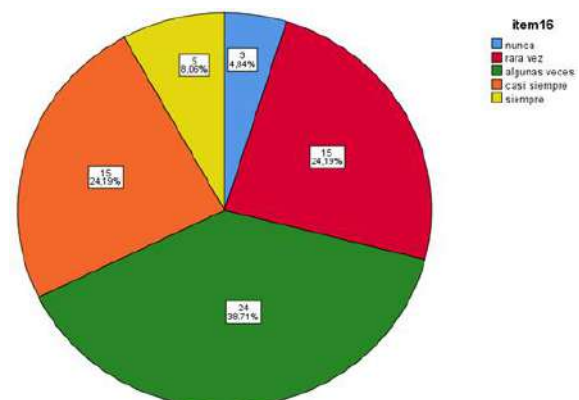


Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante el trastorno del sueño optaron por “algunas veces” resulta ser una situación estresante

Gráfico N°17

Rascarse, morderse las uñas

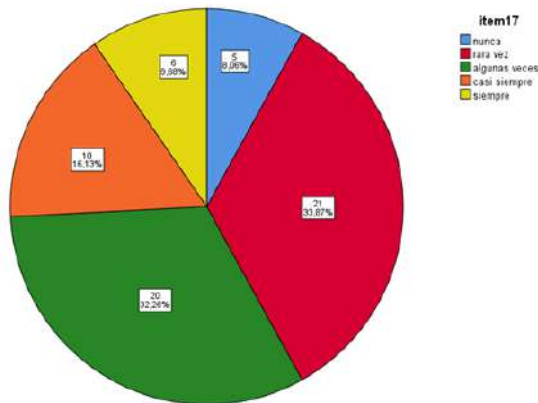


Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante **Rascarse, morderse las uñas** optaron por “algunas veces” resulta ser una situación estresante

Gráfico N°18

Somnolencia o mayor necesidad de dormir



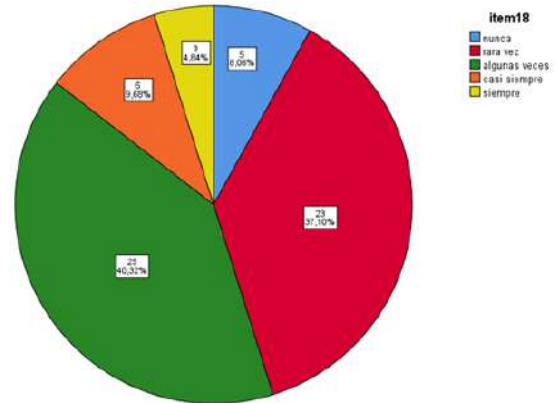
Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante **Somnolencia o mayor necesidad de dormir** optaron por “algunas veces” Y “Rara vez” resulta ser una situación estresante como conductas realizadas.

Reacciones psicológicas

Gráfico N°19

Inquietud, incapacidad de relajarse o estar tranquilo

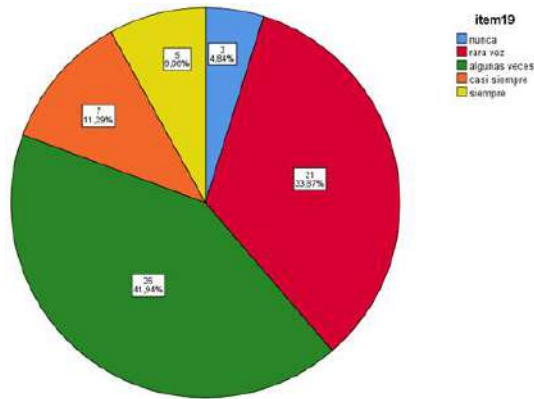


Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante la Inquietud, incapacidad de relajarse o estar tranquilo optaron por “algunas veces” Y “Rara vez” resulta ser una situación estresante como conductas realizadas. Uno de los participantes comenta: “después del programa de Risoterapia disminuyó mi agitación en momentos de estrés, no desapareció, pero siento un cambio” Otro participante indica “el programa me ayudó a controlar mi nerviosismo en cierta manera, ya no es como antes”

Gráfico N°20

Sentimientos de depresión y tristeza

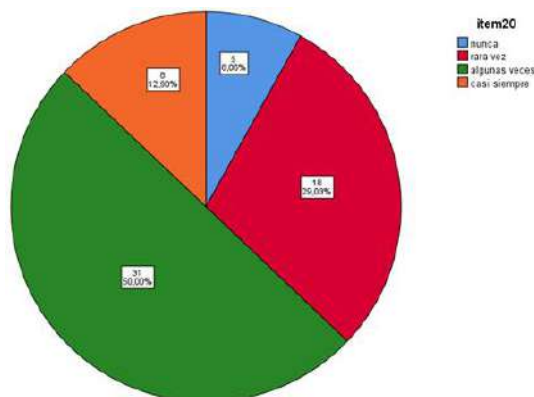


Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante la Inquietud, incapacidad de relajarse o estar tranquilo optaron por "algunas veces" Y "Rara vez" resulta ser una situación estresante como conductas realizadas.

Gráfico N°21

Problemas de concentración



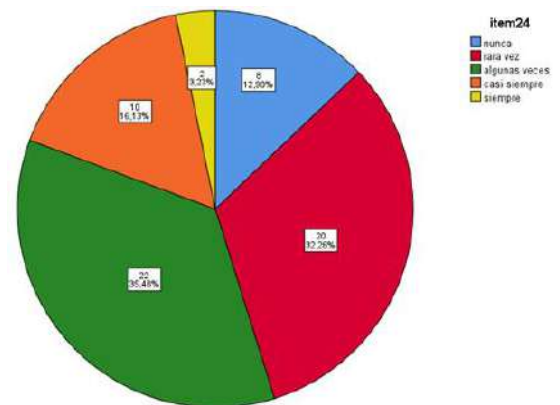
Fuente: elaboración propia, 2022

La mayoría de los participantes indica que después de la aplicación del programa, algunas veces suele tener problemas de concentración.

Reacciones comportamentales

Gráfico N°22

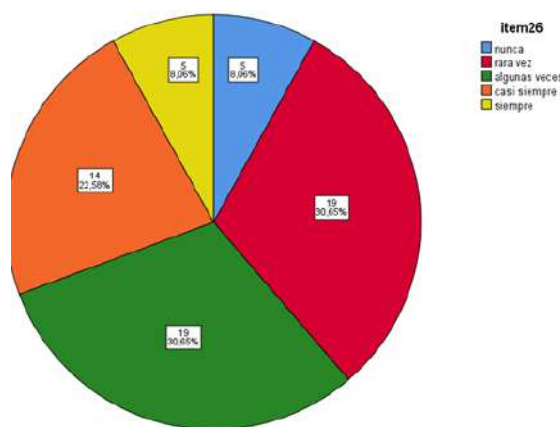
Aislamiento de los demás



Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante aislamiento de los demás optaron por "algunas veces" y "Rara vez" resulta ser como reacciones psicológicas. Uno de los participantes señala: "ahora siento un poco más de ganas de hablar a los demás compañeros, aunque no los conozca, muchos se ríen cuando les cuento sobre la Risoterapia"

Gráfico N°23
Aumento o reducción del consumo de alimentos

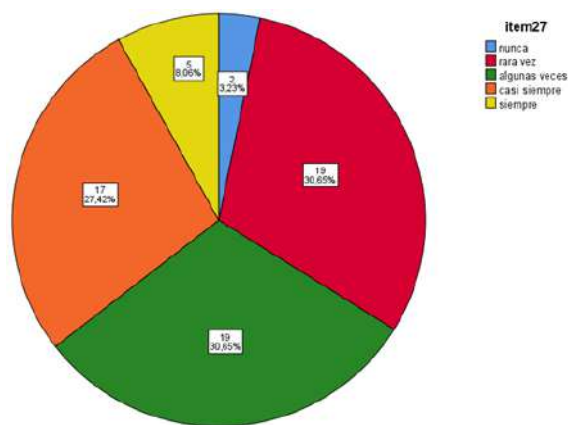


Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante el Aumento o reducción del Consumo de Alimentos optaron por “algunas veces” resulta ser como reacciones psicológicas. Uno de los participantes indica: “mejoré un poco el tema del control de mi alimentación ya no exagero en comer cuando estoy en exámenes”. Mientras que una participante señala: “en mi familia sabían que comía poco o nada cuando eran época de exámenes, ahora me dicen que me alimento mejor que en anteriores ocasiones”

Estrategias para enfrentar la preocupación y nerviosismo

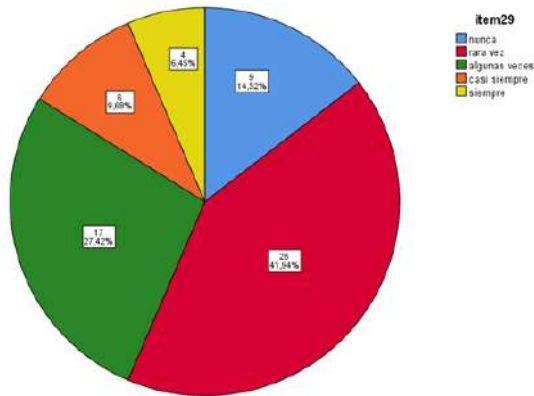
Gráfico N°24
Habilidad Asertiva



Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante las **Estrategias para enfrentar la preocupación y nerviosismo** optaron por “algunas veces” resulta ser como reacciones psicológicas como habilidad asertiva. Una de la participantes indica “que mejoró su habilidad para comunicarse con sus familiares, parece que reír me ayudó”

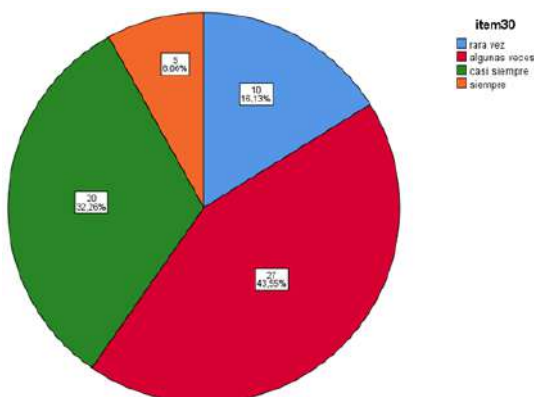
Gráfico N°25
Elogios a sí mismo



Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en practica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante los elogios a sí mismo optaron por “Rara Vez” resulta ser como reacciones psicológica.

Gráfico N°26
La religiosidad



Fuente: elaboración propia, 2022

Puesta en práctica la risoterapia se pudo obtener un cambio considerable en las respuestas de los participantes ante la Religiosidad optaron por “algunas veces” resulta ser como reacciones psicológicas.

Discusión

El trabajo realizado por Fatima Fayes Kheder Oropeza. Propone el año 2013 que la aplicación de Risoterapia es una terapia de bajo coste y sin efectos secundarios que coincide con el total de los autores y bibliografía citada.

A partir de ese trabajo se pretende dar solución, a al menos un índice aceptable de la muestra, pues si bien se garantiza un resultado favorable, el problema no se erradica totalmente, pues es un complemento y no un sustituto de los tratamientos convencionales, pero a la larga los efectos son tan positivos y alentadores

Conclusiones

Entre los profesionales que trabajan con estas terapias hay psicólogos, psiquiatras, enfermeras, profesionales del humor y de la educación. Queremos destacar a Begoña Carbelo y su equipo, por su labor en el campo de la enfermería asistencial, de la docencia y la investigación.

Los que más publican sobre el tema son profesionales del mundo de la



comunicación: periodistas y escritores. Esto no es óbice para pensar, que la información que llega al público en general no sea lo bastante completa, bien fundamentada y coincidente con lo publicado por profesionales y expertos en el tema, sin embargo, escasean las referencias bibliográficas, circunstancia que consideramos imprescindible.

Observamos que no hay muchos estudios científicos sobre los efectos que tiene la aplicación del humor y la risoterapia. Pensamos que, podría ser por el miedo de los profesionales a introducir herramientas que se salen de los conceptos clásicos, porque no se les ha dado mucho valor, por considerar la profesión sanitaria con excesiva seriedad o por ser necesaria una cualificación específica para su utilización. Es tangible el hecho de que esto está cambiando desde el momento en que en las universidades se están introduciendo temas de terapias complementarias.

Sería interesante que los profesionales de la salud fuéramos utilizando estas terapias en los cuidados, por sus múltiples beneficios, bajo costo y carecer de efectos secundarios.

Existen autores que aseveran que el trabajo realizado es una revisión teórica sobre la risoterapia y los principales

beneficios que esta aporta a la salud a nivel psicológico, físico y social. “La risoterapia no puede considerarse en sí misma una terapia, más bien es una técnica complementaria, ya que no cura nada por sí sola pero sí logra efectos muy positivos en el organismo como la mejorar la tensión arterial y la segregación de las hormonas de la felicidad: serotonina, dopamina, adrenalina y endorfinas” (Rojo de la Torre, Sonia, 2016)

• **Bibliografía**

- JL, B., 2000. La medicina contemporánea hoy. Rev. Rol Enferm., 4(1), p. 5.
- Kheder Oropeza, F. F., 2013. Informe de Internado , Sucre: USFX.
- Lopez Ruiz, J., 2005. Instrumentos complementarios de los cuidados enfermeros. SCIELO, 14(48), pp. 48-49.
- Nuñez, M. A., 2014. !Estrés! Cómo vivir con equilibrio y control.. Primera ed. Buenos Aires: Casa Editora Sudamericana.
- Osorio Vargas, M., 2015. Qué es y por qué se genera el estrés académico. Centro de Aprendizaje Campo Sur.
- Perez, E., Pásera, J., Olaz, F. & Osuna, M., 2005. Orientación, Información y educación para la elección de carrera.. Primera ed. Buenos Aires: Paidós SAICF.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

- Plaza Carmona, M. & Martínez Gonzales, L., 2015. La Riso Terapia como complemento a otras terapias médicas. Revista de Enfermería CYL, 7(1), p. 2.
- Ruiz Gomez, C. y otros, 2005. Terapias complementarias en los cuidados. Humor y Risoterapia.. SCIELO, 14(48-49), pp. 2-8.
- Universidad de Antioquía, 2011. Estrés Académico. Revista de Psicología de la Universidad de Antioquía, 3(2), pp. 1-2.

Estudio Ecológico de Hogares Bolivianos y su
Relación con la COVID-19, Gestión 2020



D.36. Salud humana

Estudio Ecológico de Hogares Bolivianos y su Relación con la COVID-19, Gestión 2020

Autor: Alarcon Arteaga Andrea; e.mail: andreaalarconarteaga@gmail.com

Condori Salluco Nelson Franco; e.mail: nelson.comdori798@gmail.com

Co-autor(es): Villca Villegas Jose Luis; e.mail: jvillcavillegas@gmail.com

Profesor/a guía:

Universidad de origen: Universidad Mayor de San Simón

Introducción

Hasta la fecha, junio 2021, los casos reportados de COVID-19 a nivel mundial son 173 millones de casos, el epicentro actual de la pandemia es Estados Unidos, seguidos de India y Brasil, con 50,2; 34,7 y 22,2 millones de casos acumulados respectivamente. Para los países más afectados por el COVID-19 en todo el mundo, la tasa de mortalidad observada es 9,4 % para México, Perú y tercer lugar Brasil con un 2,8 %¹.

Existieron 33 486.000 contagios documentados y 1 047.000 muertes documentadas a causa del nuevo coronavirus en América Latina y el Caribe hasta la fecha del 3 de junio del 2021².

La tasa de letalidad de la COVID-19 varía notablemente en función de la edad, y oscila entre 0,3 muertes por cada 1 000 casos entre los pacientes de 5 a 17 años y 304,9 muertes por cada 1 000 casos entre

los pacientes de 85 años o más en los Estados Unidos. Entre los pacientes hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos, la letalidad es de hasta el 40%. Se están desarrollando al menos 120 vacunas contra el SARS-CoV-2.

Hasta que se vacune eficazmente a toda la población, entre los principales métodos para reducir el contagio están las mascarillas, el distanciamiento social y el rastreo de contactos. Los anticuerpos monoclonales y la globulina hiperinmune pueden proporcionar estrategias preventivas adicionales³.

Una alta proporción de la población boliviana es afectada por condiciones laborales desiguales y precarias, la que genera múltiples vulnerabilidades superpuestas y problemas sistémicos que exacerban el impacto de la pandemia y complican las respuestas de políticas públicas. Es así que uno de los factores



de riesgo para COVID-19 en Bolivia son los problemas socioeconómicos, principalmente por el bajo ingreso económico de la población, más del 70% de los bolivianos que trabaja, no tiene contrato de trabajo ni seguridad social, lo que hace que la contención estricta sea especialmente difícil de lograr⁴, en consecuencia, las personas trabajan aún en tiempos de pandemia y cuarentena⁵.

De igual manera la educación juega un rol trascendente como factor de riesgo. La falta de información determinan el desconocimiento de la población acerca de los medios o las formas de reducir la incidencia de los contagios. Así mismo, la adquisición de información errónea o populista también es un factor de riesgo, vinculado tanto al cuidado personal, como las precauciones para con el resto de la población⁶.

Es notable que la pandemia por SARS-CoV-2 haya representado un desafío muy grande para los sistemas de salud, en los países subdesarrollados, donde las condiciones de infraestructura, equipamiento limitado y hacinamiento de personas en los hospitales, constituyen un factor de riesgo a que los mismos centros de salud sean fuente de contagio, un problema que agravaría la incidencia de contagios en una región o comunidad⁷.

Realizamos este trabajo de investigación

con el objetivo de analizar la relación de los problemas sociales, educacionales y la atención en salud, con la COVID-19, durante la pandemia en la población boliviana, en el año 2020.

Objetivo general:

Analizar las características sociales, educativas, de los servicios de salud relacionados con el control y manejo de covid-19 durante la pandemia en la población boliviana, 2020

Objetivos específicos:

- Identificar las características sociales de la población boliviana
- Determinar las características educativas de la población boliviana
- Examinar el acceso a los servicios de salud por la población boliviana
- Describir el control y manejo de la covid 19 en la población boliviana
- Evaluar la relación entre las características sociales, educativas y del acceso a los servicios de salud con el control y manejo de la covid-19 en la población boliviana

Materiales y métodos

El presente estudio es de tipo ecológico, cuyo universo fue la población boliviana con un total de 11 633.371 habitantes para la gestión 2020, tanto para el área



urbana como para el área rural. Para el cálculo muestral, el INE uso los valores determinados por la encuesta de hogares de la gestión 2019, obtenidos del INE8, la muestra de incidencia de campo fue de un 98% a nivel nacional, de la que se obtuvo una unidad muestral de 11 056 viviendas, encuestándose 37 092 personas; posteriormente realizado la selección de participantes que cumplen criterios de inclusión, siendo 2 582 personas para ser evaluadas para los objetivos de estudio (**Figura 1**).

Los criterios de inclusión fueron: tener resultado del laboratorio mediante la prueba PCR para COVID-19, ser evaluado por el INE, ser miembro de un hogar que resida en viviendas particulares. Fueron criterios de exclusión: no tener datos completos o que exista valores perdidos para los objetivos del estudio.

Se tuvo como variable independiente:

- Resultado del laboratorio COVID-19.

Como variables dependientes se tomaron en cuenta:

- Características sociales: tipo de hogar, Área de procedencia, Idioma, Edad,
- Características educativas: nivel de educación general, ocupación, saber leer y escribir.
- Características de salud: síntomas,

uso de medicamentos, seguimiento de protocolo de tratamiento, acceso a servicios de salud

Para el análisis de datos se realizó la descripción por frecuencias del tipo de hogar, área de procedencia, idioma, nivel educativo general, ocupación, saber leer y escribir, y el análisis de tendencia central de la edad. Posteriormente, se realizó el análisis de relación por el método de regresión logístico binomial de los participantes con las variables: resultados de laboratorio mediante la prueba PCR con resultados positivo o negativo a la covid-19 (variable independiente), características sociales, educativos, de la salud (variables dependientes) Para obtener los Odds Ratio con un intervalo de confianza al 95%, no se tuvo en cuenta a personas con datos perdidos o sin resultado de prueba para Covid-19.

La recolección de datos fue, previa autorización, del Instituto Nacional de Estadística (INE) (ver detalles en: <https://www.ine.gob.bo>) de Bolivia, de donde se extrajo las variables de interés con las que se realizó el análisis y estudio respectivo. El presente trabajo se adhiere al artículo 21 del Decreto Ley 14100 de 8 de noviembre de 1976, respetando la confidencialidad de los datos estadísticos recolectados.

Resultados



Bolivia cuenta con diversidad cultural, estando compuesta por aproximadamente 36 etnias, distribuidas en áreas rurales y periurbanas, siendo la cultura Quechua, Aymara y Guaraní las más representativas. Dentro de este contexto, el tipo de hogar más prevalente es la familia nuclear completa (56,1%), seguida de hogar extendido (16,8%) y un hogar monoparental (12,5%).

En cuanto a las características de la población estudiada, estuvo conformada por: hombres (49,1%) y mujeres (50,9%), de igual forma, el promedio de edad fue de 30,10 años, con una mediana de 27 años y una moda de 6 años, en tal sentido el valor máximo de edad, es de 98 años y el mínimo de 1 mes de edad.

En la **Tabla 1** se presenta el número de familias nucleares completos del departamento de Cochabamba, en el área urbana es de n=310; mientras que del departamento de La Paz en la misma categoría es de n=291. Se evidencia que los hogares unipersonales en el área urbana de Santa Cruz es de n=46; por otro lado, en la misma área, en Cochabamba y La Paz es de n=39.

La variable educación de la **Tabla 2** muestra que 2,26 % de la población encuestada no sabe leer en el departamento de Cochabamba. El analfabetismo en el departamento de La

Paz es de 0,74; en Santa Cruz del 1,4 %. Con respecto al porcentaje de población con educación superior del departamento de Santa Cruz es de n= 45,8 %, de Cochabamba y La Paz del 56,1 % y del 62,9 % respectivamente.

En relación a la **Tabla 3**, muestra las características de acceso a la salud, de las cuales n= 741 se atendieron en su domicilio, y n=1266 no acudieron al médico tradicional.

En la **Tabla 4**, el control y manejo de la covid-19 de la población de estudio, que su resultado de prueba de laboratorio ha sido positivo (n=1092), que si se necesitan medicamentos para el tratamiento de la covid-19 (n=1220), se siguió un protocolo para la covid-19 (n=1147).

La **Figura 2**, muestra la relación entre las características de interés del estudio con el resultado de la prueba de laboratorio de la covid-19, donde se evidencia, dentro del análisis educativo: saber leer y escribir (OR:1,01;IC95%:0,9-1,2), no saber leer ni escribir; (OR:0,70; IC95%:0,46-1,37); del análisis social, vivir en regiones urbanas (OR:0,99;IC95%:0,96-1,01), vivir en regiones rurales (OR:1,17; IC95%:0,91-1,51); ser menor de 60 años (OR:0,99;IC95%:0,96-1,03), ser mayor de 60 años; (OR:1,04;IC95%:0,86-1,25); hablar idioma castellano como primera lengua (OR:1,00;IC95%:0,98-1,02); hablar



idiomas originarios como primera lengua (OR:1,04;IC95%:0,79-1,37); del análisis de clínica de la covid-19; presentar síntomas; (OR:4,17; 3,79-4,58), no presentar síntomas (OR:0,08;IC95%:0,06-0,10), en relación con el resultado positivo a la Covid-19.

Discusión

Como lo plantea Ticona y Espinoza, durante el trayecto que implicó la pandemia por COVID-19 han surgido nuevas evidencias de la fisiopatología y clínica de la enfermedad, lo que permitió crear protocolos de manejo tanto hospitalarios como ambulatorios, pero principalmente enfocados a pacientes en estado crítico y no así de forma específica a tratar la enfermedad en sus estados iniciales⁹. De igual forma todo este proceso representó un gran desafío para todos los servicios de salud debido a que la mayoría de los países poco desarrollados no contaban con el material y el personal necesario para brindar el apoyo a los pacientes¹⁰.

En Bolivia, las guías terapéuticas para la atención de pacientes con COVID-19 se basó, principalmente en el soporte hemodinámico, terapia farmacológica usando Cloroquina, Remdesivir, Tocilizumab, Plasma Convaleciente, entre otros, y en la terapia complementaria con administración de oxígeno para evitar la

falla respiratoria aguda¹¹. Así mismo según los hallazgos del estudio RECOVERY se dijo que se podría usar los glucocorticoides (Dexametasona) para prevenir el riesgo de mortalidad en los estadios más graves de la enfermedad¹².

Imanol Ordika señala que desde el inicio de la pandemia se implementaron medidas apresuradas e insuficientes en cuanto a la educación, pasando de presencial a la modalidad virtual, por el riesgo de contagios, debido al hacinamiento en los distintos centros educativos, sin tener en cuenta las carencias socioeconómicas. Por tal motivo el número estudiantes, tanto de educación superior como inicial fueron relegados o privados de las clases presenciales¹³.

Así mismo, se señalan otros factores que afectaron a la educación en el área urbana y en el rural, con mayor impacto. A pesar de la amplia cobertura educativa no todos contaban con el acceso a las tecnologías de información y comunicación y a su respectiva capacitación. Debido a ello la deserción escolar aumentó en comparación con años anteriores en el Perú¹⁴.

En Bolivia el año 2019 según encuesta nivel nacional el total de matriculados en educación tanto pública como privada fue de 2091 personas. El mismo tipo de encuesta realizada en el año 2020,



registra 1 327 personas matriculadas¹⁵. Debido a la transición abrupta y accidentada de la educación a causa de la pandemia, los estudiantes se sintieron abrumados por la carga horaria, así como con las actividades domésticas, lo que podría crear en las mujeres una brecha de inequidad de género⁸.

Conclusiones

Concluimos en lo referente a las características sociales, el hecho de pertenecer al área rural, tiene mayor probabilidad de dar positivo en la prueba de Covid-19 en comparación a los que viven en área urbana, esto se deba posiblemente a la falta de la promoción de la salud (higiene personal, vacunas, ir a los centros de salud) en áreas rurales, por su parte las personas de mayor edad tienen mayor probabilidad a dar positivo en las pruebas de Covid-19, posiblemente debido al deterioro del sistema inmune o a la existencia de enfermedades subyacentes. En consideración al analfabetismo, el riesgo de infectarse es ligeramente mayor en comparación con la población que tiene mayores niveles de educación.

La educación y el alfabetismo juegan un rol protagónico para hacer frente a la pandemia, ya que nos permite adquirir y entender de mejor manera las medidas de bioseguridad.

En lo relacionado a la atención y manejo en salud que las personas se atendieron con remedios caseros y tuvieron el hábito de automedicarse durante la pandemia del 2020. Sin embargo de los resultados presentados, se necesitan investigaciones focalizadas sobre las características evaluadas en la población boliviana y en la región latinoamericana durante la pandemia de Covid-19, que sigue presente como problema de salud pública en el año 2022.

Agradecimientos

A Andre Alvaro Vargas Aguilar, por su valiosa colaboración al trabajo de investigación, y al Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE) por permitirnos acceder a su base de datos de la encuesta de hogares del 2020.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

ANEXOS:

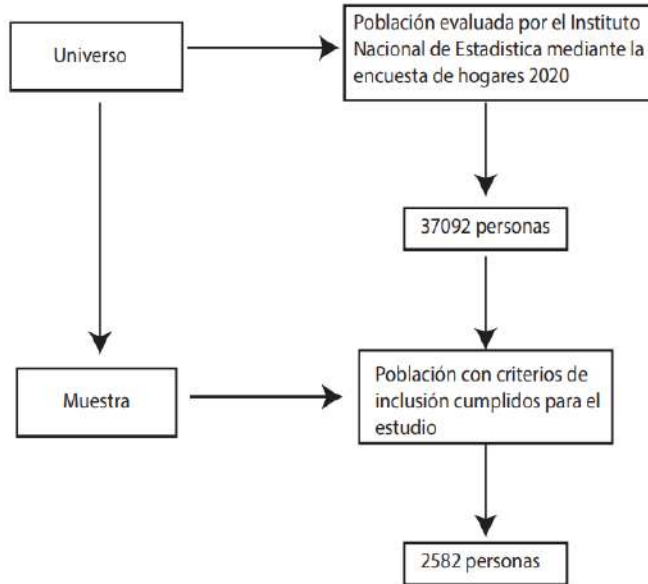


Figura 1: Selección de población de estudio

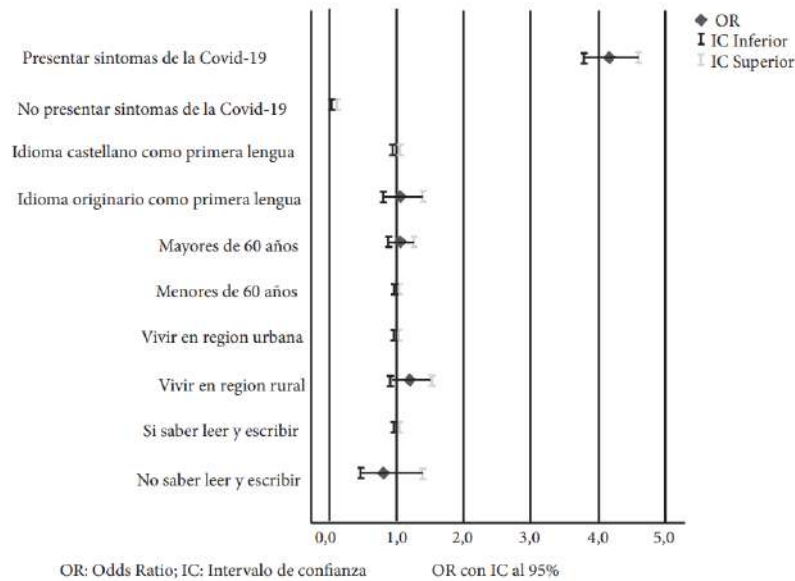


Figura 2. Regresión logístico binomial de la relación de las características sociales, educativas y de atención en salud con el resultado positivo a Covid-19

Tabla 1. Características sociales (familiar, área y departamento) de la población de estudio

			TIPO DE HOGAR						
			HOGAR UNIPERSONAL	PAREJA NUCLEAR	MONOPARENTAL	NUCLEAR COMPLETA	HOGAR EXTENDIDO	HOGAR COMPUESTO	OTRO
DEPARTAMENTO	CHUQUIACA	URBANA	7	5	20	56	25	3	1
		RURAL	4	0	1	7	3	0	0
	LA PAZ	URBANA	39	63	76	291	62	0	14
		RURAL	0	1	0	0	3	0	0
	COCHABAMBA	URBANA	39	48	80	310	78	0	23
		RURAL	2	2	1	2	2	0	2
	ORURO	URBANA	8	9	24	59	26	0	1
		RURAL	1	4	2	4	2	0	0
	POTOSÍ	URBANA	9	1	14	31	9	0	7
		RURAL	0	3	5	1	1	0	1
	TARIJA	URBANA	16	27	34	117	21	3	11
		RURAL	12	5	7	26	5	0	1
	SANTA CRUZ	URBANA	46	45	65	225	97	3	13
		RURAL	5	4	9	27	9	0	1
	BENI	URBANA	15	17	5	62	34	0	7
		RURAL	0	4	2	17	5	4	0
	PANDO	URBANA	6	5	5	42	21	0	4
		RURAL	1	1	2	17	5	0	0

Tabla 2. Características educativas (saber leer, grado de educación, trabajo) de la población de estudio

		DEPARTAMENTO									POBLACIÓN	
		Beni	Chuqui	Cochaba	La Paz	Oruro	Pando	Potosí	Santa Cruz	Tarija	Urban	Rural
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
Nivel educativo general	Ninguno	5	9	17	11	3	4	4	14	10	61	16
	Primaria	36	21	78	55	17	27	13	66	46	284	75
	Secundaria	60	29	156	128	45	30	29	200	88	684	81
	Superior	61	67	323	339	74	46	34	245	138	1284	43
	Otros	3	0	2	6	1	0	1	9	0	22	0
¿Sabe leer y escribir?	1. Si	160	119	563	535	137	103	77	526	276	2293	203
	2. No	5	7	13	4	3	4	4	8	6	42	12
Grupo Ocupacional principal	2.Particular/privado	2	2	10	16	0	2	0	8	5	45	0
	Fuerzas Armadas	0	0	3	1	0	3	0	1	0	8	0
	Directivos Adm. Pública y Empresas	10	3	17	17	4	4	1	8	7	68	3
	Profesionales científicos e intelectuales	25	22	99	112	28	14	13	79	33	410	15



	Técnicos de Nivel Medio	10	4	56	57	12	11	5	51	38	233	11
	Empleados de oficina	4	8	13	26	8	2	3	27	11	99	3
	Trabajadores de Servicio y Vendedores	15	15	79	67	17	9	13	91	54	340	20
	Trabajadores en Agricultura, Pecuaria, Pesca y otros	13	6	8	3	8	10	2	23	12	25	60
	Trabajadores de la Construcción, Ind. Manufacturera y Otros	14	8	32	30	8	7	8	49	27	169	14
	Operadores de Instalaciones y Maquinarias	7	11	27	25	17	3	5	32	14	134	7
	Trabajadores No Calificados	15	2	20	15	5	3	4	24	14	93	9
	Sin especificar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3. Características de acceso a la salud en la población de estudio

Por la pandemia del COVID-19 ¿acudió o se atendió en Cajas de salud (Caja Nacional de Salud/Caja de la Banca Privada/Caja Petrolera/Banca Estatal/COSS MIL/ Seguro Universitario u otras Cajas)?		Por la pandemia del COVID-19 ¿acudió o se atendió en establecimientos de salud públicos?		Por la pandemia del COVID-19 ¿acudió o se atendió en establecimientos de salud privados?		Por la pandemia del COVID-19 ¿acudió o se atendió en su domicilio?		Por la pandemia del COVID-19 ¿acudió o se atendió en consulta con médico tradicional?		Por la pandemia del COVID-19 ¿acudió o se atendió en La farmacia sin receta médica (automedicación)?	
1. Si	2. No	1. Si	2. No	1. Si	2. No	1. Si	2. No	1. Si	2. No	1. Si	2. No
Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
333	1033	374	992	322	1044	741	625	100	1266	572	794



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Tabla 4. Características de control y manejo Covid-19 de la población de estudio

		Recuento
¿Se ha realizado alguna prueba de laboratorio para COVID-19?	1. Si	2582
	2. No	0
¿Cuál ha sido su resultado de su prueba de laboratorio?	1, Si	1092
	2, No	1490
¿Necesitó medicamentos para el tratamiento de COVID-19?	1. Si	1220
	2. No	1362
¿Siguió algún protocolo de tratamiento COVID-19?	1. Si	1147
	2. No	73



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

BIBLIOGRAFÍA

1. Hummel, C., Knaul, F. M., Touchton, M., Guachalla, V., Nelson-Nuñez, J., & Boulding, C. (s/f). Poverty, precarious work, and the COVID-19 pandemic: lessons from Bolivia.
2. Acuña, J., Andersen, L. E., & Gonzáles, L. (2020). Datos territoriales para la gestión de la pandemia: el caso del COVID-19 en Bolivia. *Revista latinoamericana de desarrollo económico*, 7–33. doi:10.35319/lajed.202034424
3. Aguilar-Gamboa, F. R. (2020). Desafíos para el manejo y detección de pacientes con COVID-19 en Latinoamérica: Challenges for the management and detection of patients with COVID-19 in Latin America. *Revista Experiencia en Medicina del Hospital Regional Lambayeque*, 6(1). doi:10.37065/rem.v6i1.436
4. Cunha, A., Cornejo, Q., Ávila, A. A., Valdivia, H. A., Mendoza, C., & Carrasco, V. (s/f). Breve historia y fisiopatología del covid-19.
5. Daza, W. G. I. (s/f). COVID-19 y educación superior en Bolivia: Reencuentro. *Análisis de problemas universitarios*, 31(78), 123–148. Recuperado de <https://reencuentro.xoc.uam.mx/index.php/reencuentro/article/view/1024>
6. EDUCACIÓN VIRTUAL EN TIEMPOS DE PANDEMIA: INCREMENTO DE LA DESIGUALDAD SOCIAL EN EL PERÚ. (2021). *CHAKIÑAN, REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES*, (15), 152–165. doi:10.37135/chk.002.15.10
7. Huaroto, T., Silva, E., & Chávez, T. (s/f). COVID-19 El manejo ambulatorio durante la transmisión comunitaria intensa.
8. Reuters graphics - charts, maps, interactive graphics and videos. (2020, diciembre 21). Reuters. Recuperado de <https://graphics.reuters.com/>
9. (S/f-a). Recuperado el 7 de julio de 2022, de Anda.ine website: <http://anda.ine/>
10. (S/f-b). Recuperado el 7 de julio de 2022, de Minsalud.gob website: <https://www.minsalud.gob/>
11. (S/f-c). Recuperado el 7 de julio de 2022, de <https://acortar/>
12. (S/f-d). Recuperado el 7 de julio de 2022, de Org.mx website: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-
13. (S/f-e). Recuperado el 7 de julio de 2022, de Gob.bo website: <https://www.ine.gob.bo/index.php/registros-administrativos-educacion/>
14. (S/f-f). Recuperado el 7 de julio de 2022, de Coronavirus. website: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
15. (S/f-g). Recuperado el 7 de julio de 2022, de Reuters.com website: <https://graphics.reuters.com/>

Estudio seroepidemiológico del COVID-19 en profesionales
de enfermería de los principales centros asistenciales de la X
Región Sanitaria, Alto Paraná



D.36. Salud humana

Estudio seroepidemiológico del COVID-19 en profesionales de enfermería de los principales centros asistenciales de la X Región Sanitaria, Alto Paraná

Autor: Irala Cuenca, Maria Fernanda; e.mail: iralafernanda53@gmail.com

Co-autor(es): Cabrera Garayo, Liz Paola; Sosa Salinas, Yanina Elizabeth

Orientador: Segovia Coronel, Nancy; e.mail: nancysegovia@facisaune.edu.py

Trabajo final de grado Enfermería/ Facultad de Ciencias de la Salud (FACISA-UNE)

Universidad Nacional del Este

Resumen: La enfermedad causada por el nuevo coronavirus, se caracteriza por su rápida propagación, además de presentar fiebre, tos, anosmia, ageusia y odinofagia.

Los profesionales de salud constituyen el grupo más afectado en la pandemia del COVID-19, son los más susceptibles a contraer la infección por SARS-CoV-2 de pacientes y compañeros.

Objetivo: Determinar la prevalencia de anticuerpos del tipo IgG contra el SARS-CoV-2 en profesionales de Enfermería de los principales centros asistenciales de la X Región Sanitaria, Alto Paraná.

Materiales y métodos: Estudio prospectivo, descriptivo de corte transversal. Se analizó la presencia de anticuerpos del tipo IgG para el SARS-CoV-2 en profesionales de Enfermería de los principales centros asistenciales de la X Región Sanitaria. Se utilizó la técnica de Elisa para la detección de anticuerpos del tipo IgG para el SARS-CoV-2. Se recolectaron muestra de sangre venosa, se obtuvo datos sociodemográficos, datos laborales y antecedentes del COVID-19. Participaron un total de 402 enfermeros.

Resultados y discusión: Del total, un 33 % de los profesionales de salud presentaron anticuerpos del tipo IgG para el SARS-CoV-2 en el periodo de febrero a marzo del 2021, de los cuales un 66 % fue asintomático, la mayor parte de los participantes. Se agrupan entre 25 y 44 años.

Conclusión: Los profesionales de salud presentaron una elevada seroprevalencia de anticuerpos contra el SARS-CoV-2 antes de la vacunación.

Palabras clave: COVID-19, SARS-CoV-2, seroprevalencia, personal de Enfermería, anticuerpos.



Introducción

En diciembre del 2019 fueron reportados en Wuhan (Hubei, China) casos de neumonías graves por un nuevo virus de la familia Coronaviridae, este nuevo microorganismo se propago velozmente por diferentes países y el 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró como pandemia la enfermedad causada por el SARS-CoV-2 (coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave) y posteriormente la patología fue nombrada COVID-19 (Errecalde y Marin 2020; Gras-Valentí et al. 2021). Los profesionales de la salud son considerados una población de riesgo entre ellos se destacan los profesionales de enfermería quienes representan la fuerza laboral de primera línea para atención clínica de casos sospechosos y confirmados de COVID-19. En consecuencia, se presume que están expuestos a un mayor riesgo de contraer la enfermedad que la población en general y, si están infectados, representan un riesgo para los pacientes vulnerables y otros (García Basteiro et al. 2020).

Desde el inicio de la pandemia hasta el 29 de mayo del año 2021 en el Paraguay, los casos confirmados de infección por el virus SARS-CoV-2 en los profesionales de la

salud fueron de 13694 (OPS/OMS Paraguay 2021).

Las estrategias basadas en pruebas serológicas midiendo la respuesta de anticuerpos han sido ampliamente utilizadas en estudios epidemiológicos, los anticuerpos contra el virus se producen días o semanas después de una infección, y su detección indica la exposición al virus y el desarrollo de una respuesta inmunológica. Por lo tanto, la vigilancia de la seropositividad de anticuerpos es una estrategia de salud pública que ayudaría a hacer deducciones sobre el alcance de la infección en el grupo estudiado y la proporción de personas asintomáticas, así como descubrir casos no detectados por las estrategias de vigilancia pasiva (Silva et al. 2020).

Por este motivo el objetivo de este trabajo consistió en determinar la prevalencia de anticuerpos del tipo IgG contra el SARS-CoV-2 en profesionales de enfermería de los principales hospitales públicos del Departamento de Alto Paraná, Paraguay.

Objetivo general

Determinar la prevalencia de anticuerpos del tipo IgG contra el SARS-CoV-2 en profesionales de enfermería de los principales centros asistenciales de la Décima Región Sanitaria, Alto Paraná.

Materiales y métodos



Estudio observacional, descriptivo, de corte transversal realizado con profesionales de enfermería de los principales hospitales públicos del departamento del Alto Paraná, Paraguay: Hospital Regional de Ciudad del Este (HRCDE), Hospital Distrital de Minga Guazú (HDMG), Hospital Distrital de Hernandarias (HDH), Hospital Distrital de Pdte. Franco (HDPF), Hospital Integrado Respiratorio (HIRAP). El universo de interés fue el de los profesionales de Enfermería de los principales hospitales de la X Región Sanitaria, Alto Paraná, Paraguay. El muestreo fue por conveniencia, de casos consecutivos, todo el personal de salud fue invitado a participar de forma voluntaria del estudio durante el periodo del 22 de febrero al 22 de marzo de 2021, los participantes que aceptaron participar completaron una encuesta digital en donde indicaron su consentimiento. Los participantes fueron incluidos independientemente de si habían tenido o no síntomas de COVID-19 desde el inicio de la pandemia, el trabajo se realizó antes de la vacunación del COVID-19. La muestra fue constituida por 405 enfermeros.

Toma y procesamiento de las muestras

Se extrajo de cada paciente 5ml de sangre venosa, luego fueron colocados en tubos

para obtención de suero, las muestras fueron transportadas en un contenedor refrigerado al Laboratorio de Análisis Clínicos del Centro de Investigaciones Médicas de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Este. En el laboratorio, las muestras fueron centrifugadas a 2500 rpm/15 minutos, para la obtención de suero libre de hemólisis y turbidez, las cuales fueron almacenadas a -20 °C hasta el momento del análisis.

La presencia de anticuerpos contra el SARS-CoV-2 en el suero fue determinada cualitativamente por dos métodos, una prueba inmunocromatográfica para la detección de inmunoglobulinas totales con el reactivo Wantai SARS-CoV-2 Ab Rapid Test (Beijing Wantai Biological Pharmacy Enterprise, Beijing, China) y a través de una prueba de ELISA para la detección de IgG contra la proteína S con el reactivo (Devax Biotecnología Para Saúde, Foz de Iguazú, Brasil), para lo cual fue utilizado el equipo de ELISA Mindray MR-96A.

Los datos del cuestionario fueron obtenidos en una planilla de Excel, de forma online, que fue generado de manera automática por el formulario de Google (Google forms), otros datos fueron cargados con posterioridad según las necesidades requeridas. Para los fines de este estudio hemos definido el término “exposición”, como el total de horas semanales

trabajadas en establecimientos hospitalarios. Hemos establecido tres categorías. La denominada como de baja exposición corresponde a aquellos que estuvieron en ámbitos laborales por un tiempo menor o igual de 30 horas. La categoría de exposición media, corresponde a aquellos que permanecieron en ámbitos laborales de 31 a 43 horas. Y finalmente, la categoría de alta exposición corresponde a aquellos que permanecieron en ámbitos hospitalarios por más de 43 horas. El análisis de los datos se llevó a cabo en el programa Microsoft Excel 2010.

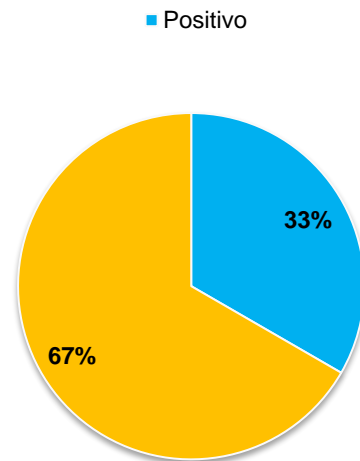
Consideraciones éticas

El trabajo fue aceptado por el Comité de ética en investigación de la FACISA-UNE, los participantes aceptaron voluntariamente participar del estudio, previo consentimiento informado. Se garantizó la confidencialidad de la información.

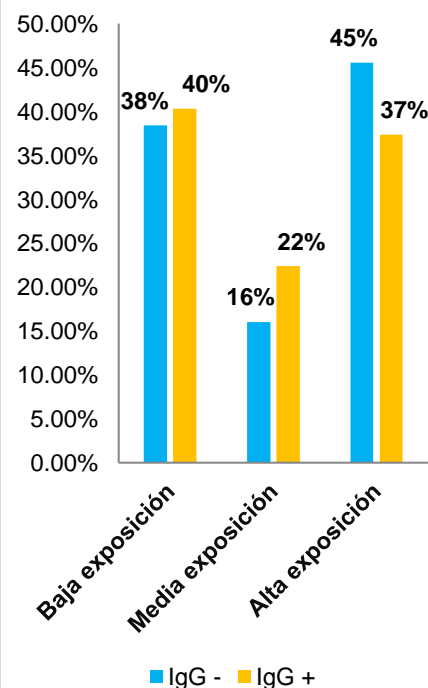
Resultados

El rango etario de los profesionales de enfermería quienes participaron del estudio fue de 20 a 69 años.

Distribución relativa de la población estudiada, según los Ac IgG-SARS-CoV-2. (n =402)



Distribución relativa de la población estudiada según resultados de IgG y niveles de exposición (n = 402)





Discusión

La seroprevalencia de los profesionales de enfermería de nuestro trabajo fue del 33 %, sin embargo, en un estudio llevado a cabo en Turquía a finales del 2020, la seroprevalencia para el personal de Enfermería fue del 2, 2 % (Alkurt et al. 2021) y otro en Dinamarca se logró observar que la seroprevalencia para el personal de enfermería fue del 2,66%, mucho menor al resultado obtenido en nuestro trabajo. (Laursen et al. 2021).

Con respecto a la frecuencia relativa de los participantes, según los niveles de exposición y producción de anticuerpos del tipo IgG para el SARS-CoV-2, podemos observar que en un estudio realizado en Ecuador en enero del 2021, en donde los profesionales de salud que tuvieron una positividad de anticuerpos del tipo IgG, estuvieron con una exposición media y alta del 43%, mientras que un 59 % de los enfermeros que participaron en nuestro estudio y tuvieron anticuerpos del tipo IgG para el SARS-CoV-2 tuvieron una exposición media y alta similar al estudio realizado en Italia (Danna Nicolle et al 2021).

Conclusiones Los profesionales de la salud tuvieron una seropositividad elevada antes de la vacunación.

Financiación

El presente estudio fue financiado por el grupo Sarabia.

Bibliografía

- Alkurt, Gizem et al. 2021. “Seroprevalence of coronavirus disease 2019 (COVID-19) among health care workers from three pandemic hospitals of Turkey”. *PLoS ONE* 16(3): 1–11.
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0247865>.
- Errecalde, Jorge O., y Gustavo H. Marin. 2020. “COVID-19 Etiología, Patogenia, Inmunología, Diagnóstico y Tratamiento”. 4(3): 1–113.
<http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>.
- Garcia basteiro, Alberto L et al. 2020. “Seroprevalence of antibodies against SARS-CoV-2 among health care workers in a large Spanish reference hospital”. *Nature Communications* 11(38): 1–9.
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-17318-x>.
- Gras-Valentí, Paula et al. 2021. “Estudio de sero-epidemiología de la infección por SARS-CoV-2 en profesionales sanitarios de un departamento sanitario”. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica* 39(7): 319–25.
- Laursen, Jannie et al. 2021. “Prevalence



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



of SARS-CoV-2 IgG / IgM Antibodies among Danish and Swedish Falck Emergency and Non-Emergency Healthcare Workers”. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(923): 1–9.

OPS/OMS Paraguay. 2021. “Reporte de situación No. 55 OPS/OMS Paraguay 01 08”. 18(55): 1–6.

Silva, Andrea Paula et al. 2020.

“Seroprevalencia de infección por SARS-COV-2 en personal de salud de la region sanitaria VIII, provincia de Buenos Aires, Argentina”. *Rev. argent. salud publica* 2(14): 1–9.

**ÉTICA, COVID-19 E VULNERABILIDADE DA ENFERMAGEM:
ANÁLISE DE FOTOGRAFIAS DIVULGADAS PELA MÍDIA.**



D. 36. Salud Humana

ÉTICA, COVID-19 E VULNERABILIDADE DA ENFERMAGEM: ANÁLISE DE FOTOGRAFIAS DIVULGADAS PELA MÍDIA.

Autora: Sena, Gabriele Pereira; Email: gabriele-sena@outlook.com

Co-autor(es): Fontenele, Alessandra Lima; Email: alelimafontenele@gmail.com;

Duarte, André Di Carlo Araújo; Email: andredicarloaraujo@gmail.com;

Ferreira, Graziani Izidoro; Email: gra.izidoro@gmail.com;

Professora/guia: Guilhem, Dirce Bellezi; Email: dirceguilhem@gmail.com.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)

RESUMO

Objetivo: Analisar a vulnerabilidade da enfermagem por meio de fotos divulgadas pela mídia no contexto da pandemia de COVID-19. **Métodos:** estudo documental, com abordagem qualitativa. O objeto de análise foram imagens fotográficas selecionadas entre janeiro de 2020 e março de 2021, veiculadas pelos principais portais de notícia de países, como Brasil, Estados Unidos, França, Espanha, Inglaterra e Alemanha. A análise categorial temática foi o método de análise utilizado. **Principais Resultados:** Foram encontradas 74 fotografias que retratavam

profissionais de enfermagem em diferentes situações de trabalho. Pôde-se identificar o estigma e a desvalorização social acerca da representação e atribuição profissional desta classe. Além disso, foi constatada uma sub-representação de profissionais negras nos portais brasileiros e o homem como a figura de destaque nos espaços de reivindicações. Nas atribuições da enfermagem ficou evidente a ausência de representações voltadas à maior complexidade do exercício profissional da categoria, com sub-representações de ações gerenciais, supervisão, administração, ensino e pesquisa. Destacando-se representações que desvinculam a profissão da ciência, para estereótipos arcaicos e análogos à caridade.

Palavras-Chaves COVID-19; Ética em Enfermagem; Fotografias.

Introdução

Em meio ao crescimento do mercado da saúde, sua expansão e a presença de inovações tecnológicas, o mundo se deparou com uma nova infecção provocada pelo SARS-CoV-2 que ocasionou a COVID-19. A presença do vírus foi primeiramente relatada em dezembro de 2019, na cidade de Wuhan, China e rapidamente se propagou, alcançando situação alarmante em nível global. A Organização Mundial da Saúde



(OMS) declaró que se trataba de una pandemia en marzo de 2020 (Dincer & Inangil, 2021).

Os sistemas de saúde entraram em colapso e tornou-se visível a desigualdade de acesso a aos leitos de UTI, respiradores e cuidados de saúde (Shahrour & Dardas, 2020). Paralelamente a isso, a enfermagem e os cuidados prestados pela equipe receberam visibilidade internacional, considerando-se que 60% da equipe de saúde é composta por profissionais de enfermagem (COFEN, 2020). Sua atuação estava direcionada aos cuidados diretos ofertados aos infectados, à promoção da saúde da comunidade e, posteriormente, ao amplo processo de vacinação nos diferentes países (World Health Organization, 2020). A importância do trabalho desenvolvido trouxe à tona a desvalorização e o estigma sofridos pela enfermagem e que, em meio a pandemia, confrontou-se com a visão social acerca da sua atuação profissional amplamente exposta pela mídia (Dincer & Inangil, 2021).

A enfermagem é uma profissão exercida majoritariamente por mulheres e, no caso do Brasil, por mulheres negras, como foi apontado por pesquisa realizada pelo Conselho Federal de Enfermagem (COFEN). Os dados indicaram que as mulheres representam 86,2% do número de profissionais, sendo que pardos e pretos

correspondem a 53% (Almeida de, 2020; Conselho Federal de Enfermagem; Fundação Oswaldo Cruz, 2017). Esse cenário reflete consigo um histórico de estigma e preconceitos existentes na sociedade. Estigma é um conceito que possui relação direta com temas como raça e gênero, e no âmbito da saúde, pode ser um instrumento passível de disseminação de diferentes formas de discriminação. Além disso, possibilita o fortalecimento das desigualdades sociais, restrição das oportunidades e perpetuação da marginalização social de indivíduos ou grupos (Stangl et al., 2019).

O estereótipo da enfermagem traz a crença homogênea de uma minoria sub-representada, afetando sua identidade social, como ocorre com negros e mulheres (Steele & Aronson, 2020). Assim, denota pela veiculação midiática de uma exacerbada feminilidade, associação à características domésticas, angelicais e misericordiosas (Stokes-Parish et al., 2020). Apesar do reconhecimento e visibilidade que a categoria recebeu de líderes mundiais no contexto da Covid-19, torna-se necessário direcionar atenção para o novo *zeitgeist* (termo alemão, significa o espírito da época, propósito) que conecta os enfermeiros à figura do herói (Stokes-Parish et al., 2020).



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Essa analogia pode favorecer a perpetuação das representações vinculadas à enfermagem, em detrimento do reconhecimento enquanto categoria profissional que detém embasamento teórico, científico e dispõe de direitos de melhores condições de trabalho (Stokes-Parish et al., 2020). Assim, no que tange o contexto cultural e social, o estigma e o estereótipo podem vir a corroborar com o afastamento, invisibilidade e preconceito social, afetando a autoestima e autoestima desses profissionais (Steele & Aronson, 2020).

Ao longo da pandemia, pôde-se constatar que a dedicação incansável cobrou seu preço. Em levantamento realizado, ao longo do primeiro do primeiro ano de pandemia, pelo *International Council of Nurses*, o continente americano apareceu como responsável por mais de 60% dos óbitos da enfermagem (International Council of Nurses, 2021). Na Europa, o contexto epidemiológico de infectados, a superlotação de hospitais e a necessidade de tratamento intensivo, culminou no surgimento de conflitos éticos, que afetariam o mundo no que se relacionava à escassez de recursos em saúde e à ausência de diretrizes que norteassem os profissionais da saúde no processo de tomada de decisão (Druml, 2020).

Somando-se a esse contexto, fatores como às precárias condições de trabalho e insegurança sobre como lidar com uma doença nova e mortal trouxeram desgastes físico, cognitivo e psíquico impossíveis de serem ignorados por esses profissionais, essenciais para o combate à pandemia (Dincer & Inangil, 2021). Tendo, o isolamento social, potencializado pelo medo de levar a infecção ao seio familiar, com a imposição de um afastamento ainda mais rígido (Bassi et al., 2021).

Foi trazida à tona a vulnerabilidade da enfermagem enquanto categoria profissional. Sem uma definição homogênea, a vulnerabilidade é vista como relevante para auxiliar na concepção das obrigações éticas e morais diante da (in)capacidade de um indivíduo em resguardar seus próprios interesses (Clark & Preto, 2018). Nesse contexto, a pandemia apenas exarcebou as vulnerabilidades da enfermagem, a qual já vinham sofrendo com cortes em investimentos e orçamentos, diminuição no número de contratação de profissionais e desvalorização salarial (Serrano Gallardo, 2021).

Na Alemanha existem registros de um movimento de migração da enfermagem para países como o Reino Unido, o que se justifica pela menção de péssimas condições de trabalho, baixo



reconhecimento, remuneração e autonomia (Zander et al., 2013). No que concerne à autonomia, o Reino Unido foi uma das primeiras nações do mundo a designar aos enfermeiros a prescrição de medicamentos no contexto de sua área de especialidade (Maier, 2019). Nos Estados Unidos, o estado da Califórnia é o único que desde 1999 possui legislação referente ao número de usuários que devem estar sob a responsabilidade do enfermeiro. Esse posicionamento foi decorrente das elevadas taxas de infecção de Covid-19 da população e ocupação dos leitos em saúde (Lasater et al., 2021).

Logo, a SARS-CoV-2 surgiu em meio a um contexto político-social da enfermagem, que já precedia uma vulnerabilidade institucionalizada. Categoria esta que tem a promoção da saúde como função característica da profissão e que foi imprescindível para o manuseio da pandemia (Smith & Judd, 2020). Processo que teve a mídia como uma das principais ferramentas para promover a comunicação em saúde e alcançar a população com orientações e reforços de medidas contra a Covid-19 (Smith & Judd, 2020).

Assim, considerando que as mídias são a principal forma de comunicação utilizada pela sociedade, a pergunta de

pesquisa deste estudo foi: Houve modificação na forma com que a enfermagem é vista pela sociedade?

Objetivo

Analisar a vulnerabilidade da enfermagem por meio de fotos divulgadas pela mídia no contexto da pandemia de Covid-19.

Materiais e métodos

Aspectos éticos: Por se tratar de estudo que busca analisar fotografias de domínio público, não houve necessidade de submetê-lo para revisão de um comitê de ética em pesquisa. No entanto, os créditos de autoria das fotografias selecionadas e as fontes analisadas foram mantidas, sendo citados no decorrer do texto.

Tipo de estudo: Trata-se de um estudo documental, com abordagem qualitativa. A análise documental é caracterizada pela identificação, checagem e análise de documentos iconográficos que tenham relação com o objeto em investigação. Tendo como benefício a análise de aspectos culturais e sociais por meio de fontes primárias, as quais não sofreram nenhum tratamento analítico como nas pesquisas bibliográficas (Junior et al., 2021).

Fonte de dados: Para realizar o levantamento das fotografias que



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



retratavam a enfermagem, foram eleitos portais de notícias de 6 países distintos, selecionados a partir da diversidade de organização dos sistemas de saúde, sendo eles Brasil, Estados Unidos, França, Espanha, Inglaterra e Alemanha, bem como os idiomas: português, inglês, francês, espanhol e alemão. Com a utilização das palavras chaves Enfermagem, Covid, *Nursing*, *Nurse*, *Krankenschwester*, *Photography* e *Infirmière*, foram selecionadas 115 fotografias veiculadas nos principais portais de notícias: *The new York Times*, *The Guardian*, *G1*, *O Globo*, *Berliner Morgenpos*, *Reuters*, *El País* e *Le monde*, no período de janeiro de 2020 a março de 2021.

Portais de notícia de alto impacto e circulação, pertencentes a 6 das 20 maiores economias do mundo (G20). Grupo que desde 2017, propõe debates acerca do seu papel no que tange a saúde pública global, com foco em compartilhar experiências e estratégias com questões de saúde, como doenças não transmissíveis (DNTs), emissão de gases poluentes e refugiados (Akashi et al., 2019). Relevantes a análise das vulnerabilidades imposta pela Covid-19 e as que a antecedem, no que se refere aos profissionais da enfermagem.

Coleta e organização dos dados: Para a

coleta dos dados foi adotado como critério de inclusão: fotos vinculadas a notícia com título ou legenda que remetesse à enfermagem e critério de exclusão: fotos repetidas. Nesse processo, foram excluídas 41 fotografias em decorrência da ambiguidade das legendas, as quais adotaram o termo profissional da saúde e se incluídas a amostra, poderiam afetar os achados e resultados fruto da análise das imagens.

Assim, a pesquisa contou com uma amostra de 74 fotografias que foram distribuídas da seguinte maneira: 19 fotografias no *The new York Times*, 13 fotografias no *The Guardian*, 12 fotografias no *G1*, 10 fotografias em *O Globo*, 09 fotografias no *Berliner Morgenpos*, 08 fotografias na *Reuters*, 02 fotografias no *El País* e 01 fotografia no *Le monde*.

No período da coleta, as imagens foram armazenadas no Dropbox, nomeadas por número e distribuídas em quatro pastas, sendo a 1ª responsável por todas 74 fotografias, a 2ª para o agrupamento *Assistência*, a 3ª para o agrupamento *Imaginário* e a 4ª para o grupo agrupamento *Manifestação*. Paralelamente, as fotografias foram controladas via planilha *Excel* com as variáveis: número da foto, palavra-chave, portal de notícia, título da matéria, mês da publicação, ano da publicação, link de



acesso e legenda da fotografia.

Os períodos correspondem à seleção dos portais de busca, coleta dos dados e análise das fotografias - como a nomeação dos agrupamentos -, foram realizados em dupla. No que corresponde a análise das imagens, foi traçado um paralelo entre as fotografias e a suas respectivas legendas, com vistas a garantir a utilização de fotos que retratassem os profissionais da enfermagem, garantia da localização geográfica da fotografia e o sexo do profissional variável está que, a depender do nível de paramentação, teve a utilização da legenda como recurso fidedigno para a resposta.

Análise dos dados: As 74 fotografias analisadas foram alocadas em três grupos diferentes: Grupo 01: *Assistência*; Grupo 2: *Imaginário*; e Grupo 3: *Manifestação*. O nome de cada agrupamento foi pensado de forma a favorecer a análise das imagens selecionadas, sendo, a palavra *Assistência* escolhida devido a histórica vinculação do exercício da enfermagem apenas no âmbito assistencial (Fell & Hallett, 2013), o *Imaginário* por englobar os estereótipos de características conferidas a uma feminilidade atribuída socialmente as enfermeiras (Martín-Moruno et al., 2020) e a *Manifestação* pois, apesar da ausência de registros, a enfermagem foi uma figura presente em grandes movimentos

humanitários ao longo da história (Hamrouni, 2013).

A metodologia categorial temática foi utilizada para análise das fotografias. Instrumento que permite a obtenção e aprofundamento de informações a respeito de comportamentos sociais sobre aspectos sociais (Grimmond et al., 2019). Tendo por foco o assunto e o contexto, permitindo analisar o conteúdo descritivo ou denotativo (manifesto) e o interpretativo ou conotativo (latente) (Graneheim et al., 2017).

Em paralelo, foram realizadas interpretações das fotografias de acordo com a seleção dos temas, passo que possibilitou a indagação sobre a mensagem que estava sendo transmitida pelas fotografias (Graneheim et al., 2017). Assim, os temas foram pensados segundo as características atribuídas à figura da enfermagem, com tópicos como sexo, cor, equipamento/instrumento/acessórios, personagens, ambiente e como característica associada ao fazer da enfermeira, atividade de rotina/técnica e representação.

Resultados e Discussão

Por meio do caráter denotativo das fotografias no que se refere à variável sexo, 06 imagens tinham apenas a representação masculina: 04 se encontravam no grupo da *Assistência*, 02 no grupo *Manifestação*, não havendo representação no *Imaginário*. No que se refere ao grupo *Assistência*, as atividades exercidas pelo sexo masculino retratadas pelas 4 fotografias foram: transferência de paciente, paramentação, conforto e esterilização da máscara N95, com veiculação nos portais de notícias dos Estados Unidos, Espanha e Inglaterra.

A conjugação entre a representação feminina e masculina de forma concomitante foi encontrada em 07 fotos: 01 no agrupamento *Assistência*, 02 no *Imaginário* e 04 no grupo *Manifestação*. Com ações que envolvem mudança de decúbito (*Assistência*), retrato humanizado dos profissionais, seja com fotografias que desnudam os profissionais com e sem paramentação e o momento da pausa do ambiente de trabalho (*Imaginário*).

Fotografia 1 - Combinação de imagens mostra os auxiliares de enfermagem antes e depois de colocarem as máscaras, 12/05/2020



Fonte: Amanda Perobelli, 2020 /Reuters.

Ao se observar a origem destas 05 imagens alocadas no grupo *Manifestação*, 04 correspondiam a portais de notícia brasileiros, tendo as taxas de óbitos, reivindicações por equipamentos básicos de proteção e a valorização como um dos motivos para o protesto. Contudo, o contexto conotativo das fotografias permitiu perceber o simbolismo direcionado à figura masculina, que detém papel de destaque, assumindo características de liderança nos movimentos.

Fotografia 2: Enfermeiros fazem homenagem em Brasília a colegas mortos pela Covid-19





Fonte: Afonso Ferreira, 2020. G1.

Considerando-se o contexto histórico da enfermagem, os achados referentes ao destaque do sexo masculino suscitam o seguinte questionamento: Porque o homem assumiu um caráter reivindicatório, de posicionamento e maior visibilidade em uma profissão com expressiva presença do sexo feminino?(World Health Organization, 2020). O que leva a esse tipo de postura masculina em uma profissão predominantemente feminina?

No que se refere ao processo de institucionalização, a enfermagem adotou estereótipos de “auxiliar” da categoria médica, bem como uma veiculação a atribuições domésticas, com vistas ao reconhecimento social como área de atuação propícia ao gênero feminino (Lombardi & Campos, 2018). Tendo forte vinculação com a caridade, cuidado, amor e raízes do trabalho humanitário atribuídas a profissão(Lombardi & Campos, 2018; Martín-Moruno et al., 2020). Tendo no século XIX, por exemplo, a figura de Arenal como modelo de feminilidade espanhola na prestação de cuidados ternos em situações humanitárias(Lombardi & Campos, 2018).

Essa construção do perfil profissional, que se iniciou no final do século XIX e se consolidou no transcurso do século XX, surgiu em um contexto

histórico de conflitos e tornou oportuna a inserção de mulheres, como Florence Nightingale, Mary Seacole e Anna Nery (Lombardi & Campos, 2018; Padilha, 2020) Tais figuras e seus trabalhos proporcionaram visibilidade à representação feminina, imprimindo uma nova forma de cuidar e o significativo papel para a enfermagem como profissão. Contudo, a bioética feminista faz uma reflexão ampliada sobre a indiferença/escassez de registros sobre essas mulheres que delimitaram seu espaço, especialmente em períodos de dificuldade decorrentes de crises humanitárias(Martín-Moruno et al., 2020).

Nesse processo de compreensão do silenciamento feminino, documentos, como cartas, diários, álbuns de fotos e autobiografias, apesar de terem caráter subjetivo, tornaram-se instrumentos utilizados para se investigar e de análise do real papel feminino na história(Summerfield, 2018). Entretanto, esse protagonismo dos homens nos portais de notícia brasileiros, seja por estarem em maior número ou em primeiro plano nas fotografias alocados no agrupamento *Manifestação*, alertam para uma invisibilidade feminina que ultrapassou o campo teórico e se propaga também nos meios midiáticosde reprodução.

Apenas houve uma representação massiva da enfermagem, no grupo *Imaginário*, referente ao ambiente de prestação de cuidados e associada à utilização de equipamento de proteção. Revelando uma escassez de representação dos profissionais da enfermagem para além do ambiente de trabalho. Essa lacuna se comprova tendo em vista a expressiva quantidade de imagens que retratam cansaço, tristeza e o desconforto da enfermagem, mas que infelizmente, não alcançaram a realidade externa aos centros de saúde.

Na avaliação relativa à categoria cor, apenas 13 fotografias retrataram, exclusivamente, profissionais pardos e pretos, sendo 7 no grupo *Assistência*, 5 no *Imaginário* e 1 no *Manifestação*. Dentre essas fotografias, todas retrataram profissionais do sexo feminino, com 5 fotos veiculadas em portais de notícia no Brasil.

Fotografia 3: A enfermeira do hospital rural Nasrec em Joanesburgo (África do Sul), protegida com seu EPI para cuidar de pacientes covid-19.



Fonte: James Oatway, 2020. El País.

No que se refere a fotografias que mesclaram profissionais pardos, pretos e brancos, de forma concomitante, foram encontrados 6 exemplares, sendo 1 no grupo *Assistência*, 2 no *Imaginário* e 3 no *Manifestação*. A representação *Assistencial* capturou a ação do profissional auxiliando na mudança de decúbito de um indivíduo, a foto do *Imaginário* contou com a representação de profissionais com e sem paramentação, e 3 do grupo *Manifestação* revelaram aspectos como a concentração e a motivação dos atos de protestos.

Considerando-se os aspectos que envolveram a organização e concepção da enfermagem como categoria profissional, a hierarquização e a divisão do processo de trabalho das “nurses” e “lady nurses” mostrou-se como ferramentas imprescindíveis para a subjugação das mulheres pardas e pretas atuantes na área (Lombardi & Campos, 2018). Elas foram renegadas no processo de institucionalização da profissão, em decorrência de uma tentativa de vincular o perfil da enfermagem a um maior nível socioeconômico e à população branca (Lombardi & Campos, 2018). Denominadores elencados para elitização da profissão e que chegaram a ser considerados requisitos informais para a



seleção de vagas nas primeiras escolas de enfermagem, com a titulação sendo usada para a aplicação da divisão técnica da categoria (Almeida de, 2020).

Esse contexto e forma de pensamento ainda se refletem na sociedade atual, o que pode ser verificado na análise dos agrupamentos *Imaginários* e *Manifestação*, os quais não contaram com retratos significativos de profissionais pardos e pretos nas fotografias veiculadas nos portais de notícia no Brasil, ainda que a primeira enfermeira vacinada e retratada fosse uma mulher negra. Essa situação reforça a ausência de representação que silencia a maior parte da categoria profissional, onde, ao se analisar o apontamento de Oliveira em que a enfermagem é composta por 53% de pessoas pardas e pretas no Brasil, fica evidente que essa invisibilidade transcende a Enfermagem para ser vista como um reflexo da ausência representatividade social (Martín-Moruno et al., 2020).

A presença dos equipamentos de proteção individual (EPI) contou com 58 fotografias retratando profissionais com pelo menos um EPI, tendo presença considerável nos agrupamentos *Imaginário* e *Manifestação*. Houve destaque para o jaleco em 11 fotografias (9 no grupo *Manifestação* e 2 no *Imaginário*), 30

fotografias com uso de roupa privativa (10 no grupo *Assistência*, 11 no *Imaginário* e 6 no *Manifestação*), 9 fotografias com macacão (6 no grupo *Assistência* e 3 no *Imaginário*) e 28 fotografias com profissionais utilizando capote (24 no grupo *Assistência*, 2 no *Imaginário* e 3 no *Manifestação*).

A máscara, material adotado como obrigatório para a prevenção da infecção contra a SARS-COV-2, foi analisada de forma separada, considerando-se que foi um equipamento que extrapolou a vinculação dos ambientes de prestação de saúde e se propagou em todos os setores sociais. Contou com a presença de diferentes materiais, sendo 27 fotografias com máscaras cirúrgicas (14 no grupo *Assistência*, 3 no *Imaginário* e 9 no *Manifestação*), 3 fotografias - todas no grupo *Assistência* -, com máscara de tecido, 10 fotografias com a N95 (8 no grupo *Assistência* e 2 no *Imaginário*) e 8 fotografias apenas com a Peça Facial Filtrante (PFF2), 5 no agrupamento *Assistência*, 2 no *Imaginário* e 1 no *Manifestação*. Na ausência da representação dos profissionais da enfermagem com máscara, foram encontradas 17 imagens, sendo 3 no grupo *Assistência*, 12 no *Imaginário* e 1 no *Manifestação*.

Analisando-se as mesmas



fotografías, mas utilizando-se o caráter conotativo para ampliar a percepção, verificou-se grande vinculação da enfermagem aos ambientes de prestação de cuidados, em especial, na categoria *Assistência*, com 26 fotografias. Ao analisar as fotografias alocadas no grupo *Manifestação*, observou-se que apesar de terem sido registradas - em sua maioria - em ambientes fora do hospital, houve a utilização simbólica dos EPI's durante a realização dos atos. Essa foi a forma encontrada pela enfermagem para potencializar e chamar atenção às suas reivindicações, busca por direitos, reconhecimento e manifestações de luta, seja nas ruas ou em frente a espaços de órgãos públicos(Catton, 2020)

Tendo seus primeiros registros, no período da peste bubônica, a máscara foi o EPI com destaque social na pandemia do coronavírus. Em meio a sua obrigatoriedade mundial, foi retratada como objeto símbolo da atual sociedade já em março de 2020, pelo *New York Times*(Matuschek et al., 2020). Adquiriu conotações e viéses culturais, éticos e políticos ao serem usadas pela população como demonstração de apoio a ciência e forma de proteção coletiva. Como prerrogativa contrária foi utilizada com analogias da obrigatoriedade do objeto como forma de coerção. A adesão ao seu

uso adquiriu caráter ideológico e político, em todo o mundo(Martinelli et al., 2020).

Nesta pesquisa, a ausência de máscaras fotografias foi encontrada no agrupamento *Imaginário* com 12 fotografias, 3 no agrupamento *Assistência* e apenas 1 no agrupamento *Manifestação*. Essas representações fotográficas no âmbito da saúde, demonstraram a escassez de recursos para proteção individual, cristalizando a vulnerabilidade desses profissionais e a escassez de recursos para sua proteção, o que ocorreu globalmente no início da pandemia(Serrano Gallardo, 2021; Shahrour & Dardas, 2020).

No grupo *Imaginário*, a ausência de máscara é um denominador que pode ser justificado como uma tentativa em se retratar o profissional da saúde em suas múltiplas faces e vivências. O impacto para a saúde mental dos profissionais agravados pelo medo de infecção, isolamento e a ausência de referências teóricas que norteassem o cuidado, no contexto pandêmico foi expressivo(Bassi et al., 2021; Dincer & Inangil, 2021). Esse fato acrescido à necessidade da utilização constante dos equipamentos de proteção individual na assistência, em especial para aqueles positivos para a SARS-CoV-2(Dincer & Inangil, 2021) e a alta demanda de pacientes, podem ser considerados

elementos decisivos para o desgaste físico e emocional dos servidores da saúde (Bassi et al., 2021; Dincer & Inangil, 2021).

Fotografia 4: Um técnico pendura máscaras N95 para serem esterilizadas com luz UVC em Abu Dhabi, Emirados Árabes Unidos.



Fonte: Christopher Pike, 2020. REUTERS.

No que concerne às atividades representadas no grupo *Assistência*, as principais ações capturadas foram paramentação, vacinação, preparação do leito, testagem para Covid-19 e preparo e aplicação de medicação. No contexto do grupo *Imaginário* as principais ações retratadas foram o cansaço, a representação da figura do herói, o desgaste emocional e físico. E no grupo *Manifestação*, 5 das 18 fotografias mostraram os ambientes de prestação de saúde, com 3 fotografias homenageando os profissionais com aplausos ou flores e 2 retratando o protesto dos profissionais em relação aos óbitos ocasionados pela da Covid-19.

Fotografia 5: Mesmo na Zona Rural, grupos prioritários receberam a vacina



Fonte: Michael Dantas, 2021. AFP.

Nas atribuições da enfermagem, principalmente no agrupamento *Imaginário*, ficou evidente a ausência de representações voltadas à maior complexidade das atribuições da enfermagem. As atividades representadas eram: vacinação, cuidado beira leito e testagem da população. Logo, existe desconhecimento sobre a amplitude do trabalho dos enfermeiros, que inclui ações técnicas, gerenciais, de supervisão e administração, ensino e pesquisa. Deve-se buscar o uso midiático da prática baseada em evidências, como instrumento para promover visibilidade social e política das dimensões da profissão (Pierrotti et al., 2020). Esse fator pode contribuir para a formação de estereótipos favorecendo a desvalorização da profissão ao descaracterizar, estigmatizar e sub-representar os profissionais no seu exercício profissional (Steele & Aronson,



2020).

Assim, compreende-se que as vulnerabilidades que envolvem a enfermagem estão conectadas a sua concepção histórica, principalmente no Brasil. Onde, apesar da consolidação enquanto categoria profissional, ainda existe uma visão destes como auxiliar de profissionais da área médica. Sendo refletida na hierarquização, baixo reconhecimento social e salarial presentes na sociedade (Lombardi & Campos, 2018).

Conclusões

A utilização das fotografias como instrumento desta pesquisa revelou uma associação arcaica entre gênero e atribuições da enfermagem que remetem ao período de institucionalização da profissão. Nas 22 fotografias veiculadas pelos portais de notícias brasileiros, foi observada sub-representação das mulheres negras e dos homens como figuras de destaque nos espaços de reivindicação política e social. No contexto mundial, evidenciaram-se vulnerabilidades relacionadas às condições de trabalho, que tiveram consequências nas dimensões psicológicas, físicas, taxa de infecção e óbitos desses profissionais ao longo da pandemia.

Assim, apesar de o grupo de países analisados comporem as maiores

economias mundiais, pôde-se observar uma vulnerabilidade da enfermagem anterior à pandemia, em que o estereótipo cultural e de gênero interferem na concepção social referente às atribuições e reconhecimento da profissão, tendo a COVID-19 como um palco para reivindicação e oportunidade de visibilidade mundial.

Bibliografias

- Akashi, H., Ishizuka, A., Lee, S., Irie, M., Oketani, H., & Akashi, R. (2019). The role of the G20 economies in global health. *Global Health & Medicine*, 1(1), 11–15. <https://doi.org/10.35772/GHM.2019.01008>
- Almeida de, A. H. (2020). *Mulheres negras e a realidade da enfermagem no Brasil*. NASCE/CM. <http://nascecme.com.br/2014/wp-content/uploads/2020/07/Artigo-Alva-Helena-de-Almeida.pdf>
- Bassi, M., Negri, L., Delle Fave, A., & Accardi, R. (2021). The relationship between post-traumatic stress and positive mental health symptoms among health workers during COVID-19 pandemic in Lombardy, Italy. *Journal of Affective Disorders*, 280(Pt B), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.11.065>
- Catton, H. (2020). Nursing in the COVID-19 pandemic and beyond: protecting, saving, supporting and honouring nurses.



International Nursing Review, 67(2), 157–159. <https://doi.org/10.1111/inr.12593>

Clark, B., & Preto, N. (2018). Exploring the concept of vulnerability in health care. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 190(11), E308. <https://doi.org/10.1503/CMAJ.180242>

COFEN. (2020, April 7). *Relatório da OMS destaca papel da Enfermagem no mundo Conselho Federal de Enfermagem - Brasil*. http://www.cofen.gov.br/relatorio-da-oms-destaca-papel-da-enfermagem-no-mundo_78751.html

Conselho Federal de Enfermagem; Fundação Oswaldo Cruz. (2017). *Relatório final da Pesquisa Perfil da Enfermagem no Brasil*. 28.

Dincer, B., & Inangil, D. (2021). The effect of Emotional Freedom Techniques on nurses' stress, anxiety, and burnout levels during the COVID-19 pandemic: A randomized controlled trial. *Explore*, 17(2), 109–114.

<https://doi.org/10.1016/j.explore.2020.11.012>

Druml, C. (2020). COVID-19 and ethical preparedness? In *Wiener Klinische Wochenschrift* (Vol. 132, Issues 13–14, pp. 400–402). Springer Medizin. <https://doi.org/10.1007/s00508-020-01709-7>

Fell, A. S., & Hallett, C. E. (2013). *First World War Nursing: New Perspectives*.

First World War Nursing: New Perspectives, 1–216.

<https://doi.org/10.4324/9780203448922>

Graneheim, U. H., Lindgren, B. M., & Lundman, B. (2017). Methodological challenges in qualitative content analysis: A discussion paper. *Nurse Education Today*, 56, 29–34. <https://doi.org/10.1016/J.NEDT.2017.06.002>

Grimmond, J., Kornhaber, R., Visentin, D., & Cleary, M. (2019). A qualitative systematic review of experiences and perceptions of youth suicide. *PLoS ONE*, 14(6).

<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0217568>

Hamrouni, N. (2013). Gilligan Carol, Hochschild Arlie, Tronto Joan, Contre l'indifférence des privil. *Genre, Sexualité et Société*, 5. <https://doi.org/10.4000/GSS.2907>

International Council of Nurses. (2021). *International Council of Nurses Covid-19 Update: Mass trauma experienced by the global nursing workforce*. January, 4.

Junior, E. B. L., Oliveira, D., Saramago, G., dos Santos, A. C. O., & Schnekenberg, G. F. (2021). Análise Documental Como Percurso Metodológico na Pesquisa Qualitativa. *Cadernos Da Fucamp*, 20(44), 36–51.

Lasater, K. B., Aiken, L. H., Sloane, D. M.,



- French, R., Martin, B., Reneau, K., Alexander, M., & McHugh, M. D. (2021). Chronic hospital nurse understaffing meets COVID-19: an observational study. *BMJ Quality & Safety*, 30(8), 639. <https://doi.org/10.1136/BMJQS-2020-011512>
- Lombardi, M. R., & Campos, V. P. (2018, July). *A enfermagem no brasil e os contornos de gênero, raça/cor e classe social na formação do campo profissional*. Revista Da ABET, v. 17, n. 1, Janeiro a Junho de 2018. <https://periodicos.ufpb.br/index.php/abet/article/view/41162/20622>
- Maier, C. B. (2019). Nurse prescribing of medicines in 13 European countries. *Human Resources for Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/S12960-019-0429-6>
- Martín-Moruno, D., Edgar, B. L., & Leyder, M. (2020). Feminist perspectives on the history of humanitarian relief (1870–1945). *Medicine, Conflict and Survival*, 36(1), 2–18. <https://doi.org/10.1080/13623699.2020.1717720>
- Martinelli, L., Kopilaš, V., Vidmar, M., Heavin, C., Machado, H., Todorović, Z., Buzas, N., Pot, M., Prainsack, B., & Gajović, S. (2020). Face Masks During the COVID-19 Pandemic: A Simple Protection Tool With Many Meanings. *Frontiers in Public Health*, 8, 606635. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2020.606635>
- Matuschek, C., Moll, F., Fangerau, H., Fischer, J. C., Zänker, K., Van Griensven, M., Schneider, M., Kindgen-Milles, D., Knoefel, W. T., Lichtenberg, A., Tamaskovics, B., Djepmo-Njanang, F. J., Budach, W., Corradini, S., Häussinger, D., Feldt, T., Jensen, B., Pelka, R., Orth, K., ... Haussmann, J. (2020). The history and value of face masks. *European Journal of Medical Research*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/S40001-020-00423-4>
- Padilha, M. I. (2020). From florence nightingale to the COVID-19 pandemic: The legacy we want. *Texto e Contexto Enfermagem*, 29, 1–13. <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2020-0327>
- Pierrotti, V. W., Guirardello, E. de B., & Toledo, V. P. (2020). Nursing knowledge patterns: nurses' image and role in society perceived by students. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 73(4), e20180959. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2018-0959>
- Serrano Gallardo, P. (2021). COVID-19: vulnerability in the eye of the hurricane. *Enfermería Clínica*, 31, S2–S3. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2020.05.020>
- Shahrour, G., & Dardas, L. A. (2020). Acute



stress disorder, coping self-efficacy and subsequent psychological distress among nurses amid COVID-19. *Journal of Nursing Management*, 28(7), 1686–1695. <https://doi.org/10.1111/jonm.13124>

Smith, J. A., & Judd, J. (2020). COVID-19: Vulnerability and the power of privilege in a pandemic. *Health Promotion Journal of Australia*, 31(2), 158. <https://doi.org/10.1002/HPJA.333>

Stangl, A. L., Earnshaw, V. A., Logie, C. H., Brakel, W. van, Simbayi, L. C., Barré, I., & Dovidio, J. F. (2019). The Health Stigma and Discrimination Framework: a global, crosscutting framework to inform research, intervention development, and policy on health-related stigmas. *BMC Medicine*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/S12916-019-1271-3>

Steele, C. M., & Aronson, J. (2020). Stereotype threat and the intellectual test performance of African Americans. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69(5), 797–811. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.69.5.797>

Stokes-Parish, J., Elliott, R., Rolls, K., & Massey, D. (2020). Angels and Heroes: The Unintended Consequence of the Hero Narrative. In *Journal of Nursing Scholarship* (Vol. 52, Issue 5, pp. 462–466). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/jnu.12591>

Summerfield, P. (2018). Subjectivity, the self and historical practice. *New Directions in Social and Cultural History*, 21–44. <https://doi.org/10.5040/9781474204835.CH001>

World Health Organization. (2020, April 6). *State of the World's Nursing Report 2020: : investing in education, jobs and leadership.* <https://www.who.int/publications/i/item/9789240003279>

Zander, B., Blümel, M., & Busse, R. (2013). Nurse migration in Europe--can expectations really be met? Combining qualitative and quantitative data from Germany and eight of its destination and source countries. *International Journal of Nursing Studies*, 50(2), 210–218. <https://doi.org/10.1016/J.IJNURSTU.2012.11.017>

*Evaluación del riesgo de la presencia de hongos
toxicogénicos en la industria chacinera.*



D. 36. Salud Humana.

Evaluación del riesgo de la presencia de hongos toxicogénicos en la industria chacinera.

Autor: Ducret, Fiama Giovanna;

fiamagducret654@gmail.com

Profesora guía: MSc. Benzzo, Maria Teresita; mtbenzzo@fich.unl.edu.ar

Universidad Nacional del Litoral

Resumen.

Durante la elaboración de los productos cárnicos crudo-curados fermentados, las etapas de maduración y secado constituyen puntos críticos en lo que refiere a la calidad higiénico-sanitaria. La colonización superficial de estos productos con hongos filamentosos beneficiosos, les otorga características organolépticas específicas. No obstante, el fuerte componente artesanal y/o las deficiencias inherentes al proceso productivo, permiten la contaminación con especies potencialmente toxicogénicas presentes en el ambiente.

El presente trabajo contempló el relevamiento de la microflora fúngica estacional presente en los secaderos de dos plantas de chacinados ubicadas en la ciudad de Santa Fe. Un total de 46 aislamientos de hongos provenientes del ambiente, superficies de embutidos e insumos (tripa), fueron caracterizados macroscópicamente y microscópicamente

hasta Género. Los *Penicillium* y *Aspergillus* (15/46) se caracterizaron a nivel de Serie o Especie. Se evaluó la capacidad toxicogénica a través del bioensayo de *Artemia salina* resultando 10 aislamientos con toxicidad leve (DT) y 2 tóxicos (T) mientras que 10 fueron no tóxicos. Se determinó la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$, test de no paramétrico de KW) entre el Control (+; sin extracto fúngico) y las diluciones de los SN, pero no entre éstas últimas.

Estos resultados identifican el riesgo químico asociado a la presencia de hongos toxicogénicos en el ambiente de los secaderos, comprometiendo así la inocuidad alimentaria.

Palabras clave: embutidos, secadero, hongos toxicogénicos



I. Introducción

La producción de chacinados y embutidos crudo-curados reviste gran importancia socio-económica en Argentina debido al elevado consumo per cápita, destacando numerosas fábricas radicadas en Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, con importantes diferencias en sus sistemas de producción, lo cual impacta en la seguridad alimentaria.

Muchos de estos productos se vinculan a la cultura asociada a su elaboración, origen geográfico y condiciones locales de producción, configurándose como un sistema de calidad diferenciada y agregado de valor, tales como “Alimentos con sello argentino”, “Sistema de Indicación Geográfica y Denominación de Origen”.

Durante el proceso productivo, en la etapa de maduración y secado, el crecimiento de hongos y levaduras sobre la tripa juega un rol importante en el desarrollo de las características organolépticas del producto final, protegiéndolo de la luz y el oxígeno e inhibiendo el desarrollo de bacterias indeseables (Castellari, 2006). Por otra parte, los hongos asociados al emplume de embutidos crudo-curados, involucra especies de *Penicillium* tales como *P. nalgiovense*, *P. olsonii*, *P. chrysogenum*, *P.*

verrucosum, *P. spathulatum*, *P. solitum*, *P. oxalicum*, *P. commune*, *P. camemberti*, *P. expansum*, *P. miczynskii* y *P. simplicissimum* (López Diaz et al., 2001, Ludemann et al., 2004; Sonjak et al., 2010; Galvalisi, 2012; Alapont et al., 2014). Se asocian, además, especies contaminantes como *P. aurantiogriseum* (Moracanic, 2008) y de los géneros *Aspergillus*, *Scopulariopsis*, *Rhizopus*, *Eurotium* y *Mucor* (Castellari et al., 2010) los cuales, dependiendo del valor de la actividad acuosa (aw), alteran la calidad sensorial del producto. De manera similar, *Cladosporium herbarum* produce manchas de color negro deteriorando el aspecto externo del producto (Vila, 2015).

Existen numerosos trabajos que reportan la producción de compuestos toxicogénicos y micotoxigénicos en productos cárnicos crudo-curados secos y semisecos (Scheuer, 1995; Pose et al., 2004; Ludemann et al., 2004; Latorre Rapela et al., 2005; Castellari, 2006; Castellari et al., 2008; Iacumin et al., 2009; Dall’Asta et al., 2010; Rodríguez et al., 2012). Peromingo et al. (2019) demostraron la difusión de metabolitos secundarios, ocratoxina A (OTA) y ácido ciclopiazónico (CPA), al inocular salchichas fermentadas y jamón crudo con *P. nordicum*, *P. verrucosum* y *P. griseofulvum*, simulando el proceso de



maduración industrial. Los metabolitos secundarios difundieron desde la superficie, contaminando los productos hasta los 3 cm de profundidad, siendo mayor en las salchichas fermentadas respecto del jamón crudo. Aunque los niveles detectados de compuestos tóxicos de origen fúngico han sido pequeños y limitados a no más de unos pocos milímetros bajo la superficie del embutido o chacinado, el crecimiento de mohos no deseables debería evitarse, no sólo por el riesgo de formación de micotoxinas y antibióticos, sino también por los defectos que provocan sobre la calidad sensorial del producto. Debido a esto, es común realizar entre los fabricantes, un cepillado o lavado, previo a su expedición, espolvoreándolos con fécula o envasándolos al vacío. No obstante, la remoción del micelio fúngico no asegura un alimento inocuo desde el punto de vista toxicológico ya que podría haber difusión previa de metabolitos secundarios al interior del producto. Así, la práctica de remover la superficie enmohecida de estos productos cárnicos no elimina el riesgo (López de Goicoechea, 2010; Peromingo et al., 2019). El uso de starters comerciales (CIF) compuestos por hongos no micotoxigénicos y no productores de antibióticos, adaptados al proceso de maduración, permite controlar poblaciones microbianas indeseables a la

vez que estandariza la producción (Juárez, 2005; Rivas et al., 2019; Tévez Ciappino et al., 2019). Luego, dirigir la ecología microbiana del producto durante las etapas de maduración y secado resulta clave en términos de inocuidad y calidad sensorial (Asensio et al., 2014).

Debido a que cada vez son más los consumidores que padecen de reacciones alérgicas ante el consumo de ciertos alimentos, resulta factible que en un futuro cercano, se aplique un control más estricto sobre la presencia de determinadas especies fúngicas en los sectores de producción de la industria chacinera, realizando un adecuado monitoreo ambiental, en especial de los secaderos.

II. Objetivos

Caracterizar morfológicamente, a nivel macro y microscópico, los hongos ambientales que colonizan los productos cárnicos crudo-curados durante su elaboración, para evaluar el riesgo asociado a la producción de metabolitos toxicogénicos y micotoxigénicos, comprometiendo así la inocuidad alimentaria.

Realizar el relevamiento de la flora fúngica presente en el ambiente del secadero de dos (2) plantas elaboradoras de embutidos crudo-curados de la ciudad de Santa Fe.



Determinar la capacidad toxicogénica de las especies fúngicas aisladas utilizando el bioensayo de *Artemia salina*.

III. Materiales y Métodos

III. 1. Aislamiento de hongos en el ambiente productivo.

Se realizó un muestreo estacional (invierno-verano) en el sector de los secaderos de dos (2) fábricas de chacinados de Santa Fe, una de elaboración artesanal (sin CIF y tripa natural, empresa B) y otra automatizada (con CIF y tripa artificial, empresa A). Los productos se seleccionaron en función del nivel de producción y la contaminación observada al momento del muestreo. Para ello se realizó un hisopado (Laich et al., 2002) de la superficie de los productos en proceso, seleccionando aquellos que presentaban manchas negras, amarillas, naranjas y verdes. Las muestras se conservaron y trasladaron en tubos cerrados con solución fisiológica estéril bajo condiciones de refrigeración. Posteriormente, las muestras se sembraron en estría, utilizando Agar Extracto de Malta (AEM) a 25°C, 7-10 días en condiciones de aerobiosis. Las colonias macroscópicamente diferentes, se repicaron al mismo medio por siembra

puntual (colonia gigante), hasta la obtención de cultivos axénicos, asignando a cada aislamiento un código que permitió correlacionar la fecha de muestreo, tipo y lote del producto y la empresa.

El aislamiento de hongos del ambiente de los secaderos se realizó por exposición de placas de Petri con AEM durante 15 minutos. Culminado el tiempo de exposición, las placas se cerraron y trasladaron al laboratorio incubándolas a 25°C, 7-10 días en aerobiosis. Cada aislamiento (cultivo axénico) se caracterizó macroscópicamente (observación de la colonia gigante) y microscópicamente mediante la técnica de cinta engomada, fragmento de colonia y/o microcultivo.

Los aislamientos se sembraron en tubos con AEM (en rampa), conservándolos a 4°C como stock de trabajo. Adicionalmente, se conservaron por triplicado en viales a -80°C, en caldo YPG suplementado con 20 % de glicerol, como stock permanente.

III. 2. Caracterización e identificación morfológica.

Del total de los aislamientos realizados, se seleccionaron aquellos pertenecientes a los géneros reportados como toxicogénicos y micotoxigénicos en la bibliografía: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Trichoderma*.



Para la caracterización e identificación morfológica de los aislamientos pertenecientes a los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*, se realizaron las técnicas clásicas propuestas por Pitt and Hocking (1999). Se utilizaron los medios Agar Czapek con Extracto de Levadura (CYA), Agar Nitrato con 25% de Glicerol (G25N) y Agar Extracto de Malta (AEM). Las placas de Petri con medio MEA y G25N (20 mL/placa) se incubaron a 25°C en aerobiosis, mientras que las que contenían CYA, se incubaron a 5°, 25° y 37°C. En los casos que se identificó un aislamiento de *Penicillium* subgénero *penicillium* se utilizó CSN (CREA modificado), medio que aplica a la identificación de hongos xerófilos a 25°C (Pitt and Hocking, 1999)

Cada aislamiento fúngico seleccionado, se sembró de manera puntual (utilizando ansa aguja) en tres puntos equidistantes del borde y centro de la placa. La lectura se efectuó a los 7 días de la siembra, previa calibración del ocular micrométrico. Se determinó así el diámetro de las colonias, apariencia, textura, formación de estrías y surcos superficiales, producción de exudados y pigmentos solubles que difunden al medio de cultivo, coloración del micelio, de los conidios o esporas, así como del reverso de la colonia. Todos los que presentaron idéntica descripción macroscópica se agruparon

para luego ser identificados empleando la clave de referencia (Pitt and Hocking, 1999). Las colonias obtenidas a 5°C y 37°C se observaron mediante lupa estereoscópica a fin de comprobar si el crecimiento o la germinación estaban presentes.

Las observaciones microscópicas se realizaron a partir de las colonias crecidas en los medios CYA y MEA, mediante las técnicas de fragmento de colonia y/o cinta engomada. El montaje con azul de lactofenol permitió evidenciar la textura superficial de las hifas, la presencia de cuerpos de fructificación, el diámetro, forma y arquitectura externa de los conidios y esporas. En el caso de los aislamientos de *Penicillium*, se registró el número de ramificaciones de la estructura reproductiva, longitud y textura superficial de los conidióforos, número y longitud de las métulas, fiálides y conidios. En los aislamientos pertenecientes al Género *Aspergillus*, se evaluó la textura superficial del estipe; longitud de las hifas; número y longitud de las métulas, fiálides y diámetro de los conidios; color y diámetro de cleistotecios; textura, forma y diámetro de las cabezas conidiales; textura y forma de las ascosporas.

III.3 Evaluación de la toxicidad.

La capacidad toxicogénica de los aislamientos fúngicos se determinó a través del bioensayo con larvas de *Artemia salina* (Harwig & Scott, 1971; González et al., 2007; Galvalisi Carzoglio, 2016). Los huevos de *A. salina* se reactivaron en un erlenmeyer (40 mg en 100 mL) conteniendo una solución de sal marina (2,4 % m/v) estéril, incubando a 25°C durante 24 horas, con fotoperiodo natural (11 horas luz/13 horas oscuridad) y aireación reducida (aproximadamente 1 burbuja/minuto).

Para la obtención de los sobrenadantes (SN) de hongos, se procedió a la inoculación de 10⁴ conidios/mL (estandarizados por cámara de Neubauer) partiendo del cultivo stock, en caldo Extracto de Levadura Sacarosa (YES), un potente inductor de la producción de micotoxinas. Todos los cultivos se incubaron a 25°C, durante 7 días con agitación orbital (150 rpm). Posteriormente, se tomaron alícuotas, se centrifugaron (10000 rpm, 10 min.) para eliminar el micelio, y se filtraron (0,22 µm) en esterilidad. Luego, se realizaron diluciones con agua estéril (1/10, 1/50 y 1/100) para su posterior evaluación frente a las larvas eclosionadas.

El ensayo se realizó en placas de Petri de 5 cm de diámetro con 10 mL/placa de solución de sal marina (2,4% m/v), a la cual

se adicionaron 10 larvas vivas y 0,5 mL de la dilución de cada SN fúngico. Las larvas eclosionadas se recolectaron mediante iluminación directa, aprovechando su fototropismo positivo, mediante pipeta Pasteur. Cada enfrentamiento (larva-dilución SN fúngico) se realizó por triplicado. El Control (-) consistió en 10 mL de solución salina + 10 larvas vivas, sin SN fúngico. Luego de la incubación (24 horas-25°C) se determinó la mortalidad de las mismas por observación con lupa estereoscópica. El porcentaje de mortalidad se calculó según:

% Mortalidad

$$= 100 - \frac{n^{\circ} \text{ larvas vivas tratadas} \times 100}{n^{\circ} \text{ larvas vivas del control}}$$

La toxicidad de las especies se consideró de acuerdo al siguiente criterio: 0-9 % de mortalidad: no tóxica, 10-49 %: débilmente tóxica, 50-89 %: tóxica y 90-100%: muy tóxica.

III.3.1 Análisis de datos

Se realizó un análisis estadístico del tipo descriptivo de los resultados del bioensayo, a fin de identificar aquellos aislamientos fúngicos que resultaron toxicogénicos. Adicionalmente, para determinar si existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las tres diluciones de cada uno

de los SN fúngicos ensayados respecto del Control, considerando que los datos no presentaron una distribución normal, se utilizó el test no paramétrico de Kruskal y Wallis.

IV. Resultados y Discusión

IV.1 Aislamiento y caracterización morfológica

En el presente estudio se caracterizaron un total de 46 aislamientos fúngicos procedentes del ambiente, de la superficie de embutidos crudo-curados en proceso de elaboración y de insumos. La caracterización microscópica permitió confirmar estructuras típicas del micelio aéreo en correspondencia con los siguientes géneros de hongos filamentosos: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* (Tabla 1).

Aislamientos fúngicos (N = 46) en secadero		
Empresa A (30)	AMBIENTALES (14)	<i>Penicillium</i> 11
		<i>Cladosporium</i> 1
		<i>Aspergillus</i> 1
		Sin identificar 1
		<i>Penicillium</i> 9

Empresa B (16)	SOBRE SALAME (15)	<i>Cladosporium</i> 1
		<i>Trichoderma</i> 1
		<i>Fusarium</i> 1
		<i>Alternaria</i> 1
		Sin identificar 2
	TRIPA (1)	<i>Penicillium</i> 1
	AMBIENTALES (8)	<i>Alternaria</i> 4
		<i>Fusarium</i> 1
		Sin identificar 3
		<i>Penicillium</i> 2
		<i>Alternaria</i> 1
		SOBRE SALAME (8)
	<i>Fusarium</i> 1	
	Sin identificar 2	

Tabla 1 Aislamientos fúngicos ambientales provenientes del ambiente del secadero de dos plantas de chacinados (empresas A: automatizada y B: artesanal).

Todos los aislamientos pertenecientes a *Penicillium* y *Aspergillus* fueron identificados a nivel de Serie y, en algunos casos inclusive hasta especie,

mediante las técnicas de Pitt and Hocking (1999).

De los 15 aislamientos estudiados, 5 pertenecieron a la especie *Penicillium nalgiovense* (12H8, 12H9, 12H5, 14B5, 14B8), 1 se identificó como *Penicillium camemberti* (14B2), se caracterizó 1 de la especie *Penicillium aurantiogriseum* (12H6), 3 aislamientos correspondieron a la Serie citrina (12I6, 13A1, 13A5), otros 3 a la Serie expansa (13i9, 14B7, 14C3), 1 aislamiento de la Serie glabra (13A4) y por ultimo 1 de los aislamientos perteneció a la especie *Aspergillus chevalieri*. A continuación, se detalla la caracterización morfológica de un representante por cada serie o especie identificada.

- *Penicillium nalgiovense* (12H8).

Características macroscópicas:

CYA, 25°C. Anverso: colonias de 25 a 27 mm de diámetro, aterciopelada; micelio vegetativo de color blanco, con presencia de surcos radiales y abundante producción de conidios de color blanco uniforme. Reverso: color blanco crema. Presencia de exudado amarillo pálido, ausencia de pigmentos solubles (Figura 1)

CYA, 5°C. No se observaron colonias a nivel macroscópico; la visualización mediante lupa estereoscópica confirmó germinación.

CYA, 37°C. No se observaron colonias a simple vista.

MEA, 25°C. Anverso: colonias 12-14 mm de diámetro con surcos radiales. Micelio reproductivo de color naranja y conidios de color verde. Reverso: color naranja intenso, como producto de la nalgiovensina, característica distintiva de *P. nalgiovense*. Ausencia de exudados y pigmentos solubles.

G25N, 25°C. Anverso: colonias 26-28 mm de diámetro, flocosas, verde-naranja en el centro, aterciopelada con elevación leve, micelio blanco con baja producción de conidios. Reverso: color blanco. Ausencia de exudados y pigmentos solubles.

CSN, 25°C. Anverso: viraje al amarillo indicando reacción ácida; escaso crecimiento de hifas vegetativas.

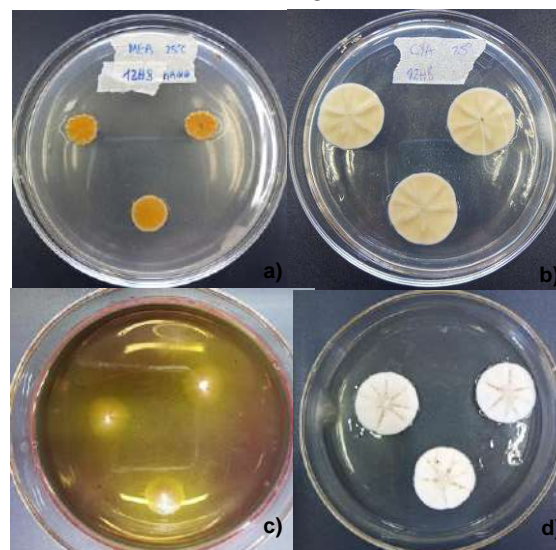


Figura 1. *P. nalgiovense*, aislamiento 12H8 proveniente de empresa A. a) Reverso MEA a 25°C, b) Reverso CYA 25°C c) Anverso CSN d) Anverso CYA a 25°C.

Estructuras fúngicas microscópicas:

Presenta conidióforos con estructura terverticilado, estipes de paredes lisas, con 3 fiálides ampuliformes de 9 μm por cada métula de 15 μm . Los conidios son de color blanco, con forma globosa, de aproximadamente 3 μm .

- *Aspergillus chevalieri* (ex eurotium chevalieri) (12i4)

Características macroscópicas:

CYA, 25°C: colonia de 17 mm de diámetro. Anverso: colonia granulosa amarillo-blanca, con centro verde. Reverso: marrón intenso

CYA, 5°C: sin crecimiento a los 7 días.

CYA, 37°C: 5 mm de diámetro.

MEA 25°C: colonias de 9 mm. Anverso: micelio verde con centro granuloso amarillo y blanco. Reverso: verde pálido.

G25N 25°C: Colonias de 29 mm con abundante formación de cleistotecios amarillos. Anverso: granulosa. Reverso: amarillo intenso. (Figura 2)

Estructuras fúngicas microscópicas:

Las cabezas conidiales de color verde presentaron estipe ancho y de textura lisa. Los conidios en cambio se observaron de textura rugosa con borde

puntillado de 4-4,5 μm . El conidióforo presenta fiálides ampuliformes.

Se observaron cleistotecios inmaduros a los 7 días de incubación. Los cleistotecios con reborde de hifas, contenían ascosporas que fueron caracterizadas con 2 hendiduras en forma de polea.

La presencia de cleistotecios rodeados de hifas es una característica distintiva de la especie, presentando ascosporas incoloras, lisas con rebordes en forma de polea y estructuras asexuales con vesículas y fiálides que cubren los 2/3 partes de la vesícula.

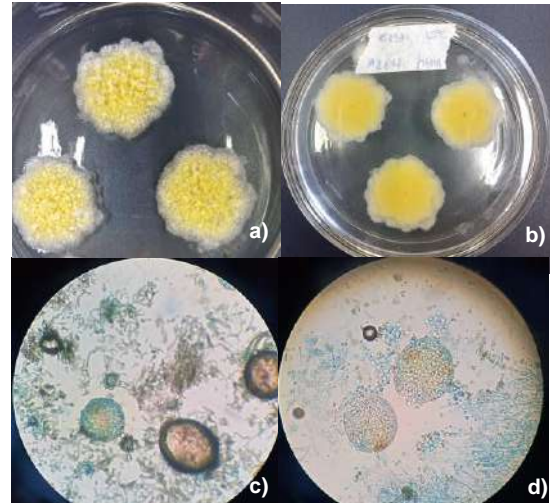


Figura 2: *A. chevalieri*, aislamiento 12i4 proveniente de empresa A. a) Anverso G25N a 25°C, b) Reverso G25N 25°C c) y d) Microscopia de cleistotecios rodeados de hifas y presencia de ascosporas.

- *Penicillium aurantiogriseum* (12H6)

Características macroscópicas:

CYA, 25°C: colonia de 35 mm de diámetro. En anverso colonia de textura granular, de color verde intenso con micelio vegetativo blanco, presenta surcos radiales y poca cantidad de exudado incoloro. Pigmento soluble presente de color amarillo. Reverso pálido con centro marrón (Figura 3).

CYA, 5°C: colonias de 5 mm anverso blanco con elevación y reverso blanco con centro verde.

CYA, 37°C: Sin crecimiento.

MEA 25°C: colonias de 28 mm. En anverso colonia granular de micelio vegetativo blanco y micelio reproductivo color verde. Reverso verde pálido.

G25N 25°C: Colonias de 26 a 28 mm con anverso blanco grisáceo

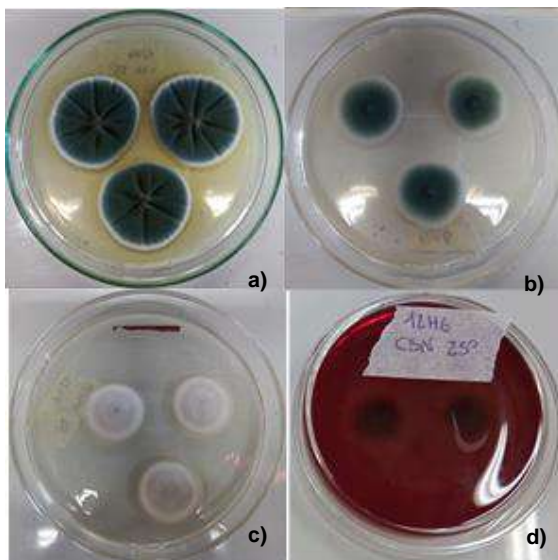


Figura 3. *P. aurantiigriseum* aislamiento 12H6 proveniente de Empresa A a) Anverso CYA 25°C; b) Anverso MEA 25°C; c) Anverso G25N 25°C d) Reverso CSN 25°C

aterciopelado con algo de elevación. Reverso blanco con centro grisáceo.

CSN: levemente ácido con crecimiento de colonia de 15 mm, de color verde en anverso y reverso marrón.

Estructuras fúngicas microscópicas:

Presenta un conidióforo terverticulado con 2 ramas, estipe de paredes lisas, fiálides ampuliformes de 6 a 7 μm , métulas de 12 a 14 μm y conidias esféricas de paredes lisas a finamente rugosas de 3 μm .

- Serie *Citrina*, posible *Penicillium miczybskii* (12i6)

Características macroscópicas

CYA, 25°C: colonia de 27 a 29 mm de diámetro. En anverso colonia de textura flocosa, de color verde, blanco con centro amarillo con micelio vegetativo blanco, radialmente surcada, con abundante exudado amarillo, esta abundancia en la producción de exudado es característica distintiva de esta especie. Pigmento soluble ausente. Reverso amarillo amarronado. (Figura 4)

CYA, 5°C: colonias de 2 mm reverso blanco con centro verde, anverso blanco.

CYA, 37°C: crecimiento, colonias de 2mm. Reverso blanco con centro verde., anverso blanco.

MEA 25°C: colonias de 45 a 48 mm. En anverso colonia aterciopelada plana de micelio vegetativo blanco y micelio reproductivo color verde, con presencia de exudado en muy poca cantidad de color transparente. Reverso verde con centro amarillo.

G25N 25°C: Colonias de 14 a 17 mm con anverso blanco aterciopelado con centro elevado de color rosa pálido. Reverso blanco crema.

Estructuras fúngicas microscópicas:

Presenta un conidióforo biverticilado subgénero *Furcatum*, ya que presenta de 3 a 4 metulas por fialide, es decir no excede las 5 metulas; las colonias en G25N poseen un diámetro entre 9-18 mm; presenta fiálides del tipo ampuliforme y el ratio longitud de metula/fialide es mayor a 1 (Pitt and Hocking 1999). Además, el estipe en MEA es de paredes rugosas y en CYA liso, las metulas son de aproximadamente 12 a 14 μm y las fiálides de 8.5 μm . Presenta conidios esféricos a subsféricos, lisos a finamente rugosos de 2 a 3 μm .

Si bien una de las principales características de esta especie implica la producción de esclerotia en algunos aislamientos, en este caso no se observa. En su microscopia es característico el estipe liso y los conidios dispuestos en columnas.

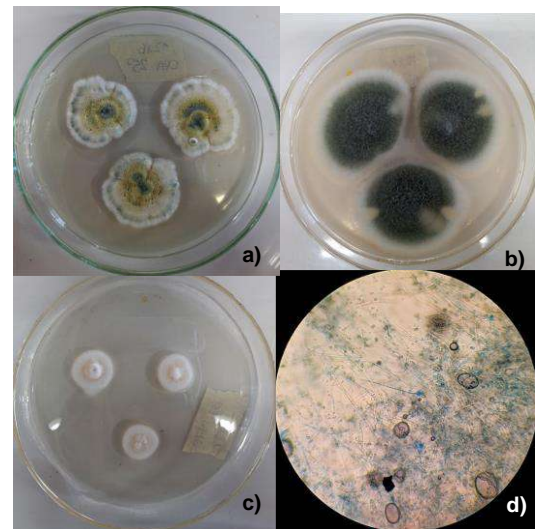


Figura 4. Serie Citrina, 12i6 proveniente de empresa A a) Anverso CYA 25°C; b) Anverso MEA 25°C; c) Anverso G25N 25°C; d) Microscopía 40X pincel biverticilado subgénero *Furcatum*.

- Serie Expansa posible *Penicillium expansum* (13i9)

Características macroscópicas:

CYA, 25°C: colonia de 38 mm de diámetro. En anverso colonia de textura granular, de color verde oscuro intenso con micelio vegetativo blanco, radialmente surcada, con abundante exudado incoloro. Pigmento soluble ausente. Reverso amarillo pálido. (Figura 5) Si bien sus colonias suelen presentar pigmento

soluble, en este caso no se distinguió. Su abundante presencia de surcos y exudado transparente resulta característica de esta especie.

CYA, 5°C: colonias de 10 mm reverso blanco, anverso blanco aterciopelada con elevación.

CYA, 37°C: Germinación.

MEA 25°C: colonias de 29 a 33 mm. En anverso colonia de textura granular plana de micelio vegetativo blanco y micelio reproductivo color verde oscuro. Reverso pálido con centro amarillo.

G25N 25°C: Colonias de 22 a 25 mm con anverso flocosa, blanca y surcada con centro elevado. Reverso amarillo pálido.

CSN: reacción ácida, colonia de 24 mm de diámetro, con anverso blanco granuloso.

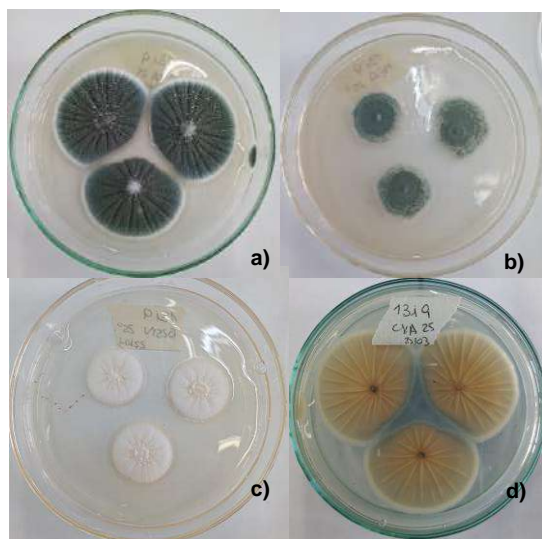


Figura 5. Serie Expansa, 13i9 proveniente de Empresa A
a) Anverso CYA 25°C; b) Anverso MEA 25°C; c) Anverso G25N 25°C; d) Reverso CYA

Estructuras fúngicas microscópicas:

Pincel terverticilado, con estipe finamente rugoso, con 1 o 2 ramas por pincel. Presenta además 3 fialides ampulliformes por metula de 7-8 μm y las métulas de 12 a 14 μm , las conidias en cambio son esféricas a subesféricas de 2 a 3 μm de diámetro.

Los conidios de *P. expansum* son de un verde profundo en CYA a 25°C muy típico de estos aislamientos.

- Serie Glabra posible *Penicillium glabrum* (13A4)

Características macroscópicas:

CYA, 25°C: colonia de 40-43 mm de diámetro. En anverso colonia de textura granular, de color verde oscuro intenso con micelio vegetativo blanco, radialmente surcada, con exudado incoloro en el centro de la colonia. Pigmento soluble presente de color amarillo. Reverso marrón/naranja intenso. (Figura 6).

CYA, 5°C: colonia de 5mm con anverso blanco aterciopelado.

CYA, 37°C: 10 mm anverso verde, con crecimiento arrugado. Reverso marrón.

MEA 25°C: colonias de 33 a 40 mm. En anverso colonia de textura granular plana de micelio vegetativo transparente y

micelio reproductivo color verde oscuro.
Reverso pálido.

G25N 25°C: Colonias de 17 mm con anverso aterciopelada, blanca y surcada con centro elevado. Reverso color salmón.

Estructuras fúngicas microscópicas:

Pincel monoverticilado (Figura 6d), con estipe finamente rugoso mayor a 50 μm . Presenta además 7 fiálides ampuliformes por estipe, las conidias son esféricas a subesféricas finamente rugosas de 2,5 a 3 μm de diámetro que forman columnas en el nacimiento. La vesícula tiene un diámetro de 5 a 6 μm .

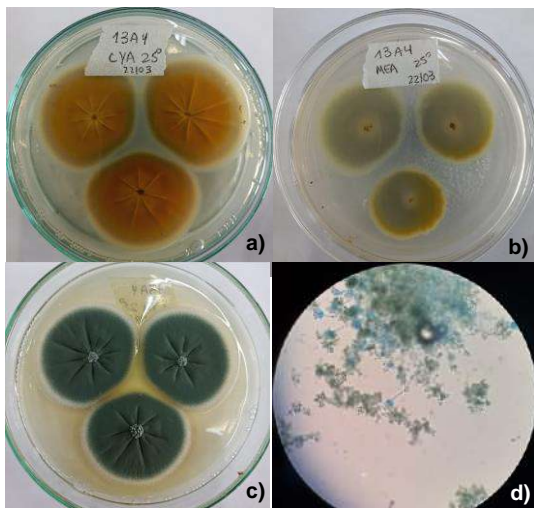


Figura 6. Serie *Glabra*, 13A4 proveniente de empresa A a) Reverso CYA 25°C; b) Reverso MEA 25°C; c) Anverso CYA 25°C; d) Microscopía de pinceles onoverticilados.

▪ *Penicillium camemberti* (14B2)

Características macroscópicas:

CYA, 25°C: colonia de 33 a 35 mm de diámetro. En anverso colonia de textura flocosa, de color blanco con marcada presencia de surcos, con escaso exudado incoloro. Esta especie se distingue por sus colonias blancas y flocosas a veces se vuelven grises con el tiempo. Presenta pigmento soluble ausente. Reverso amarillo pálido. (Figura 7)

CYA, 5°C: microcolonia blanca aterciopelada.

CYA, 37°C: 2 mm anverso blanco, con crecimiento de textura granulosa. Reverso blanco.

MEA 25°C: colonias de 30 a 32 mm. En anverso colonia de textura granular plana con micelio reproductivo color blanco. Reverso pálido.

G25N 25°C: Colonias de 19 a 22 mm con anverso aterciopelada, blanca con centro elevado. Reverso pálido.

CSN: sin reacción, con anverso blanco granuloso.

Estructuras fúngicas microscópicas:

Pincel terverticilado, con estipe finamente rugoso. Presenta además fiálides ampuliformes de 11 μm con *collula* alargada y ancha, las métulas miden entre

10 a 12 μm y los conidios son esféricos a subesféricos lisos de 3.5 a 4 μm de diámetro.

Como característica distintiva, presenta pinceles irregulares y conidios blancos o grises, con estipes largos y lisos, desarrolla buena producción de ácido seguida de base.

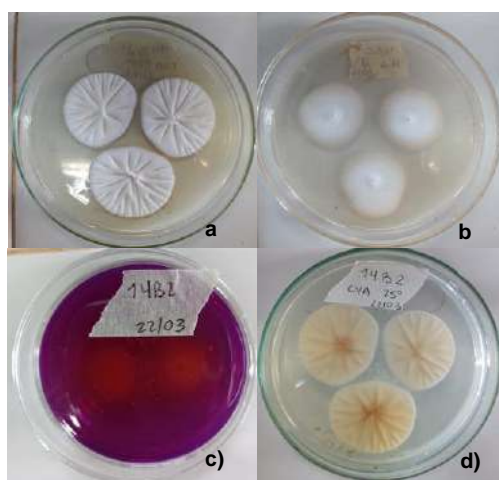


Figura 7. *P. cammemberti*, 14B2 proveniente de empresa A a) Anverso CYA 25°C; b) Anverso MEA 25°C; c) Reverso CSN; d) Reverso CYA a 25°C.

IV.2 Bioensayo de toxicidad mediante enfrentamiento con *Artemia salina*

El análisis descriptivo de los resultados evidenció que de los aislamientos fúngicos seleccionados para el screening de toxicidad frente a *A. salina* ($N= 22$) un total de 10 presentaron una toxicidad leve (DT), 2 fueron tóxicos (T) (Tabla 2), mientras que 10 resultaron no tóxicos.

Por otra parte, el test no paramétrico de Kruskal y Wallis determinó la existencia de diferencias significativas ($p<0,05$) entre el Control y las diluciones de SN de los aislamientos fúngicos, pero no entre estas últimas. Teniendo en cuenta los tiempos de residencia de los chacinados en los secaderos (4-7 días según el proceso operativo de las empresas seleccionadas), la naturaleza de la matriz alimentaria (relación proteína/grasa) y de las sustancias toxicogénicas en lo que refiere a su migración al interior del embutido, se consideró para su análisis la menor dilución de los SN fúngicos ensayados. Otro estudio (González et al., 2007) demostró la toxicidad frente a *A. salina* de tres (3) aislamientos fúngicos provenientes de salames secos adquiridos en el comercio, *Penicillium brevicompactum* Dierckx (MT), *P. chrysogenum* Thom (T) y *P. commune* Thom Embutido (T). De igual forma, Galvalisi-Carzoglio (2016) demostró que los aislamientos fúngicos realizados en una planta elaboradora de embutidos secos, identificados como *P. commune* Thom, resultaban tóxicos (MT) para *A. salina*, mientras que otros aislamientos de *P. olsonii* fueron no tóxicos.

Hongo / código cepario	Mortalidad	Toxicidad cepario
<i>Alternaria</i> (14C1)	37,5%	DT

<i>Fusarium</i> (14C2)	25%	DT
<i>Fusarium</i> (13D3)	27,5%	DT
<i>Trichoderma</i> (13C9)	27,5%	DT
<i>Alternaria</i> (13A7)	58,6%	T
<i>Penicillium aurantiogriseum</i> (12H6)	38%	DT
<i>Alternaria</i> (13A2)	20%	DT
<i>Serie Glabra</i> (13A4)	20%	DT
<i>Serie Citrina</i> (12I6)	20%	DT
<i>Trichoderma</i> (12I5)	20%	DT
<i>Aspergillus chevalieri</i> (12I4)	20%	DT
<i>Penicillium nalgiovense</i> (12H5)	79,3%	T

Tabla 2: Bioensayo de toxicidad con *Artemia salina*: % de mortalidad frente a la dilución 1/10 de SN fúngicos.

IV. Conclusión

Del total de aislamientos fúngicos obtenidos a partir del muestreo directo en secaderos de industrias chacineras, un 48% corresponden a especies pertenecientes a géneros ya reportados en estudios anteriores como toxicogénicos, tales como *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Trichoderma* y *Fusarium*. A

partir de este trabajo se pudo identificar que un 54% de ellos, son tóxicos o débilmente tóxicos sobre *A. salina*.

Estos resultados identifican el riesgo químico asociado a la presencia de hongos ambientales toxicogénicos que comprometen la inocuidad alimentaria dentro del secadero. La implementación de medidas de control durante el proceso, tales como el monitoreo ambiental, en especial durante las etapas de maduración y secado, deberían considerarse como parte de la gestión del riesgo identificado.

V. Bibliografía.

-Alapont, C., López-Mendoza, M. C., Gil, J. V., & Martínez-Culebras, P. V. (2014). *Mycobiota and toxigenic Penicillium species on two Spanish dry-cured ham manufacturing plants. Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(1), 93-104.

-Asensio, M. A., Núñez, F., Delgado, J., & Bermúdez, E. (2014). *Control of toxigenic molds in food processing. Microbial Food Safety and Preservation Techniques; Rai, VR, Bai, AJ, Eds*, 329-357.

-CASTELLARI, C. (2006). *Caracterización de la micobiota superficial de productos cárnicos embutidos secos y selección de cepas fúngicas para la elaboración de*



cultivos iniciadores (Doctoral dissertation, Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina).

-Castellari C; Quadrelli AM y Laich FS. (2008). *Especies fúngicas micotoxigénicas en la superficie de productos cárnicos embutidos secos*. 6º Congreso latinoamericano de Micología. Mar del Plata.

-Castellari C., Quadrelli A., Laich F. (2010). *Surface mycobiota on Argentinian dry fermented sausages*. International Journal of Food Microbiology. 142. 149-155.

-Dall'Asta C; Galaverna G; Bertuzzi T; Moseriti A; Pietri A; Dossena A and Marchelli R. (2010). “*Occurrence of ochratoxin A in raw ham muscle, salami and dry-cured ham from pigs fed with contaminated diet*”. *Food Chemistry*. **120**:978-83.

- Galvalisi Carzoglio, U. (2016). *Hongos filamentosos presentes en productos cárnicos fermentados secos*.

-Galvalisi U, Lupo S, Piccini J, Bettucci L. (2012) “*Penicillium species present in Uruguayan salami*”. Revista Argentina de Microbiología. 44: 36-42

-González, A. M., Presa, M., Latorre, M. G., & Lurá, M. C. (2007). *Detection of fungal metabolites showing toxic activity through Artemia salina bioassay*. Revista iberoamericana de micología, 24(1), 59-61.

-Harwig, J., & Scott, P. (1971). *Brine shrimp (Artemia salina L.) larvae as a screening system for fungal toxins*. Applied microbiology, 21(6), 1011-1016.

-Iacumin L; Chiesa L; Boscolo D; Manzano M; Cantoni C and Orlic S. (2009). “*Moulds and ochratoxin A on surfaces of artisanal and industrial dry sausages*”. *Food Microbiol.* **26**: 65-70.

-Juárez, B. M. (2005). *Estudio de las comunidades microbianas de embutidos fermentados ligeramente acidificados mediante técnicas moleculares*. Estandarización, seguridad y mejora tecnológica. Universitat de Girona.

-Laich, F., Fierro, F., & Martín, J. F. 2002. *Production of Penicillin by Fungi Growing*.

-Latorre Rapela M. G., Gonzalez A. M. y Lurá M.C. (2005) “*Determinación de la actividad antibacteriana de hongos del género Penicillium presentes en embutidos secos*” Revista FABICIB, año 2005, vol 9, pag 175 a 180.



- López de Goicoechea, A. (2010). *Especies fúngicas micotoxigénicas en productos cárnicos embutidos secos*.
- López-Díaz T., Santos J., García-López M., Otero A. (2001). “*Surface mycoflora of a Spanish fermented meat sausage and toxigenicity of Penicillium isolates*”. International Journal of Food Microbiology. 68. 69-74.
- Ludemann, V.; Pose, G.; Pollio, M.L. and Segura, J. (2004). *Surface mycoflora of Argentine an dry fermented sausages and toxigenicity of Penicillium isolates*. International Journal of Food Technology. 2: 288-292.
- Moracanin S., Karan D., Milicévic D., Stjepanovic A. (2008). “*The presence of undesirable mould species on the Surface of dry sausages*”. Matice srpske za prirodne nauke. Número 114.97-103.
- Peromingo, B; Sulyok, M; Lemmens, M; Rodríguez, A and Rodríguez, M. (2019). *Diffusion of mycotoxins and secondary metabolites in dry-cured meat products*. Food Control. **101**:144-50.
- Pitt, J; Hocking, A. (1999). *Fungi and food spoilage*. 2° Ed. Aspen Publisher Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Pose, G.; Ludemann, V.; Pollio, M.L.; Segura, J. (2004). *Microflora autóctona de la superficie de embutidos secos fermentados*. Mundo lácteo y cárnico 4:12-14.
- Rivas, G; Sánchez, M; Vladés La Hens, D; Semorile, L y Delfederico, L. (2019) “*Bacterias indígenas en embutidos secos fermentados: capacidad de implantación e implicancias en la calidad del producto*”. Comunicación a Congreso. XV CAM. Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez, A., Rodríguez, M., Martín, A., Delgado, J., & Córdoba, J. J. (2012a). *Presence of ochratoxin A on the surface of dry-cured Iberian ham after initial fungal growth in the drying stage*. Meat Science, 92, 728–734
- Rodríguez, A., Rodríguez, M., Martín, A., Núñez, F., & Córdoba, J. J. (2012b). *Evaluation of hazard of aflatoxin B1, ochratoxin A and patulin production in dry-cured ham and early detection of producing moulds by qPCR*. Food Control, 27, 118–126.
- Scheuer, R. (1995). *Untersuchungen zur Bildung von Verrucosidin auf Rohwurst*.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

*Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für
Fleischforschung, Kulmbach 34, 199-205.*

-Sonjack S., Licen M., Frisvand J., Gunde-
Cimerman N. (2010). “*The mycobiota of
three dry-cured meat products from
Slovenia*”. Food Microbiology. Vol 30. 1-4.

-Tevez Ciappino, M.; Oberlander, M; Bravo,
R; Paz, M y Nediani, M. (2019) “*Actividad
antimicrobiana de Penicillium aislados de
superficie de salamines artesanales a base
de carne caprina de Santiago del Estero*”.
Comunicación a Congreso. XV CAM.
Buenos Aires, Argentina.

-Vila, G. (2015). *Caracterización
morfológica, bioquímica y molecular de la
población fúngica de embutidos secos
fermentados de las principales localidades
productoras de la República Argentina.*

VI. Agradecimiento

Al Laboratorio de Ingeniería Ambiental de
la Facultad de Ingeniería y Cs. Hídricas
(LIA - FICH) y al Grupo de Procesos
Biológicos en Ingeniería Ambiental
(GPBIA).

Incidência da Covid-19 em idosos no município de
Araraquara - São Paulo: efeitos da vacinação



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



D.36. Saúde Humana

Incidência da Covid-19 em idosos no município de Araraquara - São Paulo: efeitos da vacinação

Autor: Poli, Priscila; priscilapoli@estudante.ufscar.br

Professor: Uehara, Sílvia Carla da Silva André; silviacarla@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos

Resumo

Objetivos: Avaliar os efeitos da vacinação na incidência da Covid-19 na população idosa do município de Araraquara - São Paulo. **Metodologia:** Trata-se de um estudo ecológico de análise de dados secundários em saúde, realizado no município de Araraquara-SP. Os dados foram coletados a partir da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados e do site da Prefeitura Municipal de Araraquara. O estudo analisou variáveis sociodemográficas, epidemiológicas e de imunização. Para estimar e comparar o coeficiente de incidência antes e 3 meses depois do início da vacinação, foi analisado o grupo de idosos com idade igual ou superior a 60 anos. Para comparar os períodos foi utilizado o modelo de regressão binomial-negativa múltiplo. A pesquisa dispensou apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), uma vez que utilizou dados de domínio público. **Resultados:** Foi encontrada uma expressiva queda na incidência da Covid-19 na população idosa do município ($p < 0,001$). No período que antecede o início da vacinação, foi estimada uma incidência de 2,359 casos/100.000 habitantes e, 3 meses após o seu início, verificou-se um coeficiente de 0,445 casos/100.000 hab. Estima-se que tenham sido evitados 477 casos de Covid-19 em indivíduos dessa faixa etária nos 3 meses subsequentes ao início da vacinação.

Palavras-chave: Covid-19, Vacinação, Idoso



Introdução

A pandemia de Covid-19 se estende há mais de dois anos, tendo sido notificados mais de 388 milhões de casos em todo o mundo, concentrando-se no Brasil 6,7% desse total. Em relação às mortes decorrentes das complicações da doença, foram registrados mais de 5,71 milhões globalmente, sendo que 11% correspondem aos óbitos registrados entre brasileiros (Fiocruz, 2022).

Nesse contexto, evidencia-se que a população idosa constitui um grupo de risco para o desenvolvimento da forma grave da doença. Estudos relataram maior risco do desenvolvimento da forma grave da doença e morte por Covid-19 nas faixas etárias mais avançadas (Li, Tenchov, Smoot, Liu, Watkins, & Zhou, 2021; Nguyen et al., 2020; Peixoto, & dos Santos, 2020; Team, 2020; Wu et al., 2020).

No início da pandemia, na China, cerca de 80% das mortes registradas ocorreram em idosos com idade igual ou superior a 60 anos. Dados da China evidenciaram que idosos, especialmente aqueles com comorbidades adjacentes, corriam maior risco de gravidade da Covid-19 do que pessoas mais jovens (Team, 2020). Ainda, verificou-se que o risco de infecção sintomática aumentava com a idade, cerca de 4% ao ano entre adultos de 30 a 60 anos (Wu et al., 2020).

Nos Estados Unidos, um estudo verificou que de 4.226 casos relatados de 12 de fevereiro a 16 de março de 2020, 31% foram confirmados em idosos com idade igual ou superior a 65 anos. Outrossim, esse grupo etário concentrou 45% das hospitalizações, 53% das internações em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e 80% das mortes associadas às complicações da Covid-19 (Covid et al., 2020).

Nesse contexto, o cenário pandêmico vivenciado globalmente impulsionou o desenvolvimento de vacinas e tecnologias em um curto período de tempo, estabelecendo um grande avanço da ciência (Fiocruz, 2021a; Li et al., 2021). No Brasil, o início da vacinação ocorreu em meio a um cenário de aumento de infecções e óbitos decorrentes da Covid-19, além de altas taxas de ocupação de leitos de UTI (Fiocruz, 2021b). A campanha de vacinação foi iniciada em território brasileiro no dia 17 de janeiro de 2021, com a priorização da população idosa. Atualmente, estão sendo aplicadas no país as vacinas Comirnaty (Pfizer/Wyeth), Coronavac (Butantan), Janssen Vaccine (Janssen-Cilag) e Oxford/Covishield (Fiocruz e Astrazeneca) (Brasil, 2022; da Paz Silva Filho et al., 2021).

Com o andamento das campanhas de vacinação, observou-se que os



imunizantes aprovados foram capazes de garantir proteção nos indivíduos vacinados contra formas graves da Covid-19, além de corroborar para a redução da incidência na população (Francis, Ghany, Gilkes, & Umakanthan, 2022; Li, Tenchov, Smoot, Liu, Watkins, & Zhou, 2021). No Brasil, de julho a novembro de 2021 foram evidenciados os impactos positivos da vacinação da população, por meio da redução da incidência, gravidade e mortalidade decorrente da Covid-19 (Fiocruz, 2022).

Foi estimado que no primeiro ano de vacinação ocorreu a redução de mais da metade do número potencial de mortes no mundo, resultantes da Covid-19. Estima-se que cerca de 19,8 milhões de mortes tenham sido evitadas devido à vacinação em todo o mundo (Watson, Barnsley, Toor, Hogan, Winskill, & Ghani, 2022). No estado de Sergipe, no Brasil, uma análise realizada durante os primeiros 15 meses de pandemia constatou que a mortalidade em idosos reduziu com o aumento da imunização deste grupo etário, evidenciando uma redução da mortalidade de 71,1% em 2020 para 63,6% em 2021 (Borges, da Silva, Silva, & Guimarães, 2021).

No que tange à relação entre a vacinação e incidência da Covid-19 nessa população, alguns estudos relatam a

relação entre imunização e queda na incidência da Covid-19 entre idosos, verificando um impacto positivo das vacinas na redução de casos (Bernal et al., 2021; Christie et al., 2021; McNamara et al., 2022; Ranzani, Bastos, Gelli, Marchesi, Baião, Hamacher, & Bozza, 2021; Silva et al., 2022).

No Reino Unido, entre a população idosa, observou-se uma eficácia da vacina de 70% após a primeira dose de um imunizante aplicado e de 89% após a sua segunda dose (Bernal et al., 2021). Ainda, nos Estados Unidos e no Brasil verificou-se uma queda considerável na incidência da Covid-19 após a imunização (Christie et al., 2021; Soares, dos Santos Quirino, Rodrigues, & Leite, 2022).

Nesse contexto de elevado risco de complicações decorrentes da Covid-19, a redução da transmissibilidade e incidência nesse grupo etário é fundamental. Estudos abordam as implicações da imunização no que se refere aos coeficientes de mortalidade e gravidade da doença entre idosos. Entretanto, a literatura ainda carece de mais estudos que abordem os impactos da vacinação na incidência da Covid-19 em idosos, a fim de melhor elucidar as consequências da vacinação neste grupo etário no que tange às infecções e transmissibilidade.

Frente ao maior risco de doença



grave e morte devido à infecção pela Covid-19, estudos que tratem da relação entre a vacinação e a incidência da doença em idosos tornam-se necessários. A compreensão dos efeitos da vacinação na incidência da Covid-19 em indivíduos idosos auxilia no desenvolvimento de estratégias de prevenção e adequada intervenção pelos estados e municípios em termos de saúde pública, podendo reduzir as complicações prevalentes observadas nesta população.

Objetivos

Avaliar os efeitos da vacinação na incidência da Covid-19 na população idosa do município de Araraquara - São Paulo, considerando os munícipes com idade igual ou superior a 60 anos.

Materiais e Métodos

Trata-se de um estudo ecológico de análise de dados secundários em saúde, realizado no município de Araraquara, estado de São Paulo, no Brasil.

Os dados foram coletados a partir da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), disponível no endereço eletrônico do Governo do Estado de São Paulo. Os critérios de inclusão para análise foram a existência de informação válida de idade e sexo dos casos notificados de Covid-19. As informações

referentes à estrutura da população do município foram adquiridas por meio do site da Prefeitura Municipal de Araraquara, sendo considerados os mesmos valores para os anos de 2020 e 2021.

Para estimar e comparar o coeficiente de incidência de casos de Covid-19 antes e 3 meses depois do início da vacinação, foi analisado o grupo de idosos com idade igual ou superior a 60 anos. Os dados obtidos foram referentes ao período de 12 de fevereiro de 2020 a 6 de agosto de 2021. Além da coleta de dados no SEADE, também foram obtidas informações sobre a vacinação no site da Prefeitura Municipal de Araraquara.

Neste estudo foram consideradas as variáveis sociodemográficas (idade e sexo), epidemiológicas (caso confirmado de Covid-19 e desfecho) e de imunização (vacinado ou não).

Foi feita uma análise da incidência de Covid-19 no período e área delimitada do estudo, considerando-se as variáveis sociodemográficas sexo e faixa etária.

Para comparar os períodos antes e após a vacinação em relação ao número de casos mensais de Covid-19 foi utilizado o modelo de regressão com distribuição binomial-negativa múltiplo (Cameron, & Trivedi, 1998), dado que a resposta era uma contagem com superdispersão, ou seja, com a variância maior que a média.



Ainda, para estimar um coeficiente de incidência foi utilizado o parâmetro *offset* do $\log(\text{população}/100.000)$.

Para estimar o número de casos evitados foram conduzidas simulações a partir da previsão do número de casos, caso a intervenção não tivesse ocorrido. Do valor estimado para os casos previstos foi subtraído o número de casos totais observados no período após a intervenção. Para as simulações foram realizadas 10.000 replicações por meio do método *bootstrap*. Após isso, sumarizou-se as amostras simuladas por medianas e percentis (2,5; 97,5).

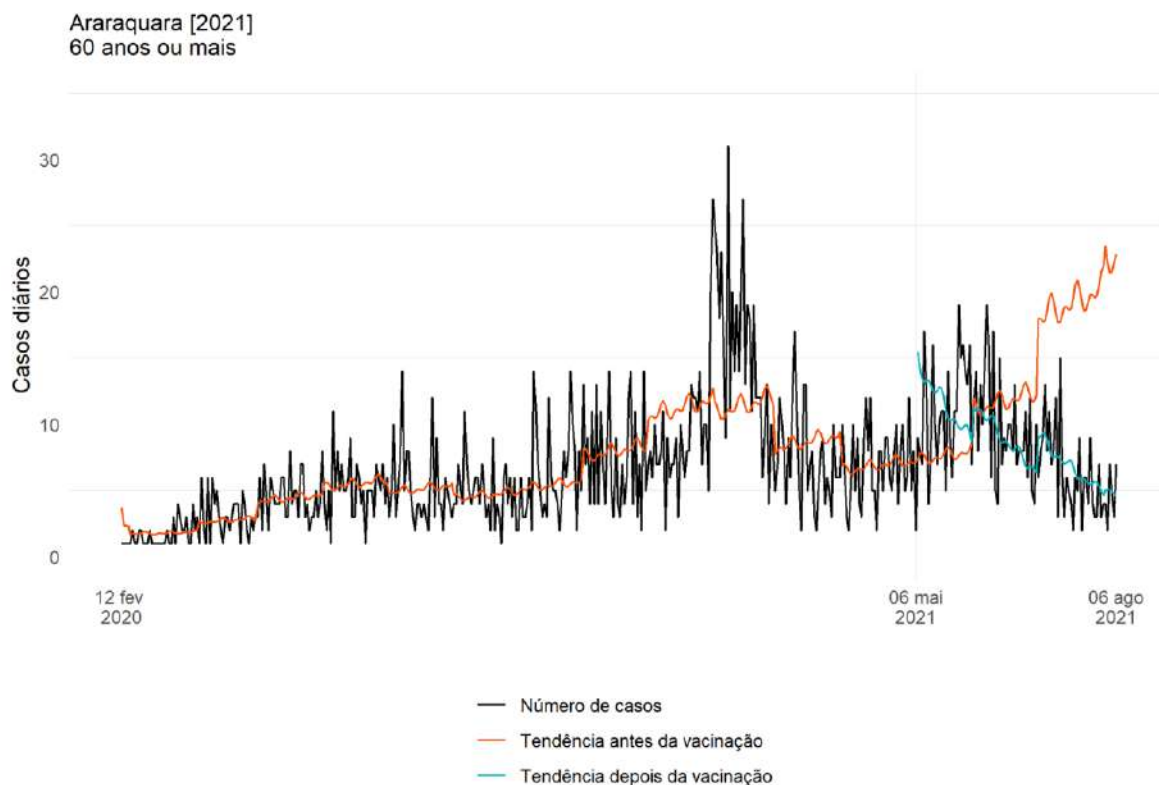
Todos os gráficos e análises apresentadas foram realizadas no software R, versão 4.0.4, adotando um nível de significância de 5%. O estudo dispensou apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), uma vez que utilizou dados de domínio público.

Resultados e Discussão

No município de Araraquara, antes do início da vacinação dos idosos com idade igual ou superior a 60 anos, foram registrados 2.331 casos nessa faixa etária e três meses após o início da vacinação com a primeira dose, que ocorreu no dia 6 de maio de 2021, foram notificados 806 casos.

Quando se avalia o número de casos diários de Covid-19, observa-se uma tendência de elevado aumento antes da vacinação. Por outro lado, após a vacinação, foi estimada uma tendência de queda no período (Figura 1).

Figura 1: Casos diarios de Covid-19 em Araraquara nos idosos com idade igual ou superior a 60 anos



Entre as mulheres, no período que antecedeu o início da vacinação, foi estimada uma incidência de 2,634 casos de Covid-19 a cada 100.000 habitantes e, após a vacinação, subiu para 2,784. Já no sexo masculino, por outro lado, ocorreu uma queda na incidência de 2,226 para 2,158. Ao avaliar por sexo, não é possível verificar diferença nos coeficientes de incidência entre as mulheres ($p = 0,722$) e homens ($p = 0,845$). Entretanto, considerando os indivíduos de ambos os sexos, verificou-se uma expressiva queda na incidência dessa população ($p < 0,001$),

de 2,359 em todo o período que antecede a vacinação para 0,445 três meses após o início da vacinação.

Quando se analisa os percentuais de variação do coeficiente de incidência no período, compreendido entre 6 de maio de 2021 e 6 de agosto de 2021, verifica-se que no sexo feminino ocorreu um aumento de 5,7% coeficiente de incidência, enquanto no sexo masculino houve uma queda de 3,1%. Em relação à população idosa geral, considerando ambos os sexos, observa-se uma expressiva queda de 81,1% no coeficiente de incidência, quando



comparado o período que sucede o início da vacinação ao que o precede.

A maior incidência da Covid-19 entre o sexo feminino, em relação ao masculino, também foi verificada nos municípios de Botucatu e Serrana, localizados no estado de São Paulo, quando considerada a população adulta desses municípios (Silva et al., 2021). Deve-se considerar que, de acordo com a pirâmide etária do município de Araraquara, considerando a população idosa com idade igual ou superior a 60 anos, o percentual de mulheres é maior do que o de homens (IBGE, 2022).

Em contrapartida, ao contrário do cenário em Araraquara, em que houve aumento na incidência da Covid-19 entre mulheres e queda entre os homens, o estudo realizado em Serrana no período de abril de 2020 a maio de 2021 encontrou incidência estacionária no sexo masculino e decrescente no sexo feminino (Silva et al., 2021). Nesse contexto, destaca-se que a taxa de incidência decorre do número de testagem para detecção da infecção (Vandormael, Dobra, Bärnighausen, de Oliveira, & Tanser, 2018).

Os resultados referentes à incidência entre a população geral do município de Araraquara corroboram outros estudos que evidenciaram redução nos casos de Covid-19, especialmente

entre idosos, demonstrando o impacto positivo da vacinação contra a Covid-19 na prevenção de infecções (Bernal et al., 2021; Christie et al., 2021; McNamara et al., 2022; Ranzani, Bastos, Gelli, Marchesi, Baião, Hamacher, & Bozza, 2021; Silva et al., 2022).

Estudo conduzido no Reino Unido, com idosos com idade igual ou superior a 70 anos, concluiu que a vacinação com uma única dose da Astrazeneca ou Pfizer resultou numa redução significativa de casos positivos sintomáticos entre os idosos. Entre os idosos com idade igual ou maior que 80 anos, os efeitos positivos da primeira dose da vacina Pfizer foram observados de 10 a 13 dias após a vacinação, sendo que após 28 a 34 dias foi observada eficácia de 70% da vacina. Ainda, a partir de 14 dias após a segunda dose, verificou-se uma eficácia de 89%. Já entre os indivíduos com idade igual ou superior a 80 anos, observou-se eficácia de 61% de 28 a 34 dias após a vacinação com o imunizante da Pfizer. Já com a Astrazeneca, no mesmo período de tempo transcorrido após a primeira dose, verificou-se uma eficácia de 60%; a partir do dia 35, a eficácia da vacina aumentou para 73% (Bernal et al., 2021).

Nos Estados Unidos, um estudo que analisou os coeficientes de incidência de Covid-19 entre os idosos com idade



igual ou maior que 65 anos nos períodos pré-vacinação e pós-vacinação, também encontrou queda na incidência. A incidência de Covid-19 entre as faixas etárias de 65 a 74 anos e idade igual ou superior a 75 anos reduziu acentuadamente quando comparada àqueles entre 50 e 64 anos. Ao comparar os períodos pré e pós vacinação, observou-se que houve redução relativa na incidência, respectivamente, de 53% e 62% para a faixa etária de 65 a 74 anos e idade igual ou maior que 75 anos em comparação com a de 50 e 64 anos (McNamara et al., 2022).

Também nos Estados Unidos, um estudo verificou que a incidência de Covid-19 foi 79% e 71% menor entre os idosos com idade igual ou maior que 65 anos e entre 50 e 64 anos, respectivamente, do que a incidência do período que antecedeu a vacinação desses grupos etários. A proporção de casos de Covid-19 confirmados entre indivíduos com idade igual ou superior a 65 anos reduziu de 16,0% para 10,7% ($p < 0,001$), quando comparados os dois períodos de análise (Christie et al., 2021).

No Brasil, um estudo realizado no estado de São Paulo com 43.774 idosos com idade igual ou maior que 70 anos, num período com elevada transmissão da variante gama, constatou que a vacinação

com a Coronavac resultou na redução da doença sintomática em idosos na faixa etária analisada (Ranzani, Bastos, Gelli, Marchesi, Baião, Hamacher, & Bozza, 2021).

A campanha de vacinação foi iniciada em 17 de janeiro de 2021 e até o dia 29 de abril de 2021, havia alcançado uma cobertura vacinal de aproximadamente 85% para a primeira dose do imunizante (2,82 milhões) e 65% para a segunda dose (2,10 milhões). Após o início da campanha de vacinação e durante a terceira onda epidêmica, a incidência de Covid-19 aumentou e atingiu o pico no final de março em todas as faixas etárias, exceto para aqueles com idade igual ou maior que 90 anos. A eficácia da vacina CoronaVac contra a Covid-19 sintomática foi de 24,7% em 0 a 13 dias e de 46,8% em ≥ 14 dias após a segunda dose (Ranzani, Bastos, Gelli, Marchesi, Baião, Hamacher, & Bozza, 2021).

No município de Serrana, localizado no estado de São Paulo, no Brasil, foi realizada uma estratégia de imunização em massa com o intuito de reduzir a incidência e gravidade da Covid-19 na população. O imunizante utilizado foi a vacina CoronaVac; e, verificou-se após a segunda dose do último grupo vacinado que os casos sintomáticos de Covid-19 diminuíram 80% na população geral, não

considerando exclusivamente os indivíduos idosos (Soares, dos Santos Quirino, Rodrigues, & Leite, 2022).

Em relação às tendências antes e depois da vacinação em Araraquara, no sexo feminino e masculino não foram observadas diferenças significativas ($p =$

0,557 e $p = 0,050$, respectivamente). Por outro lado, na população geral de idosos verificou-se diferença considerável nas tendências antes e depois da vacinação ($p < 0,001$) (Tabela 1).

Tabela 1: Incidência de Covid-19 nos idosos com idade igual ou superior a 60 anos em Araraquara

Incidência de casos de COVID-19 por 100.000 habitantes	Antes		Depois		Valor p*	Valor p**
	taxa	IC 95%	taxa	IC 95%		
Sexo						
Feminino	2,634	2,172 ; 3,195	2,784	2,246 ; 3,451	0,722	0,557
Masculino	2,226	1,831 ; 2,706	2,158	1,726 ; 2,698	0,845	0,050
Total	2,359	1,973 ; 2,82	0,445	0,269 ; 0,736	<0,001	<0,001

*comparação entre as incidências antes vs depois

** comparação das tendências antes vs depois

Nota: taxa de incidência por 100.000 habitantes e IC 95% estimados por modelos de regressão com distribuição binomial negativa.

No que tange à tendência após o início da vacinação na população geral, esses resultados são semelhantes a de outro estudo realizado no Brasil, no município de Botucatu, no estado de São Paulo, onde também observou-se, na análise temporal, tendência de incidência decrescente no ano de 2021, em contrapartida ao observado em 2020, com tendência crescente. Semelhantemente à Serrana, em Botucatu também foi implementada a estratégia de imunização em massa da população (Silva et al., 2022).

Outrossim, no município de Araraquara foram notificados 806 casos na faixa etária de indivíduos com idade igual ou superior a 60 anos no período de 3 meses após o início da vacinação neste grupo; estima-se que 1.283 casos eram previstos para o período se não houvesse a vacinação. De acordo com a simulação realizada, 477 casos de Covid-19 foram evitados no período de 6 de maio a 6 de agosto de 2021. Ademais, observando separadamente os sexos masculino e feminino, estima-se que tenham sido

evitados 85 casos entre as mulheres e 43 entre os homens (Tabela 2).

Tabela 2: Casos de Covid-19 observados, previstos e evitados nos idosos com idade igual ou superior a 60 anos em Araraquara

Casos de COVID-19*	Observados	Previstos	Evitados	
			mediana	percentis (2,5% ; 97,5%)
Sexo				
Feminino	461	546	85	57 ; 113
Masculino	345	388	43	26 ; 61
Total	806	1283	477	380 ; 575

*entre 06/05/2021 e 06/08/2021

Assim, verifica-se que após a vacinação ocorreu a queda de casos diários de Covid-19 registrados, podendo ter refletido na redução de casos confirmados previstos. De acordo com a simulação realizada, foram evitados mais casos entre as mulheres do que entre os homens, e isso pode decorrer de vários fatores, como imunização associada à adoção de medidas adicionais como uso de máscaras, maior entre as mulheres; e menor realização de testagem de Covid-19 entre indivíduos do sexo masculino.

Estudo realizado na Itália com objetivo de avaliar o impacto do programa de vacinação da Covid-19 adotado no país, com a população acima de 60 anos, estimou que 445.193 casos foram evitados devido à campanha de vacinação, representando 17% dos eventos esperados (Sacco et al., 2021).

O presente estudo apresenta limitação a possível subnotificação de casos, uma vez que utilizou dados secundários.

Conclusões

Os resultados desse estudo mostram um impacto positivo da vacinação na população idosa do município de Araraquara e sugere que a vacinação do grupo etário analisado evitou casos de Covid-19 entre essa população. O número total de casos evitados, de acordo com a simulação realizada, foi de 477 casos nos 3 meses subsequentes ao início da vacinação. Outrossim, foi encontrada uma expressiva queda na incidência da Covid-19 na população idosa do município, verificando-se uma queda de 81,1%.



Bibliografía

- Bernal, J. L., Andrews, N., Gower, C., Stowe, J., Robertson, C., Tessier, E., ... & Ramsay, M. (2021). Early effectiveness of COVID-19 vaccination with BNT162b2 mRNA vaccine and ChAdOx1 adenovirus vector vaccine on symptomatic disease, hospitalisations and mortality in older adults in England. *MedRxiv*.
- Borges, L. P., da Silva, H. S., Silva, J. R. S., & Guimarães, A. G. (2021). Perfil de mortalidade por COVID-19 durante os primeiros 15 meses da pandemia. *Research, Society and Development*, 10(16), e377101623924-e377101623924.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2022). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Vacinas - Covid-19. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/paf/coronavirus/vacinas>>.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (1998). Regression analysis of count data. 821 Cambridge University Press. *New York NY*, 822.
- Christie, A., Henley, S. J., Mattocks, L., Fernando, R., Lansky, A., Ahmad, F. B., ... & Beach, M. J. (2021). Decreases in COVID-19 cases, emergency department visits, hospital admissions, and deaths among older adults following the introduction of COVID-19 vaccine—United States, September 6, 2020–May 1, 2021. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 70(23), 858.
- Covid, C. D. C., Team, R., COVID, C., Team, R., Bialek, S., Boundy, E., ... & Sauber-Schatz, E. (2020). Severe outcomes among patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19)—United States, February 12–March 16, 2020. *Morbidity and mortality weekly report*, 69(12), 343.
- da Paz Silva Filho, P. S., de Sousa Silva, M. J., Júnior, E. J. F., Rocha, M. M. L., Araujo, I. A., de Carvalho, I. C. S., ... & Mesquita, G. V. (2021). Vacinas contra Coronavírus (COVID-19; SARS-COV-2) no Brasil: um panorama geral. *Research, society and development*, 10(8), e26310817189-e26310817189.
- Fiocruz. (2021a). Boletim Observatório Covid-19. Boletim Extraordinário. Novo patamar da pandemia e necessidade de combinar medidas para o enfrentamento. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/sites/agencia.fiocruz.br/files/u35/boletim_extraordinario_2021-marco-03.pdf>.
- Fiocruz. (2021b). Boletim Observatório Covid-19. Semanas Epidemiológicas 1 e 2, de 3 a 16 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim_covid-2021_semana_01-02_1_0.pdf>.
- Fiocruz. (2022). Boletim Observatório Covid-19. Boletim Especial. Balanço de dois anos da pandemia Covid-19. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos_2/boletim_covid_2022-balanco_2_anos_pandemia-redb.pdf>.
- Francis, A. I., Ghany, S., Gilkes, T., &



- Umakanthan, S. (2022). Review of COVID-19 vaccine subtypes, efficacy and geographical distributions. *Postgraduate medical journal*, 98(1159), 389-394.
- IBGE. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Araraquara. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama>>.
- Li, G., Liu, Y., Jing, X., Wang, Y., Miao, M., Tao, L., ... & Zhang, M. (2021). Mortality risk of COVID-19 in elderly males with comorbidities: a multi-country study. *Aging (Albany NY)*, 13(1), 27.
- Li, Y., Tenchov, R., Smoot, J., Liu, C., Watkins, S., & Zhou, Q. (2021). A comprehensive review of the global efforts on COVID-19 vaccine development. *ACS Central Science*, 7(4), 512-533.
- McNamara, L. A., Wiegand, R. E., Burke, R. M., Sharma, A. J., Sheppard, M., Adjemian, J., ... & Schrag, S. J. (2022). Estimating the early impact of the US COVID-19 vaccination programme on COVID-19 cases, emergency department visits, hospital admissions, and deaths among adults aged 65 years and older: an ecological analysis of national surveillance data. *The Lancet*, 399(10320), 152-160.
- Nguyen, S., Major, K., Cochet, C., Bizzozzero, T., Barbarossa, L., Bosshard, W., ... & Bula, C. (2020). COVID-19 infection in the elderly in French-speaking Switzerland: an inventory of beliefs, convictions and certainties. *Revue medicale suisse*, 16(691-2), 835-838.
- Peixoto, M. P., & dos Santos, W. L. (2020). Saúde do idoso em tempos de pandemia covid-19: Cuidados de Enfermagem. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, 3(7), 214-223.
- Ranzani, O. T., Bastos, L. S., Gelli, J. G. M., Marchesi, J. F., Baião, F., Hamacher, S., & Bozza, F. A. (2021). Characterisation of the first 250 000 hospital admissions for COVID-19 in Brazil: a retrospective analysis of nationwide data. *The Lancet Respiratory Medicine*, 9(4), 407-418.
- Sacco, C., Mateo-Urdiales, A., Petrone, D., Spuri, M., Fabiani, M., Vescio, M. F., ... & Pezzotti, P. (2021). Estimating averted COVID-19 cases, hospitalisations, intensive care unit admissions and deaths by COVID-19 vaccination, Italy, January– September 2021. *Eurosurveillance*, 26(47), 2101001.
- Silva, A. P., Ribeiro, M. A., Emídio, M. P., Daboin, B. E. G., Morais, T. C., de Oliveira Abreu, C. I. P., ... & de Abreu, L. C. (2022). COVID-19 in the municipalities of Botucatu and Serrana, São Paulo, Brazil, the effects of lethality and mortality. *Journal of Human Growth and Development*, 32(2), 302-314.
- Soares, L. C., dos Santos Quirino, S., Rodrigues, J., & Leite, R. L. (2022). Vacinação em massa no Município de Serrana-SP: a eficácia da garantia de proteção contra o SARS-CoV-2. *Brazilian Journal of Development*, 8(5), 39660-39665.
- Team, E. (2020). The epidemiological characteristics of an outbreak of



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



2019 novel coronavirus diseases (COVID-19)—China, 2020. *China CDC weekly*, 2(8), 113.

Vandormael, A., Dobra, A., Bärnighausen, T., de Oliveira, T., & Tanser, F. (2018). Incidence rate estimation, periodic testing and the limitations of the mid-point imputation approach. *International journal of epidemiology*, 47(1), 236–245.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyx134>

Watson, O. J., Barnsley, G., Toor, J., Hogan, A. B., Winskill, P., & Ghani, A. C. (2022). Global impact of the first year of COVID-19 vaccination: a mathematical modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*.

Wu, J. T., Leung, K., Bushman, M., Kishore, N., Niehus, R., de Salazar, P. M., ... & Leung, G. M. (2020). Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nature medicine*, 26(4), 506-510.

Financiamento

Este estudo foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), com bolsa de iniciação científica concedida a Priscila Poli (processo 2021/08448-7).

Agradecimento

À professora Sílvia Carla da Silva André Uehara pelo apoio e orientação no decorrer do desenvolvimento deste trabalho. À FAPESP, agência de fomento que proporcionou que este estudo fosse

realizado. À Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) pelo suporte e auxílio financeiro para a participação no evento.

Intervenciones farmacéuticas en la utilización de
cannabis medicinal: reporte de un caso de la Unidad de
Optimización de la Farmacoterapia de Rosario



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



D.36. Salud humana

Intervenciones farmacéuticas en la utilización de cannabis medicinal: reporte de un caso de la Unidad de Optimización de la Farmacoterapia de Rosario

Autora: Intilangelo, Aldana; aintilangelo@fbioyf.unr.edu.ar

Tutora: Colautti, Marisel; mcolautti@fbioyf.unr.edu.ar

Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas

Universidad Nacional de Rosario

Resumen

La utilización actual de cannabis es transversal a todas las vertientes de la medicina y desafía a los farmacéuticos latinoamericanos a realizar un abordaje integral de usuarios de aceite de cannabis. El objetivo del presente trabajo es describir las intervenciones farmacéuticas realizadas por la Unidad de Optimización de la Farmacoterapia (UOF) de Rosario en una paciente que utiliza aceite de cannabis e inicia seguimiento farmacoterapéutico (SFT) en el año 2021. Se trata de un reporte de caso desde la perspectiva profesional farmacéutica. El SFT constó de una entrevista inicial, el análisis del caso -a partir de la cual se realizaron intervenciones farmacéuticas- y dos entrevistas de seguimiento de su evolución; todas las actividades se desarrollaron según procedimientos operativos estándar de la UOF. Al incluir las formulaciones artesanales y los medicamentos a base de cannabis en el análisis de la ya compleja farmacoterapia de un paciente, los farmacéuticos pueden identificar potenciales prescripciones inapropiadas, detectar interacciones y brindar herramientas al paciente para tomar decisiones. La utilización de cannabis de grado médico tiene múltiples aristas, esa diversidad requiere la integración de distintas perspectivas profesionales para promover el fortalecimiento de políticas públicas específicas en la temática. Si el punto de partida es considerar a los medicamentos como bienes sociales fundamentales para garantizar el derecho a la salud, el Estado debería tener una fuerte presencia en las etapas de diseño, elaboración, control, dispensación y vigilancia de productos que contengan cannabis para que los usuarios no queden solos tomando decisiones sobre sus procesos salud-enfermedad-atención-cuidado.

Palabras clave: intervención farmacéutica, aceite de cannabis, política de medicamentos



D.36. Salud Humana

Intervenciones farmacéuticas en la utilización de cannabis medicinal: estudio de un caso de la Unidad de Optimización de la Farmacoterapia de Rosario

Introducción

En las sociedades contemporáneas, producto de un proceso histórico de amplio alcance no exento de conflictos, la biomedicina establecida en el sistema médico dominante coexiste cada vez más con enfoques holísticos y terapias alternativas. Aunque históricamente las únicas organizaciones internacionales referidas a los procesos de salud-enfermedad-atención-cuidado (s-e-a-c), en las cuales participan oficialmente todos los países son de tipo biomédico (Organización Mundial de la Salud, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Médicos Sin Fronteras), cada vez toman mayor protagonismo las llamadas medicinas “paralelas”. En algunos momentos sólo dieron lugar al desarrollo de redes más o menos minoritarias de usuarios y/o de profesionales, frecuentemente asociadas a la biomedicina y cuya continuidad en múltiples ocasiones estuvo en duda (Menendez, 2015). En esa línea, otra autora propone que, en el marco de la

modernidad tardía, se registra un marcado aumento de las opciones de cuidado de la salud por parte de los especialistas y los usuarios, acompañado de un cuestionamiento de los saberes expertos del paradigma biomédico biologicista, sustentado en la racionalidad científica occidental (Freidin, 2015). Por tanto, en el escenario actual, caracterizado como pluralismo terapéutico, donde coexisten la medicina popular, tradicional, biomédica e integrativa/complementaria/alternativa, adquiere un valor central reconocer la utilización actual de cannabis¹ de modo transversal a todas las vertientes de la medicina (Mastache-Villalobos, García de Alba-García y Salcedo-Rocha, 2017).

El interés social por el uso de cannabis con fines medicinales, puso el tema en la agenda política argentina, en particular por la movilización de asociaciones civiles. En marzo de 2017 se sancionó la Ley Nacional 27350, que provee el marco

¹En esta presentación se entiende como cannabis a las sumidades, floridas o con fruto, de la planta de Cannabis sativa L. (a excepción de las semillas y las hojas no unidas a las sumidades) de las cuales no se ha extraído la resina -cualquiera que sea el nombre con el que se la designe- (Organización de las Naciones Unidas, 1961).



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



30 AÑOS

regulatorio para la investigación médica y científica del uso medicinal, terapéutico y/o paliativo del dolor, de la planta de cannabis y sus derivados. La ley nacional y su decreto reglamentario 883/2020 sólo habilitaron la utilización de medicamentos a base de cannabis, pero el decreto 883/2020 permitió además el autocultivo con fines medicinales bajo autorización. La Resolución del Ministerio de Salud de la Nación N° 800/2021 estableció que el Sistema de Registro del Programa de Cannabis (REPROCANN) registra a los y las pacientes que acceden a través del cultivo controlado a la planta de Cannabis y sus derivados, con el fin de emitir la correspondiente autorización como tratamiento medicinal, terapéutico y/o paliativo del dolor. Los usuarios pueden obtener autorización para cultivar para sí (entre una y nueve plantas florecidas en interiores), para acceder al cultivo a través de una tercera persona (cultivador) o a través de una organización civil autorizada a esos efectos.

La realidad muestra que pacientes y familiares de nuestro país deciden utilizar aceite de cannabis de diferentes procedencias y costos. Los pacientes utilizan estos productos sin certeza de lo que contienen, ya que los extractos circulantes varían en su composición de acuerdo al quimiotipo de planta utilizada,

el modo de cultivo y el método de elaboración. Muchos de esos pacientes no logran acceder a tratamientos guiados por profesionales formados en el uso médico de cannabis por ser una especialidad poco difundida y por las complejidades de nuestro sistema de salud. Argentina tiene un sistema de salud segmentado (en el que conviven distintos sistemas de aseguramiento), fragmentado (sin articulación entre los distintos subsectores e incluso en el interior de ellos), superpuesto, heterogéneo y con desigual calidad en la atención, resultado de diversas transformaciones y tendencias históricas (Ballesteros, 2017).

En este trasfondo sociohistórico, la Unidad de Optimización de la Farmacoterapia (UOF) de Rosario inició el desafío de capacitación en el uso médico del cannabis para dar respuesta a las demandas de información de la comunidad. La UOF surgió como proyecto de extensión universitaria en el año 2012 ante la avasallante oferta de medicamentos y la medicalización de la vida -un proceso múltiple y progresivo, que va articulando el poder y los saberes de la medicina con problemas no relacionados con ella, de modo que algunas cuestiones humanas pasan a ser definidas, clasificadas y tratadas como enfermedades- (Caponi, Verdi,



Brzozowski y Hellmann, 2015). La UOF se consolidó como equipo de trabajo por convenio entre la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Rosario (FCBF-UNR) y el Colegio de Farmacéuticos de Santa Fe 2° Circunscripción. Está compuesta por farmacéuticos que brindan un servicio de asesoramiento y seguimiento personalizado a pacientes que desean mejorar los resultados de su terapia con medicamentos, algunos de los cuales emplean formulaciones a base de cannabis. Es un servicio gratuito y confidencial denominado Seguimiento Farmacoterapéutico (SFT), cuyo objetivo es satisfacer las necesidades de los pacientes en materia de medicamentos, buscando metas terapéuticas adecuadas para cada problema de salud que pueda tratarse con la farmacoterapia, de acuerdo con las características de cada paciente (Machuca, 2008). El servicio está sustentado en la filosofía de atención farmacéutica, que sitúa al paciente como principal beneficiario de las acciones del farmacéutico (Organización Mundial de la Salud, 1993).

La UOF, al ser pensada como un servicio a la comunidad, tiene como telón de fondo el compromiso social de la Universidad con la sociedad en la que se inserta (Colautti, Bianchi y Salamano, 2016). A

partir de 2016, es cada vez mayor la cantidad de personas que ingresan al servicio y consultan por la incorporación de aceite de cannabis a su tratamiento, o bien ya lo utilizan, en busca de respuestas que no han encontrado en los medicamentos convencionales. Desde ese momento, el equipo UOF trabaja en optimizar los resultados clínicos, humanísticos y económicos de la terapia con medicamentos, incluyendo en el análisis los medicamentos o formulaciones artesanales de cannabis de distintas procedencias y con concentraciones variables de cannabinoides, en particular cannabidiol (CBD) y Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC). A pesar de esta situación de heterogeneidad, pacientes con distintas patologías han descrito durante el SFT efectos positivos asociados al consumo de esos productos, en coincidencia con reportes publicados en revistas científicas. Al momento de realizar el trabajo de campo que sustenta este estudio, había un único medicamento disponible en las farmacias del país: Convupidiol (Alef Medical Argentina SA), una solución oral de CBD 100 mg/ml, aprobada por la Administración Nacional de Alimentos, Medicamentos y Tecnología Médica (ANMAT), autoridad sanitaria nacional. Convupidiol está indicado para el



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



tratamiento complementario de convulsiones asociadas con el síndrome de Lennox-Gastaut o el síndrome de Dravet en conjunto con clobazam, para pacientes desde los dos años. Recientemente, se han aprobado nuevos medicamentos en el país como tratamiento complementario de epilepsias refractarias, todos ellos soluciones de CBD 100 mg/ml: Aceite de Cannabis LIF (Laboratorio Industrial Farmacéutico), CBD 10 (Cannava) y Kanbis (Elea Phoenix SA).

A su vez, la autoridad sanitaria argentina emitió nuevas normativas en el último año que comienzan a autorizar la presencia de cannabis en productos más allá de los medicamentos. La disposición de ANMAT N° 8504/2021 establece que los productos cosméticos, para la higiene personal y perfumes que contengan CBD con no más del 0,2% P/P de THC, podrán inscribirse bajo la clasificación grado 2. Por otra parte, la Resolución del Ministerio de Salud de la Nación N° 781/2022 crea la categoría de “Productos vegetales a base de cannabis y sus derivados destinados al uso y aplicación en la medicina humana”, los cuales conforman una categoría diferente a los productos ya regulados como medicamento y medicamento herbario.

En América Latina, el consumo creciente de Cannabis sativa L. con fines recreativos y medicinales va acompañado por avances en la legislación. Al menos ocho países (Argentina, Chile, Colombia, Ecuador, Jamaica, Panamá, Paraguay, Perú y Puerto Rico) lo han aprobado con fines medicinales, y solo dos, Uruguay y México, han legalizado su consumo con fines recreativos (CNN Español, 2021).

Este trabajo busca reflejar los aportes realizados por un servicio de atención farmacéutica en el abordaje integral de usuarios de aceite de cannabis, y constituye un fragmento del trabajo final de la Diplomatura de Estudios Avanzados en Endocannabinología, Cannabis y Cannabinoides, dictado en el Centro de Estudios Interdisciplinarios de la UNR.

Objetivos

Describir las intervenciones farmacéuticas realizadas por la UOF en el SFT de una paciente que utiliza aceite de cannabis e inicia su SFT en el año 2021.

Materiales y Métodos

Se trata de un reporte de caso desde la perspectiva profesional farmacéutica. El criterio de selección fue un paciente que se encuentre realizando SFT en la UOF durante el año 2021, que haya realizado al menos una entrevista de seguimiento y



que esté consumiendo medicamentos o formulaciones artesanales a base de cannabis con fines medicinales.

El método de trabajo está documentado en el Manual de Operaciones y Procesos de la UOF y cada una de las actividades que componen el SFT están detalladas en procedimientos operativos estándar, lo cual permite la ejecución de las mismas sin el sesgo de entrevistador.

En primer lugar, se contacta al paciente para acordar fecha y horario de la entrevista. En la entrevista inicial se recaba información sobre los medicamentos utilizados por el paciente, sus problemas de salud, profesionales tratantes, terapias alternativas, vacunas aplicadas, hábitos, alimentación y calidad de sueño, entre otros. Luego el entrevistador analiza el caso en base a lo que el paciente refiere. Se realiza una evaluación integral de la farmacoterapia que recibe el paciente, sustentada en información científica, considerando necesidad, efectividad, seguridad y adherencia de cada uno de los medicamentos de su esquema farmacoterapéutico para identificar problemas relacionados con medicamentos (PRM). Se entiende por PRM a todos aquellos eventos indeseables o riesgos experimentados por el paciente, que involucran o son

susceptibles de involucrar la terapia con medicamentos, y que impiden o retrasan el logro de los objetivos terapéuticos deseados (Cipolle, Strand y Morley, 2004). La segunda instancia es la discusión grupal del caso en seminarios donde concurren todas las integrantes del servicio. De allí surgen las intervenciones farmacéuticas (IF), definidas como las acciones propuestas sobre el tratamiento y/o las acciones sobre el paciente, destinadas a detectar, resolver o prevenir un PRM (Sabater, Fernandez-Llimos, Parras y Faus, 2005). Las IF pueden ser muy variadas y englobarse como intervenciones sobre: la cantidad del fármaco, la estrategia farmacológica o la educación del paciente.

La tercera instancia es la redacción de un informe con las IF propuestas por el equipo UOF, destinado al propio paciente o al profesional de la salud que lo haya derivado. Finalmente, se evalúa la aceptación de las intervenciones y el logro de los objetivos, requiriendo seguimiento a través de entrevistas (Cipolle *et al.*, 2004; Colautti *et al.*, 2014; Machuca, 2008).

Los datos suministrados en el SFT son resguardados según los principios de secreto profesional y los pacientes firman un consentimiento informado aprobado por la comisión de bioética de la FCBF-UNR.



Resultados

Entrevista inicial: 22/04/2021

Mujer de 60 años, con un peso de 69 Kg y 1,67 metros de altura, oriunda de Rosario, Santa Fe. Está divorciada, vive sola y su hija se mudó a España. Tiene cobertura de una Empresa de Medicina Prepaga. Hace pilates 3 veces por semana y caminatas 2 veces por semana. Su dieta es variada. Padece muy mala calidad de sueño: interrumpido y liviano. Fumaba entre 10 y 15 cigarrillos diarios desde los 17 a los 53 años de edad.

La paciente es polimedicada, su mayor preocupación y motivo de su consulta es no sentir alivio en las migrañas a pesar de los numerosos medicamentos que ha consumido. Consulta si el aceite de cannabis le aportaría beneficios terapéuticos en sus dolores musculares y articulares, insomnio y migraña.

En cuanto a sus profesionales tratantes, su médico de cabecera es el clínico, al cual visita con frecuencia mensual. Asiste a diversos médicos especialistas: traumatólogo, psiquiatra, cardiólogo, endocrinólogo, neumonólogo, gastroenterólogo, oftalmólogo, ginecólogo, oncólogo y neurólogo.

Respecto a antecedentes familiares, mencionó que su madre tuvo cáncer de mama y, su padre, dislipemia y migraña. Dentro de sus patologías de base, la

paciente refiere: migraña, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, broncoespasmos, rinitis alérgica, dislipemia, epigastralgia por hernia de hiato, osteoporosis, hipotiroidismo, sofocos, divertículos, cáncer lobulillar de mama, carcinoma intraductal de páncreas (controlado con estudio anual), dolor muscular, hernias de disco en la espalda, caída del cabello, micosis recurrente en el pie, nevus pigmentario en retina, ansiedad y sensibilidad dental.

En la última década, la paciente atravesó las siguientes intervenciones quirúrgicas: tiroides (2010), carcinoma lobulillar de mama (2011), legrado por desprendimiento espontáneo de endometrio (2012-2014), nódulo en pulmón derecho (2015) y legrado, hernia umbilical y vesícula (2017).

En los análisis bioquímicos realizados el 15/04/2021, los siguientes parámetros no se encontraron dentro del rango de referencia: TSH: 0,07 μ UI/ml, fosfatasa alcalina: 133 UI/L, colesterol total: 220 mg/dl, CA 19-9: 43,8 U/ml y antígeno carcinoembrionario: 6,7 ng/ml (referencia para no fumadores: hasta 5 y fumadores hasta 10 ng/ml).

Tiene esquema de vacunación completo que incluye vacunas para neumonía, tétanos y hepatitis B; se aplica anualmente la vacuna antigripal y en ese

momento estaba a la espera de recibir la vacuna contra SARS-COV-2.

Al momento de la entrevista, consumía los medicamentos presentados en la Tabla 1.

Tabla 1: Esquema farmacoterapéutico al día 22/04/2021.

Nombre Genérico + Concentración	Nombre Comercial	Ayuna	Media mañana	Almuerzo	Cena
Ácido tolfenámico 200 mg ⁽¹⁾	Flocur Rapid				
Atorvastatina 10 mg	Lipibec				X
Pantoprazol 40 mg ⁽²⁾		X			
Calcio 500 mg – Vitamina D 400 UI	Taxus		X		
Ibandronato 150 mg ⁽³⁾	Femorel	X			
Levotiroxina 150 mcg	T4 Montpellier	X			
Letrozol 2.5 mg				X	
Minoxidil 5 % espuma	Anagen				aplicación
Aminoácidos + vitaminas	Valcatil Max		X		

Referencias: cada X representa un comprimido del medicamento.

- 1) En crisis de migraña
- 2) No lo toma siempre, sólo durante períodos cortos, cuando lo necesita.
- 3) 1 vez al mes.

En crisis respiratorias: prednisona 4 mg, difenhidramina jarabe y budesonide aerosol 200 µg. Cada 6 meses aproximadamente usa terbinafina 250 mg.

Utiliza una pasta dental con flúor indicada por la odontóloga. En abril había suspendido la terapia preventiva de migraña con topiramato 25 mg.

Las IF propuestas para optimizar los resultados de la farmacoterapia fueron:

-Dos cambios en la administración de fármacos para aumentar su efecto:

- a) Tomar levotiroxina, esperar 30 minutos; tomar pantoprazol, esperar 30 minutos y luego desayunar. Se debe a que la absorción de levotiroxina es dependiente



del pH, el cual disminuye con el uso de inhibidores de la bomba de protones.

b) Tomar calcio al menos 4 horas después de tomar levotiroxina y al menos 30 minutos después de ibandronato, ya que el calcio reduce la absorción de ambos.

Se destacó el beneficio de medidas no farmacológicas para caída del cabello, insomnio y prevención de migraña.

Se decidió notificar al Sistema Nacional de Farmacovigilancia (SNFVG) una reacción adversa a letrozol: caída del cabello.

Se recomendó cumplir con el tratamiento profiláctico indicado por su neuróloga con topiramato por 8 meses para reducir la frecuencia de migrañas.

Se brindó información sobre el correcto uso de ibandronato y la evidencia de cannabis de grado médico en el tratamiento de dolor, migraña e insomnio.

Se advirtió una posible interacción farmacocinética de CBD con topiramato a nivel del complejo enzimático Citocromo P450, por la cual podría reducirse la excreción renal o biliar de topiramato y aumentar las concentraciones séricas y cerebrales de CBD (Gilmartin, Dowd, Parker y Harijan, 2021).

En caso de iniciar tratamiento, se remarcó la importancia de contar con el acompañamiento de un profesional de salud formado en el uso medicinal del cannabis y de acceder a un medicamento

a base de cannabis, es decir, una formulación de eficacia, seguridad y calidad comprobadas, elaborado bajo las Buenas Prácticas de Fabricación y Control, y autorizado por ANMAT.

Entrevista de seguimiento: 19/08/2021

En primer lugar, se analiza si las IF fueron aceptadas, no aceptadas o no aceptadas pero se produjo un cambio. La paciente aceptó las recomendaciones de administración para aumentar el efecto de levotiroxina e ibandronato, las medidas no farmacológicas, la notificación al SNFVG y la información sobre ibandronato y cannabis. No fue aceptada la recomendación de cumplimiento del tratamiento con topiramato pero produjo un cambio, ya que lo tomó por 45 días más. Mejoró la migraña pero no lo suficiente; siguió tomando ácido tolfenámico para crisis. Tuvo 3 crisis muy fuertes con vómitos y decidió suspender ambos fármacos cuando comenzó a tomar aceite de cannabis.

En esta oportunidad, la paciente consulta sobre sensibilidad dental; cree que aumentó por el uso de ibandronato y quiere saber si puede usar la pasta dental con aporte de flúor indefinidamente o debe tener períodos de descanso.

En mayo de 2021 comenzó tratamiento para rinitis alérgica con Montelukast 10

mg 3 veces por semana, indicado por neumólogo.

Cambios en el tratamiento: en la Tabla 2 se describen los medicamentos consumidos a la fecha de la entrevista de seguimiento, había suspendido: topiramato, pantoprazol, ácido tolfenámico, minoxidil y el suplemento vitamínico. En agosto de 2021 comenzó a consumir aceite de cannabis que elaboró en su casa siguiendo los métodos de extracción difundidos por una asociación civil; 2 gotas a la mañana y 3 a la noche. Le genera estrés que sus vecinos vean la planta, intenta ocultarla.

Tabla 2: Esquema farmacoterapéutico al día 19/08/2021. Referencias:

- (1) 1 vez al mes
- (2) 3 comprimidos/semana por la noche
- (3) 2 gotas al mediodía y 3 gotas antes de dormir, sublingual

Intervenciones farmacéuticas propuestas:

Se brindó información general sobre cannabis: recordamos que, cuando se inicia tratamiento con un extracto artesanal de cannabis en aceite, lo ideal sería tener conocimiento de la procedencia, composición y dosis de lo que se administra, para poder evaluar correctamente los resultados del mismo. Por ello, se sugirió la realización del análisis químico (de cannabinoides) del aceite de cannabis, ofrecido por el Laboratorio CG/EM (cromatógrafo gaseoso acoplado a un espectrómetro de masas) dependiente de la FCBF-UNR.

Se recomendó una interconsulta con odontólogo y se brindó información sobre la pasta dental con flúor: es usada para prevenir caries y no es específica para tratar sensibilidad dental. Estas pastas se usan por 45 días y se reinicia su empleo según criterio del profesional; debe

Nombre Genérico Concentración	Nombre Comercial	Ayuna	Media mañana	Almuerzo	Cena
Atorvastatina 10 mg	Lipibec				X
Calcio 500 mg- Vitamina D 400 UI	Taxus		X		
Ibandronato 150 mg ⁽¹⁾	Femorel	X			
Levotiroxina 150 mcg	T4 Montpellier	X			
Letrozol 2.5 mg				X	
Montelukast 10 mg ⁽²⁾					X
Aceite de cannabis ⁽³⁾				2 gotas	3 gotas



consultar con su odontólogo sobre los ciclos de tratamiento y sobre una pasta dental específica para la sensibilidad.

Interconsulta con neumonólogo debido a que una administración inadecuada de montelukast reduce el efecto. Las guías de práctica clínica establecen 10 mg diarios para el tratamiento de mantenimiento de rinitis alérgica.

Se indicó una precaución en la administración de calcio. Considerando que lo toma durante la tarde, próximo a la merienda, se advierte que los cereales disminuyen su absorción.

Se notificó al SNFVG una reacción adversa a atorvastatina: dolor muscular.

Entrevista de seguimiento: 26/10/2021

La paciente no aceptó la interconsulta con neumonólogo porque, según él, era correcto tomar montelukast 3 veces/semana durante unos meses y, si las crisis se controlaban, pactaron una

consulta en marzo de 2022. La paciente aceptó las IF vinculadas a la interconsulta con odontóloga (acordaron ciclos de 2 meses con pasta de flúor), la recomendación sobre calcio, la notificación al SNFVG y el análisis químico del aceite de cannabis.

La paciente consideró relevante llevar a la entrevista el resultado de una Angiografía por resonancia magnética de encéfalo (16/09/2021), pedida debido a la migraña; y aseguró que en dicho estudio no se observaron alteraciones.

Comentó que inició terapia con fexofenadina 180 mg y crema de propionato de clobetasol por un mes, bajo indicación del dermatólogo para el tratamiento de dermatitis. En la Tabla 3 se presentan los medicamentos que consumía a la fecha de la segunda entrevista de seguimiento.

Tabla 3: Esquema al día 26/10/2021.

Nombre Genérico Concentración	Nombre Comercial	Ayuna	Media mañana	Almuerzo	Tarde	Cena
Ibandronato 150 mg	Femorel	X				
Levotiroxina 150 mcg	T4 Montpellier	X				
Calcio 500 mg – Vitamina D 400 UI	Taxus		X			
Letrozol 2.5 mg				X		
Fexofenadina 180mg	Alerfedine				X	
Aceite de cannabis		2 gotas			2 gotas	3 gotas
Atorvastatina 10 mg	Lipibec					X
Clobetasol crema	Clobesol		aplicacion			aplicacion

El análisis proporcionado por el Laboratorio CG-EM arrojó una concentración de CBD 0,08 mg/ml y THC 5,45 mg/ml. A continuación, se menciona el contenido relativo de cannabinoides:

- Δ^9 -Tetrahidrocannabivarina: 0,97%
- Cannabidiol: 1,13%
- Cannabicromeno: 6,94%
- Δ^9 -Tetrahidrocannabinol: 78,31%
- Cannabigerol: 8,61%
- Cannabinol: 4,04%

La paciente continuaba tomando el mismo aceite desde el inicio de su terapia hasta la fecha de la segunda entrevista de seguimiento. Eso permite calcular las dosis autoindicadas por la paciente, detalladas en la Tabla 4.

Tabla 4: dosis diaria de THC y CBD desde el inicio del tratamiento.

FECHA	GOTAS (gt)/ DÍA	DOSIS DIARIA THC	DOSIS DIARIA CBD
01/08	1 gota noche	0,273 mg	0,004mg
02/08	2 gotas mañana, 2 gotas noche	1,092 mg	0,016 mg
07/08	2 gotas mañana, 3 gotas noche	1,365 mg	0,02 mg
14/10	2 gotas mañana, 2 gotas tarde, 3 gotas noche	1,911 mg	0,028 mg

Al consultar si algún profesional de salud la asesora en el tratamiento, responde que todos sus médicos especialistas saben que toma aceite de cannabis pero ninguno la acompaña ni la informa. Citándola: “me cansé del peregrinaje entre médicos”. Cuestiona la ética profesional de un médico de la capital nacional que ofrece la inscripción al REPROCANN a cambio de un monto de dinero; al enterarse de esta situación, decidió no consultarlo. Sus médicos no dan respuesta: algunos están de acuerdo con el uso del aceite, otros no, y ninguno realiza un seguimiento del tratamiento. Ella está convencida de continuar utilizando el aceite por sus beneficios, ya que siente que mejoraron todos sus síntomas y no experimentó ninguna reacción adversa.

Los síntomas que mejoraron con la utilización de cannabis fueron:

-*Dolor por fascitis plantar, hernia y artrosis.* Previo a cannabis, en la escala analógica del dolor: 8,5. Post cannabis: 2.
-*Migraña.* Previo a cannabis: 1 crisis cada 7 a 10 días de variable intensidad; ha tenido vómitos y náuseas muy fuertes. Se presentaba como cefalea con aura; cuando la detectaba, tomaba ácido tolfenámico. Si se mantenía o intensificaba, tomaba otro comprimido una hora después. Ese día quedaba invalidada



con los efectos residuales. Sufría de fotosensibilidad a la claridad. Post cannabis: no tuvo crisis migrañosas.

-Insomnio. Previo a cannabis: tratada con varios medicamentos incluso zolpidem, el cual le relajaba la lengua. Permanecía 8 horas en la cama, de las cuales solo dormía 2hs. Se levantaba contracturada y no descansaba. Post cannabis: siente el descanso, duerme 9 horas de corrido y no escucha ruidos.

-Contractura: mejoría considerable.

-Bruxismo: usaba placa de contención y se despertaba por bruxar; ya no y el bruxismo no afecta su calidad de vida.

-Ánimo: más positiva y resolutiva: antes se estresaba frente a dificultades cotidianas.

En esta oportunidad, se plantean como IF realizar un nuevo análisis químico de aceite -en caso de iniciar un segundo frasco- y una interconsulta con médico clínico: reforzamos la necesidad de contar con el asesoramiento de un médico que pueda evaluar de manera integral sus problemas de salud, los medicamentos que consume prescritos por distintos especialistas y el aceite de cannabis.

Discusión

La biomedicina es la forma de atender y prevenir enfermedades que más se expande a nivel mundial (Menendez,

2015) y también de generar evidencia que se considera científica. En el uso de cannabis de grado médico, hoy solo hay 4 indicaciones para las cuales se dispone de evidencia sólida: epilepsia, dolor crónico, espasticidad asociada a esclerosis múltiple, náuseas y vómitos inducidos por quimioterapia (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2017). Dicha evidencia fue generada a partir de medicamentos que cumplen con requisitos internacionales de eficacia, seguridad y calidad. Eso deja por fuera las formulaciones artesanales de cannabis y los problemas de salud tratados con ellas, en el marco de la medicina popular, tradicional y alternativa/complementaria/inclusiva.

La disponibilidad de un medicamento en farmacias no resuelve las dificultades de acceso, ya que el alto precio de Convupidiol lo hace inalcanzable para aquel paciente que no lo tiene cubierto por la seguridad social: 66754 pesos argentinos por 35 mililitros de solución al 08/05/2022 (Kairos, 2022). Teniendo en cuenta que el salario mínimo, vital y móvil es 38940 pesos para los trabajadores mensualizados argentinos que cumplen la jornada legal completa de trabajo, es probable que la mayoría de las familias no puedan acceder a Convupidiol. El lanzamiento de Kanbis al mercado



argentino con un precio de 10823 pesos - por 30 mililitros al 08/05/2022- parece ser un paso hacia la mayor accesibilidad de la comunidad a un medicamento de calidad (Kairos, 2022). Sin embargo, la única indicación médica autorizada hasta el momento es tratamiento complementario de epilepsias refractarias a medicamentos. Por ello, la seguridad social argentina brinda cobertura únicamente de los medicamentos de CBD disponibles actualmente a los pacientes con epilepsia refractaria a tratamientos convencionales; mientras que los pacientes con dolor crónico, migraña y muchos otros problemas de salud resultan desatendidos.

En el presente trabajo, se plasmó el aporte que puede hacer un farmacéutico en la gestión integral de la farmacoterapia de una paciente usuaria de cannabis y se reflejó el contexto actual de uso de formulaciones artesanales con fines medicinales en Argentina. La realidad muestra una industria artesanal local de elaboración de aceites de cannabis con fines medicinales asociada a un consumo informal de los mismos. La paciente consume un aceite artesanal de elaboración propia. Se intentó generar conciencia de la importancia de acceder a medicamentos adquiridos en farmacias porque son las únicas formulaciones

aprobadas por nuestra autoridad sanitaria, que cumplen los requisitos de eficacia, seguridad y calidad, y tienen composición definida y estandarizada. Lo conveniente sería realizar tratamiento con aceite de composición conocida, no solo de cannabinoides sino también de los terpenos, esteroides, flavonoides, polifenoles y otras sustancias. Dos aceites con similar composición y concentración de cannabinoides, podrían generar diferente efecto debido a los terpenos, flavonoides u otras sustancias no cannabinoides que varían en cada preparación.

También se expusieron los cambios generados por los aceites de cannabis en el estado de salud individual de la paciente, quien reportó beneficios en sus problemas de salud. Por otro lado, desde la UOF tenemos una visión colectiva pensada en términos de salud pública y farmacoepidemiología, considerando que el uso de los medicamentos y formulaciones a base de cannabis en la comunidad debe ser indagado para generar información local y evidencia de calidad científica, mediante ensayos clínicos controlados que cumplan con los estándares internacionales.

Por nuestra formación como profesionales de salud, los farmacéuticos recomendamos exclusivamente la



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



utilización de medicamentos autorizados por ANMAT. No obstante, el uso masivo de aceites artesanales de cannabis nos obliga a replantear cómo acompañar a pacientes que no reciben seguimiento médico en su tratamiento ni pueden acceder al medicamento en una farmacia u hospital. Nuestra responsabilidad con la salud de las personas genera interés y compromiso en el tema, reconocemos la existencia de un mercado clandestino de formulaciones artesanales e identificamos los riesgos que pueden entrañar la falta de eficacia, la contaminación, las interacciones medicamentosas, etc. Por ello, los farmacéuticos que formamos parte de la UOF intentamos generar estrategias para brindar herramientas y acompañar a las personas y familias que deciden utilizar formulaciones artesanales hasta que logren recibir un tratamiento bajo todos los estándares de calidad que promulgamos. Por ejemplo, explicando que un producto de origen vegetal no es necesariamente inocuo, alertando sobre contraindicaciones y potenciales interacciones, sugiriendo el análisis químico y microbiológico de cada frasco de aceite que se consuma, etc.

En el caso presentado se detectó lo valioso que sería el trabajo interdisciplinario para intervenir con éxito en los procesos s-e-a-c. Por ello, se

enfatisa la importancia de que los pacientes cuenten con acompañamiento por parte de profesionales de salud con formación sólida en endocannabinología, cannabis y cannabinoides y ética profesional. El hecho de peregrinar por distintos servicios de salud sin respuesta pone en relieve la necesidad de generar espacios que corran la mirada del modelo médico hegemónico, y allí es donde aparece la UOF alojando la diversidad de estrategias farmacológicas y trabajando desde el uso real que le brindan las personas. Este deambular incluye las exigencias de la autoridad sanitaria para lograr el acceso a tratamientos seguros. Específicamente el REPROCANN otorga gran relevancia al rol del prescriptor, situación que trae aparejada que algunos profesionales se vean obligados a incursionar en estrategias que podrían ser cuestionadas desde el punto de vista ético con el objetivo de cumplir con las exigencias de este organismo.

Durante las entrevistas realizadas en el SFT, es fundamental la recolección de información complementaria a los medicamentos para la evaluación del caso, con el fin de lograr una mirada global, sin dejar de lado el contexto social, económico, cultural, los hábitos de vida y conductas de los pacientes; por ejemplo, el hábito de fumar, como el caso de la



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

paciente presentada, quien ha fumado tabaco durante 36 años. Los fármacos metabolizados en el sistema nervioso central pueden tener distinta biodisponibilidad ya que los fumadores tienen niveles más altos de CYP2D6 en el cerebro, mientras que los niveles de CYP2D en el hígado no difieren entre fumadores y no fumadores (McMillan y Tyndale, 2018). El humo, tanto de tabaco como de cannabis, contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos que pueden inducir el metabolismo de ciertos medicamentos por las enzimas CYP1A1, CYP1A2 y CYP2E1 (Kocis y Vrana, 2020). La inducción es aditiva cuando se fuman conjuntamente y esta interacción puede ser particularmente significativa en pacientes que consumen un fármaco metabolizado por CYP1A2 (Lucas, Galettis y Schneider, 2018). Sin embargo, CBD es inhibidor de dicha isoenzima cuando se administra por vía oral, por lo cual es importante conocer los hábitos del paciente para hacer una dosificación acorde a las particularidades del caso.

Por otra parte, la revisión de la medicación por un farmacéutico puede ayudar a identificar potenciales prescripciones inapropiadas y colaborar con los médicos para mejorar la prescripción. A su vez, los farmacéuticos, como profesionales expertos en medicamentos, podemos

alertar sobre interacciones entre los medicamentos convencionales y los cannabinoides, lo que puede llevar a cambios en niveles plasmáticos, eventos adversos y/o falta de eficacia clínica (Vázquez, Guevara, Maldonado, Guido y Schaiquevich, 2020). Por ello, no debemos considerar a los cannabinoides únicamente como precipitantes de interacciones al inhibir/inducir las enzimas metabolizadoras de otros fármacos; también pueden ser objeto de interacciones (Kocis y Vrana, 2020). Las posibles interacciones detectadas en este caso son un reflejo de la relevancia clínica que pueden tomar las interacciones con cannabinoides, en especial en pacientes polimedicados.

La Unidad de Optimización de la Farmacoterapia, sustentada en la filosofía profesional de atención farmacéutica, aporta una mirada multidimensional del paciente al analizar aspectos más allá de su farmacoterapia, focalizando en las actitudes, creencias y aspectos socio-culturales y económicos del paciente, que resultan de su relación y la de su entorno con los medicamentos y la enfermedad, así como sus expectativas presentes y futuras respecto a estos. La relevancia de los factores mencionados radica en su impacto sobre la adherencia a los tratamientos farmacológicos indicados por



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



30 AÑOS

los médicos. A su vez, la complejidad del caso presentado pone en evidencia que sería enriquecedor el trabajo interdisciplinario, especialmente con un profesional médico en el equipo UOF para la discusión de los casos. Dicha situación fue contemplada y posible en el pasado, en el marco de proyectos de extensión universitaria con abogados, médicos, bioquímicos y fonoaudiólogos. Sin embargo, se requiere de un compromiso continuado para sostener el servicio, y la participación voluntaria, no remunerada, no ayudó a sostener en el tiempo el trabajo interdisciplinario.

La revalorización de terapias alternativas y/o complementarias de origen vegetal renuevan los desafíos que enfrentan los equipos de salud en general y los farmacéuticos en particular. Los farmacéuticos argentinos tenemos desafíos que van más allá de la educación al paciente y la investigación química y clínica, ya que aún nos queda un terreno por explorar: la formulación de medicamentos magistrales en farmacias a partir de prescripciones médicas, tal como ya han avanzado colegas latinoamericanos. El decreto 833/20, en su artículo 7, establece que los pacientes que tuvieren indicación médica para el uso de la planta de Cannabis y sus derivados podrán adquirir medicamentos elaborados

en el país, importar medicamentos debidamente registrados por la autoridad sanitaria o adquirir formulaciones magistrales elaboradas por farmacias autorizadas. Por ello, considero que es un momento clave para que los farmacéuticos, avalados por la legislación vigente, generemos las condiciones para elaborar y proveer formulaciones magistrales de cannabis a tantos pacientes que lo necesitan.

Conclusiones

Como miembro del servicio UOF, reconozco la importancia de incluir las formulaciones artesanales a base de cannabis y cannabinoides (aceite, tinturas, resinas, etc.) en el análisis de la ya compleja farmacoterapia que tienen los pacientes, habitualmente pluripatológicos y polimedicados. Los farmacéuticos podemos contribuir al abordaje integral de los pacientes usuarios de cannabis mediante intervenciones farmacéuticas ligadas a la estrategia terapéutica y/o la educación para la salud.

El relato de la paciente refleja cuán valioso es disponer de un espacio en el que los usuarios se sientan contenidos por profesionales farmacéuticos, para poder expresarse con tranquilidad, comentar que consumen cannabis y recibir acompañamiento terapéutico sin tabúes o



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

prejuicios, como les ha ocurrido en los espacios convencionales de atención sanitaria. Por ello, debemos retribuir esa confianza depositada mediante un compromiso a su salud, informando los riesgos que entraña el consumo de formulaciones artesanales, ya sean de elaboración propia u obtenidas del mercado clandestino. Dichas formulaciones no tienen eficacia ni seguridad comprobadas, carecen de composición estandarizada de cannabinoides y otras sustancias provenientes de *Cannabis sativa* L., no cuentan con estudios de estabilidad a distintos períodos de tiempo e incluso pueden estar contaminados con microorganismos, metales pesados, plaguicidas, etc. Por todos esos motivos, reforzamos la importancia de adquirir medicamentos a base de cannabis: elaborados bajo Buenas Prácticas de Fabricación y Control en laboratorios registrados, aprobados por la autoridad sanitaria y vigilados a lo largo de la cadena de comercialización, lo cual garantiza que el medicamento adquirido en farmacia cumple con los requisitos de eficacia, seguridad y calidad.

No obstante, las dificultades de acceso a medicamentos de calidad no se han resuelto con la disponibilidad de dos soluciones orales de CBD en las

farmacias del país y otras dos dispensadas en establecimientos provinciales de Santa Fe y Jujuy. Por ello, la posibilidad de caracterizar la composición química y registrar el uso de los aceites de cannabis circulantes con fines medicinales habilita a contar con información actualizada y confiable que permita adecuar las políticas públicas existentes, teniendo en cuenta las características del sistema de salud argentino.

La utilización de cannabis de grado médico tiene múltiples aristas, esa diversidad requiere la intervención de distintas perspectivas profesionales para promover el fortalecimiento de políticas públicas específicas en la temática. Si el punto de partida es considerar a los medicamentos como bienes sociales, fundamentales para garantizar el derecho a la salud como derecho humano, el Estado debería tener una fuerte presencia en todas las etapas que hacen al diseño, elaboración, control, dispensación y vigilancia de productos que contengan cannabis. De otra manera, tal como sucede en el caso presentado, los usuarios quedan solos tomando decisiones sobre sus procesos s-e-a-c que desencadenan situaciones de mayor vulnerabilidad, en relación al punto de partida, como consecuencia del vacío que



dejan las instituciones (asociaciones profesionales, universidades, ministerios).

Bibliografía

Ballesteros, M.S. (2017). El sistema sanitario argentino: un análisis a partir de la evolución de los establecimientos de salud desde mediados del siglo XX a la actualidad. *Millcayac- Revista Digital de Ciencias Sociales*, 4(6), 147-174.

Recuperado de:
<https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/millca-digital/article/view/886/536>

Caponi, S., Verdi, M., Brzozowski, F. y Hellmann, F. (2015). *Medicalização da Vida: Ética, Saúde Pública e Indústria Farmacêutica. Segunda edição*. Brasil: Editora Prismas.

Cipolle, R.J., Strand, L.M. y Morley, P.C. (2004). *Pharmaceutical Care Practice. The Clinician 's Guide. Segunda edición*. Nueva York, Estados Unidos: Mac Graw Hill.

CNN Español. (2021). *Marihuana legal: los países de América que han legalizado el uso del cannabis y los que no*. CNN Español. Recuperado de:
<https://cnnespanol.cnn.com/2021/09/01/marihuana-legal-paises-america-latina-cannabis-legal-orix/>

Colautti, M., Bianchi, M., Paciaroni, J., Sopranzetti, V., Palchik, V., Traverso, M.L. y Salamano, M. (2014). Génesis de una

Unidad de Optimización de la Farmacoterapia en Argentina. *Gestão e Saúde*, 5,156-165.

Colautti, M., Bianchi, M. y Salamano, M. (2016). La Unidad de Optimización de la Farmacoterapia de Rosario desde la perspectiva del Pensamiento Complejo. En J. García Ceretto y C. Arcocha (Eds.), *Transitando en presente la Universidad compleja* (pp. 184 a 192). Rosario, Argentina: UNR Editora.

Freidin, B. (2015). *Proyectos profesionales alternativos: relatos biográficos de médicos que practican medicinas no convencionales*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Imago Mundi.

Gilmartin, C., Dowd, Z., Parker, A., y Harijan, P. (2021). Interaction of cannabidiol with other antiseizure medications: A narrative review. *Seizure*, 86, 189–196. doi: 10.1016/j.seizure.2020.09.010

Kairos. (2022). *Precio de medicamentos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Kairos. Recuperado de:
<https://ar.kairosweb.com/>

Kocis, P. T. y Vrana, K. E. (2020). Delta-9-Tetrahydrocannabinol and Cannabidiol Drug-Drug Interactions. *Medical cannabis and cannabinoids*, 3(1), 61–73. doi: 10.1159/000507998

Lucas, C. J., Galettis, P. y Schneider, J. (2018). The pharmacokinetics and the



pharmacodynamics of cannabinoids. *British journal of clinical pharmacology*, 84(11), 2477-2482. doi: 10.1111/bcp.13710

Machuca, M. (2008). *Seguimiento Farmacoterapéutico*. España: Ediciones Mayo.

Mastache-Villalobos, P., García de Alba-García, J. E. y Salcedo-Rocha, A.L. (2017). Pluralismo terapéutico entre biomédicos de la Ciudad de Querétaro, México. *Sal Jal.*, 4(2),104-110. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2017/sj172e.pdf>

McMillan, D. M. y Tyndale, R. F. (2018). CYP-mediated drug metabolism in the brain impacts drug response. *Pharmacology & therapeutics*, 184, 189–200. doi: 10.1016/j.pharmthera.2017.10.008

Menendez, E. (2015). Las enfermedades ¿son solo padecimientos?: biomedicina, formas de atención “paralelas” y proyectos de poder. *Salud Colectiva*, 11(3), 301-330. doi: 10.18294/sc.2015.719.

National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. 2017. *The Health Effects of Cannabis and Cannabinoids: The Current State of Evidence and Recommendations for Research*. Washington, Estados Unidos: National Academies Press.

Organización de las Naciones Unidas. (1961). *Convención Única de Estupefacientes*. Nueva York: Estados Unidos: Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de: https://www.unodc.org/pdf/convention_1961_es.pdf

Organización Mundial de la Salud. (1993). *El papel del farmacéutico en la atención a la salud: declaración de Tokio*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: <https://www.paho.org/bra/dmdocuments/el%20papel%20del%20farmaceutico.pdf>

Sabater, D., Fernandez-Llimos, F., Parras, M. y Faus, M. J. (2005). Tipos de intervenciones farmacéuticas en seguimiento farmacoterapéutico. *Seguimiento Farmacoterapéutico*, 3(2), 90-97.

Vázquez, M., Guevara, N., Maldonado, C., Guido, P. C. y Schaiquevich, P. (2020). Potential Pharmacokinetic Drug-Drug Interactions between Cannabinoids and Drugs Used for Chronic Pain. *BioMed research international*, 2020, 1-9. doi: 10.1155/2020/3902740

Agradecimientos

A la Dra. Marisel Colautti, por inspirarme como docente universitaria e investigadora y guiarme en la redacción de este trabajo.

Letramento em saúde na América do Sul: uma
revisão sistemática e metanálise



D. 36. Salud humana

Letramento em saúde na América do Sul: uma revisão sistemática e metanálise

Autor: Jesus, Patricia Romualdo; patriciardejesus@gmail.com

Co-autor(es): Bianchini, Bianca Vendruscolo; biancabianchini23@gmail.com

Profesor/a guía: Pizzol, Tatiane da Silva Dal; tatiane.silva@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumen

O letramento em saúde (LS) envolve o conhecimento e capacidade das pessoas para compreender, avaliar e usar informações de saúde. Há um aumento de estudos avaliando o LS, principalmente nos Estados Unidos e alguns países da Europa, onde o LS é considerado prioridade para ações estratégicas em saúde. Na América do Sul este tema é menos explorado. Assim, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática para avaliar a prevalência do baixo LS na América do Sul. Uma busca foi realizada em 11 bases de dados incluindo a literatura cinzenta. Estudos observacionais quantificando a prevalência do baixo LS da população residente na América do Sul foram incluídos. A seleção, extração e avaliação do risco de viés foram feitas por dois revisores de forma independente e as discrepâncias foram resolvidas por consenso ou um terceiro avaliador. A estimativa da prevalência geral e por país foi calculada utilizando o modelo de efeitos aleatórios. Foram incluídos 84 estudos, originados de 7 países. A prevalência geral de baixo LS foi de 44.65% [95% IC 39.58-49.77] ($I^2=98\%$) com 8,931 pessoas com baixo LS em uma população total de 20,871 indivíduos. Conforme análise de subgrupo, os países com mais de um estudo que apresentaram maior prevalência de baixo LS foram Argentina 49.72% [95% IC 29.84%-69.65] e Brasil 46.12% [95% IC 40.25-52.04]. A prevalência encontrada é alta e preocupante, considerando as características da população estudada e os instrumentos utilizados. Estes resultados demonstram que os governos devem olhar com atenção para este tema. A implementação de ações de educação em saúde são fundamentais para a melhoria da saúde e bem-estar da população.

Palabras clave: Letramento em saúde, educação em saúde, revisão sistemática.



- **Introducción**

O letramento em saúde (LS) está ligado ao letramento e vinculado ao conhecimento, motivação e competências das pessoas para acessar, compreender, avaliar e aplicar as informações de saúde, no intuito de fazer julgamentos e tomar decisões na vida cotidiana sobre cuidados de saúde, prevenção de doenças e promoção da saúde para manter ou melhorar a qualidade de vida (Sørensen et al., 2012). O LS é um fenômeno complexo e abrange ambientes e desafios especificamente associados a prevenção de doenças e promoção de saúde (NIH, 2021).

As capacidades e competências associadas ao LS variam de acordo com o contexto, cultura e cenário. Depende dos indivíduos e fatores do sistema, como habilidade de comunicação, cultura e características específicas de cuidados em saúde, entre outros (Kickbusch, Pelikan, Apfel, Tsouros, & World Health Organization, 2013). Avaliar o LS em diferentes populações é fundamental para entender as adversidades enfrentadas de cada lugar, tanto a nível individual quanto organizacional.

Estudos de âmbito populacionais avaliando o LS já foram realizados nos Estados Unidos (Vernon, Trujillo, Rosenbaum, & DeBuono, 2007) e alguns

países da Europa (Sørensen et al., 2015). Nos países da América do Sul, até o momento desconhecemos registros de pesquisas de âmbito nacionais com amostras representativas da população.

Em vista disso, o desenvolvimento de uma revisão sistemática e metanálise é uma possibilidade factível para estimar a prevalência do baixo LS da população sul-americana.

- **Objetivos**

O objetivo desta revisão sistemática e metanálise foi avaliar prevalência do baixo letramento em saúde nos países da América do Sul.

- **Materiales y métodos**

A revisão foi conduzida conforme as orientações do PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page et al., 2021). Este trabalho faz parte da revisão sistemática registrada na plataforma PROSPERO (*International Prospective Register of Systematic Reviews*) sob número de registro CRD42021250286.

Foram utilizados os seguintes critérios de elegibilidade: a) Estudos originais de delineamento observacional (coorte ou transversal); b) Estudos possuindo como desfecho primário ou secundário a avaliação do LS; c) Estudos



avaliando população residente em países da América do Sul. Os critérios de exclusão foram: a) estudos reportando somente a média do LS; b) estudos avaliando profissionais e/ou estudantes da área da saúde e estudantes universitários; c) resumos, revisões e protocolos. Não foi aplicado restrições de idioma e ano de publicação.

No período de maio de 2021 foram realizadas as buscas nas bases de dados CINAHL, EMBASE, ERIC, LILACS, PsycINFO, PubMed, Redalyc, SciELO e Web of Science. A busca manual foi realizada no Catálogo de Teses e Dissertações (CAPES), ProQuest (*Dissertations and Theses Global*) e na lista de referências dos estudos incluídos. A estratégia de busca foi desenvolvida a partir dos termos "Letramento em Saúde" e "Alfabetización en Salud" que estão indexados nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) criado pelo Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (BIREME / OPAS / OMS, 2022), seguido de "América Latina" e "Caribe". Esta busca foi adaptada para cada base de dados conforme idioma e descritores DeCS/MeSH.

Após remoção das duplicatas, dois revisores de forma independente realizaram a triagem a partir da leitura dos títulos e resumos. As discrepâncias foram

resolvidas por um terceiro revisor. Esta etapa foi executada no aplicativo *Rayyan web* (Ouzzani, Hammady, Fedorowicz, & Elmagarmid, 2016). Os artigos que atenderam os critérios de inclusão foram selecionados para a leitura do texto completo. Os textos elegíveis após leitura do texto completo foram incluídos na revisão. As seguintes informações foram extraídas de forma independente pelos revisores: autor, título, ano de publicação, país, tamanho de amostra, ferramenta utilizada para avaliação do LS e dados da prevalência do baixo LS.

Foi feita análise de risco de viés de forma independente por dois revisores utilizando a ferramenta do *Joanna Briggs Institute (JBI) - Critical Appraisal Tools* (Munn, Moola, Lisy, Riitano, & Tufanaru, 2015). As discrepâncias foram resolvidas por consenso, e quando necessário por um terceiro revisor. Esta ferramenta avalia a qualidade metodológica dos estudos a partir de um *checklist* com nove questões. As alternativas de respostas são: "sim", "não", "impreciso" e "não aplica". Estudos com baixo risco de viés atendem as questões de forma afirmativa.

Uma metanálise de proporções utilizando modelo de efeitos aleatórios foi executada para estimar a prevalência do baixo LS com intervalo de confiança de 95%. A heterogeneidade foi avaliada a



partir do teste de inconsistência (I^2). O valor $p < 0.05$ foi considerado estatisticamente significativo. Foi feita análise de subgrupo de acordo com o país de origem para investigar a variabilidade da prevalência do baixo LS entre os estudos. As análises foram calculadas utilizando o RStudio (version 1.4.1717).

- Resultados y discusión

Foram identificados 10,258 estudos na busca das bases de dados, deste total 2,630 eram duplicatas e foram removidas, destes, 7,628 estudos foram para a triagem de títulos e resumos. Após a triagem, 7,400 estudos não preencheram os critérios de elegibilidade e foram excluídos. Após leitura do texto completo dos estudos restantes e a execução da busca manual, 84 estudos atenderam os critérios de elegibilidade.

No final, 84 estudos foram incluídos na revisão sistemática e metanálise, totalizando uma população de 20,871 pessoas avaliadas em 7 países da América do Sul. A maioria da população avaliada provém de estudos realizados no Brasil ($n=17,261$), Peru ($n=1,160$) e Chile ($n=1,027$). Foram utilizados 25 instrumentos para a avaliação do LS, sendo que, destes, 21 avaliam o LS geral, dois o LS bucal, um letramento nutricional e um letramento genético.

Somente oito estudos apresentaram resultados totalmente satisfatórios em relação ao risco de viés, apresentando respostas afirmativas nas nove questões do *checklist*. Em relação as questões avaliando o risco de viés da amostra, do total de 84 estudos: 60 utilizaram instrumentos validados, 26 estudos realizaram o processo de amostragem de forma adequada e 43 estudos realizaram cálculo de tamanho de amostra.

A prevalência geral do baixo LS foi de 44.65% (IC 95%: 39.58-49.77; 84 estudos; $I^2=98\%$) (figura 1). Conforme análise de subgrupo, considerando os países com mais de um estudo cada, os países que apresentaram maior prevalência de baixo LS foram Argentina (49.72% [IC95%: 29.84-69.65; 3 estudos; $I^2=95\%$]) e Brasil (46.12% [IC95%: 40.25-52.04; 70 estudos; $I^2=98\%$]). O Chile apresentou a menor prevalência do baixo LS (18.97% [IC95%: 15.10-23.15; 3 estudos; $I^2=48\%$]).

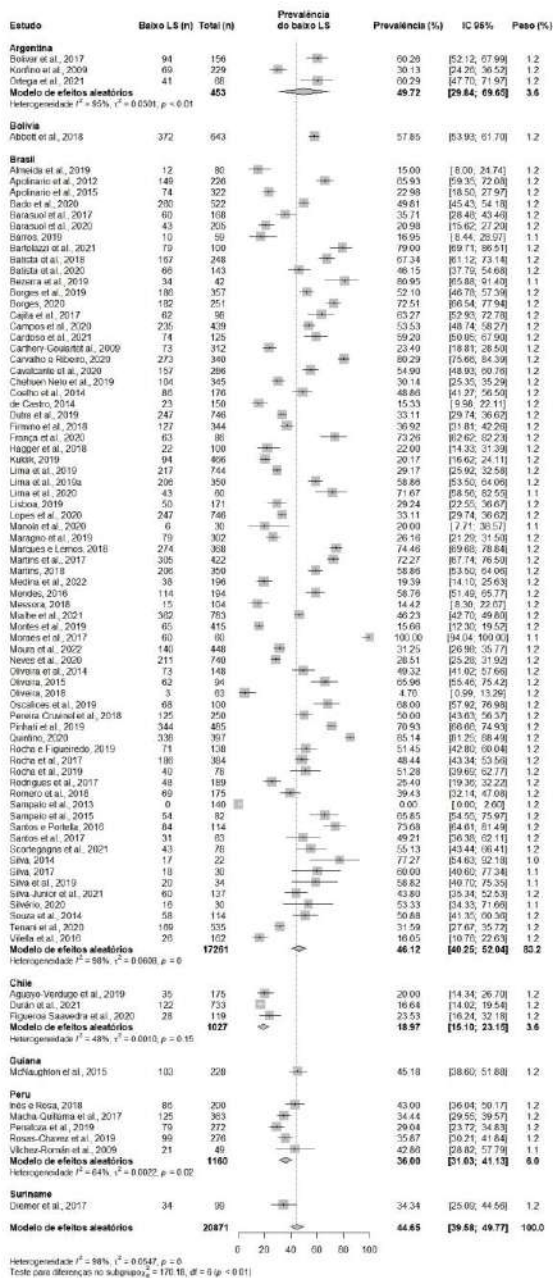


Figura 1: Prevalência do baixo LS dos estudos incluídos por países.

O LS limitado está associado a diversos desfechos em saúde, como menor participação em atividades de promoção de saúde, acidentes de trabalho, diminuição no manejo de doenças crônicas, aumento

em hospitalizações, dentre outros. Na maioria das vezes estes indivíduos também possuem níveis de educação mais baixo. Existe um debate sobre o quanto o letramento em geral afeta a saúde das pessoas, e por isto, não podemos distingui-lo por completo do LS (Kickbusch et al., 2013).

Países com desempenhos mais baixos de proficiência em leitura apresentaram maior prevalência do baixo LS. Conforme os dados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), na Argentina, Brasil, e Chile, 48%, 50% e 68% respectivamente, dos estudantes alcançaram pelo menos o nível 2 de proficiência em leitura. Esta classificação indica que no mínimo estes estudantes conseguem identificar a ideia principal de um texto de tamanho moderado, encontrar informações com base em critérios explícitos e refletir sobre a finalidade e a forma dos textos (OECD, 2019). Salienta-se que atualmente os testes empregados para avaliação do LS englobam apenas indivíduos alfabetizados, deste modo, pessoas que não sabem ler não estão inseridas nas taxas de prevalência do LS.

Foram reportados diferentes instrumentos avaliando o LS, assim, ao avaliarmos as medidas do baixo LS devemos considerar as diversidades



metodológicas das ferramentas, que avaliam domínios e níveis de dificuldade distintas.

Revisões sistemáticas avaliando o LS em outros continentes também detectaram alta prevalência do baixo LS. No sudeste da Ásia a prevalência média do baixo LS foi de 55.3% (IC95%: 35.1-75.6) (Rajah, Hassali, & Murugiah, 2019) e na Europa houve uma variação de 27% (IC95%: 18-38) a 48% (IC95%: 41-55) (Baccolini et al., 2021). Nossos resultados também indicaram uma alta prevalência do baixo LS e, apesar da ampla variação da prevalência entre eles, os menores índices de baixo LS identificados ainda são insatisfatórios.

Considerando o construto complexo e multidimensional do LS, as medidas estratégicas para o aumento do LS da comunidade englobam políticas e órgãos públicos, sistemas de saúde e educação, organizações, meios de comunicação, profissionais de saúde e diversos setores da sociedade. Logo, discutir e avaliar seus desfechos relacionados a saúde é essencial para que ocorra mudança no cenário atual.

Como limitações, encontramos uma alta heterogeneidade na metanálise, resultado esperado devido ao delineamento observacional dos estudos, com populações, instrumentos e técnicas

de amostragem distintas. Devido ao extenso território englobado na estimação da prevalência, a representatividade dos países foi substancialmente heterogênea. Houve maior número de estudos em países que possuem maior número de publicações sobre o tema, comparado a países onde somente um estudo foi recuperado na busca.

Até o momento não temos conhecimento de outra revisão sistemática avaliando exclusivamente a prevalência do baixo LS na América do Sul. As estimativas apresentadas são inéditas e captam o atual cenário do baixo LS neste território. Ressalta-se também que foram seguidas as diretrizes metodológicas para elaboração da revisão e foi efetuada uma ampla busca na literatura sem restrições de idioma, status e ano de publicação.

- Conclusiones

A partir desta revisão sistemática podemos ter uma visão ampla sobre a prevalência do baixo LS em países sul-americanos. Constatamos que existe uma alta prevalência de baixo LS e uma diversidade de instrumentos utilizados para a sua medição. Entretanto, estudos para avaliação do LS ainda são escassos em diversos países, demonstrando a necessidade de pesquisas adicionais, principalmente nacionais e multicêntricas



abordando este tema. Investigar a prevalência do baixo LS e caracterizar essa população é uma medida necessária para o desenvolvimento de intervenções de educação em saúde e ações governamentais com o propósito de aumentar a informação e acesso à saúde dos cidadãos.

- **Financiamiento**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

- **Agradecimiento**

Ao Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia e à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

- **Bibliografía**

Abbott, P., Banerjee, T., Aruquipa Yujra, A. C., Xie, B., & Piette, J. (2018). Exploring chronic disease in Bolivia: A cross-sectional study in La Paz. *PLOS ONE*, 13(2), e0189218. doi: 10.1371/journal.pone.0189218

Aguayo-Verdugo, N., Valenzuela-Suazo, S., & Luengo-Machuca, L. (2019). Autocuidado, alfabetización en salud y control glicémico en personas con diabetes mellitus tipo 2. *Ciencia y enfermería*, 25. doi: 10.4067/S0717-95532019000100217

Almeida, K. M. V. de, Toye, C., Silveira, L. V. de A., Slatyer, S., Hill, K., & Jacinto, A. F. (2019). Assessment of functional health literacy in Brazilian carers of older people. *Dementia & Neuropsychologia*, 13(2), 180–186. doi: 10.1590/1980-57642018dn13-020006

Apolinario, D., Braga, R. de C. O. P., Magaldi, R. M., Busse, A. L., Campora, F., Brucki, S., & Lee, S.-Y. D. (2012). Short Assessment of Health Literacy for Portuguese-speaking Adults. *Revista de Saúde Pública*, 46(4), 702–711. doi: 10.1590/S0034-89102012005000047

Apolinario, D., Mansur, L. L., Carthery-Goulart, M. T., Brucki, S. M., & Nitrini, R. (2015). Cognitive predictors of limited health literacy in adults with heterogeneous socioeconomic backgrounds. *Journal of Health Psychology*, 20(12), 1613–1625. doi: 10.1177/1359105313520337

Baccolini, V., Rosso, A., Di Paolo, C., Isonne, C., Salerno, C., Migliara, G., ... Romano, F. (2021). What is the Prevalence of Low Health Literacy in European Union Member States? A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of General Internal Medicine*, 36(3), 753–761. doi: 10.1007/s11606-020-06407-8

Bado, F. M. R., De Checchi, M. H. R., Cortellazzi, K. L., Ju, X., Jamieson, L., & Mialhe, F. L. (2020). Oral health literacy, self-rated oral



- health, and oral health-related quality of life in Brazilian adults. *European Journal of Oral Sciences*, 128(3), 218–225. doi: 10.1111/eos.12695
- Barasuol, J. C., Assunção, L. R. da S., Fraiz, F. C., & Menezes, J. V. N. B. (2017). Oral Health Literacy as a Predictor of Dental Anxiety in Parents of Children Undergoing Dental Treatment. *Journal of Dentistry for Children*, 84(3), 125–131.
- Barasuol, J. C., Daros, B. C. I., Fraiz, F. C., & Menezes, J. V. N. B. (2020). Caregiver oral health literacy: Relationship with socioeconomic factors, oral health behaviors and perceived child dental status. *Community Dental Health*, 37(2), 110–114. doi: 10.1922/CDH_4550Barasuol05
- Barros, R. E. (2019). *Percepções sobre pesquisa clínica e nível de letramento e alfabetismo em saúde de participantes de ensaios clínicos com novos medicamentos* (Dissertação de Mestrado). Fundação Pio XII - Hospital de Câncer de Barretos, Barretos, SP.
- Bartolazzi, F., Ribeiro, A. L. P., de Sousa, W. J. F. N., Vianna, M. S., da Silva, J. L. P., & Martins, M. A. P. (2021). Relationship of health literacy and adherence to oral anticoagulation therapy in patients with atrial fibrillation: A cross-sectional study. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, 52(4), 1074–1080. doi: 10.1007/s11239-021-02432-4
- Batista, M. J., Lawrence, H. P., & Sousa, M. da L. R. de. (2018). Oral health literacy and oral health outcomes in an adult population in Brazil. *BMC Public Health*, 18(1), 60. doi: 10.1186/s12889-017-4443-0
- Batista, M. J., Marques, A. C. de P., Silva Junior, M. F., Alencar, G. P., & Sousa, M. da L. R. de. (2020). Tradução, adaptação transcultural e avaliação psicométrica da versão em português (brasileiro) do 14-item Health Literacy Scale. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25(7), 2847–2857. doi: 10.1590/1413-81232020257.22282018
- Bezerra, J. N. de M., Lessa, S. R. de O., Ó, M. F. do, Luz, G. O. de A., & Borba, A. K. de O. T. (2019). Letramento em saúde dos indivíduos submetidos à terapia dialítica. *Texto & Contexto - Enfermagem*, 28, e20170418. doi: 10.1590/1980-265x-tce-2017-0418
- BIREME / OPAS / OMS. (2022). *Descritores em Ciências da Saúde: DeCS*. São Paulo (SP). Recuperado de <https://decs.bvsalud.org/>
- Bolivar, A. A., Lanteri, M. E., Cícero, C. Y., Pérez, A., Puchulu, F. M., & Mejía, R. (2017). Alfabetización en salud y control de la diabetes en pacientes de un hospital universitario de Argentina. *MEDICINA (Buenos Aires)*, 77(3), 167–172.
- Borges, F. M. (2020). *Associação entre letramento em saúde e qualidade de vida em indivíduos com hipertensão arterial* (Dissertação)



- de Mestrado). Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI. 31(1), e38767. doi: 10.15448/1980-6108.2021.1.38767
- Borges, F. M., Silva, A. R. V. da, Lima, L. H. de O., Almeida, P. C. de, Vieira, N. F. C., & Machado, A. L. G. (2019). Health literacy of adults with and without arterial hypertension. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 72(3), 646–653. doi: 10.1590/0034-7167-2018-0366
- Cajita, M. I., Denhaerynck, K., Dobbels, F., Berben, L., Russell, C. L., Davidson, P. M., ... Maddicks-Law, J. (2017). Health literacy in heart transplantation: Prevalence, correlates and associations with health behaviors—Findings from the international BRIGHT study. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 36(3), 272–279. doi: 10.1016/j.healun.2016.08.024
- Campos, A. A. L., Neves, F. S., Saldanha, R. de F., Duque, K. de C. D., Guerra, M. R., Leite, I. C. G., & Teixeira, M. T. B. (2020). Fatores associados ao letramento funcional em saúde de mulheres atendidas pela Estratégia de Saúde da Família. *Cadernos Saúde Coletiva*, 28(1), 66–76. doi: 10.1590/1414-462x202000280295
- Cardoso, T. de A., Ribeiro, M. C., Roncada, C., & Pitrez, P. M. C. (2021). Avaliação dos níveis de alfabetismo em saúde, conhecimento em asma e qualidade de vida de pais associados ao controle da doença em crianças e adolescentes com diagnóstico de asma de centros especializados. *Scientia Medica*, 31(1), e38767. doi: 10.15448/1980-6108.2021.1.38767
- Carthery-Goulart, M. T., Anghinah, R., Areza-Fegyveres, R., Bahia, V. S., Brucki, S. M. D., Damin, A., ... Nitrini, R. (2009). Performance of a Brazilian population on the test of functional health literacy in adults. *Revista de Saúde Pública*, 43(4), 631–638. doi: 10.1590/S0034-89102009005000031
- Carvalho, T. R., & Ribeiro, L. C. (2020). Associação entre letramento funcional em saúde e adesão ao tratamento medicamentoso da Hipertensão Arterial Sistêmica na atenção primária à saúde. *Revista de APS*, 23(4), 734–749. doi: 10.34019/1809-8363.2020.v23.16894
- Cavalcante, L. R., Brito, L. L., & Fraga-Maia, H. (2020). Functional health literacy: Protective role in adherence to treatment for hypertensive patients. *Revista Brasileira Em Promoção Da Saúde*, 33, 1–12. doi: 10.5020/18061230.2020.10503
- Chehuen Neto, J. A., Costa, L. A., Estevanin, G. M., Bignoto, T. C., Vieira, C. I. R., Pinto, F. A. R., & Ferreira, R. E. (2019). Letramento funcional em saúde nos portadores de doenças cardiovasculares crônicas. *Ciência & Saúde Coletiva*, 24(3), 1121–1132. doi: 10.1590/1413-81232018243.02212017
- Coelho, M. A. M., Sampaio, H. A. de C., Passamai, M. da P. B., Cabral, L.



- A., Passos, T. U., & Lima, G. P. (2014). Functional health literacy and healthy eating: Understanding the Brazilian food guide recommendations. *Revista de Nutrição, 27*(6), 715–723. doi: 10.1590/1415-52732014000600006
- de Castro, S. H., Brito, G. N. O., & Gomes, M. B. (2014). Health literacy skills in type 2 diabetes mellitus outpatients from an university-affiliated hospital in Rio de Janeiro, Brazil. *Diabetology & Metabolic Syndrome, 6*(1), 126. doi: 10.1186/1758-5996-6-126
- Diemer, F. S., Haan, Y. C., Nannan Panday, R. V., van Montfrans, G. A., Oehlers, G. P., & Brewster, L. M. (2017). Health literacy in Suriname. *Social Work in Health Care, 56*(4), 283–293. doi: 10.1080/00981389.2016.1277823
- Durán, D., Retamal, I., Ochoa, T., & Monsalves, M. J. (2021). Health literacy and adherence to treatment in different districts in Chile. *Health Promotion International, 36*(4), 1000–1006. doi: 10.1093/heapro/daaa104
- Dutra, L. da C., de Lima, L. C. M., Neves, É. T. B., Gomes, M. C., de Araújo, L. J. S., Forte, F. D. S., ... Granville-Garcia, A. F. (2019). Adolescents with worse levels of oral health literacy have more cavitated carious lesions. *PLOS ONE, 14*(11). doi: 10.1371/journal.pone.0225176
- Figueroa Saavedra, C. S., Otzen Hernández, T. F., Figueroa Delgado, V., Sanhueza, P., & Candia, J. (2020). Alfabetización en salud y adherencia farmacológica en adultos mayores con enfermedades crónicas, de la ciudad de Temuco. *Revista médica de Chile, 148*(5), 653–656. doi: 10.4067/S0034-988720200005000653
- Firmino, R. T., Fraiz, F. C., Montes, G. R., Paiva, S. M., Granville-Garcia, A. F., & Ferreira, F. M. (2018). Impact of oral health literacy on self-reported missing data in epidemiological research. *Community Dentistry and Oral Epidemiology, 46*(6), 624–630. doi: 10.1111/cdoe.12415
- França, A. S., Pirkle, C. M., Sentell, T., Velez, M. P., Domingues, M. R., Bassani, D. G., & Câmara, S. M. A. (2020). Evaluating Health Literacy among Adolescent and Young Adult Pregnant Women from a Low-Income Area of Northeast Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(23), 8806. doi: 10.3390/ijerph17238806
- Hagger, M. S., Hardcastle, S. J., Hu, M., Kwok, S., Lin, J., Nawawi, H. M., ... Watts, G. F. (2018). Health literacy in familial hypercholesterolemia: A cross-national study. *European Journal of Preventive Cardiology, 25*(9), 936–943. doi: 10.1177/2047487318766954
- Inés, H. C. J., & Rosa, V. D. V. (2018). *Alfabetización sanitaria evaluada mediante un instrumento validado*



- y factores relacionados en pacientes hospitalizados en los servicios de Medicina Interna en un Hospital Nacional en Lima-Perú 2018* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Kickbusch, I., Pelikan, J. M., Apfel, F., Tsouros, A. D., & World Health Organization (Orgs.). (2013). *Health literacy: The solid facts*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.
- Konfino, J., Mejia, R., Majdalani, M. P., & Perez, E. J. (2009). *Alfabetización en salud en pacientes que asisten a un hospital universitario*. 69(6), 631–634.
- Kuklik, H. H. (2019). *Alfabetismo em saúde bucal está associado à conduta parental frente à avulsão do dente permanente* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- Lima, J. P. de, Abreu, D. P. G., Bandeira, E. D. O., Brum, A. N., Mello, M. C. V. A. de, Varela, V. D. S., & Martins, N. F. F. (2019). Letramento funcional em saúde e fatores associados em pessoas idosas. *Cogitare Enfermagem*, 24. doi: 10.5380/ce.v24i0.63964
- Lima, L. C. M. de, Neves, É. T. B., Dutra, L. D. C., Firmino, R. T., Araújo, L. J. S. de, Paiva, S. M., ... Granville-Garcia, A. F. (2019). Psychometric properties of BREALD-30 for assessing adolescents' oral health literacy. *Revista de Saúde Pública*, 53, 53. doi: 10.11606/S1518-8787.2019053000999
- Lima, M. de F. G., Vasconcelos, E. M. R. de, Borba, A. K. de O. T., Santos, C. R. dos, Carvalho, J. C., & Zimmermann, R. D. (2020). Fatores associados ao letramento funcional em saúde da pessoa idosa em tratamento pré-dialítico. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 23(4), e200114. doi: 10.1590/1981-22562020023.200114
- Lisboa, S. O. (2019). *Qual é o nível de alfabetismo em saúde bucal necessário para escolher e quantificar apropriadamente o dentífrico fluoretado para crianças?* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais., Belo Horizonte, MG.
- Lopes, R. T., Neves, É. T. B., Dutra, L. D. C., Gomes, M. C., Paiva, S. M., Abreu, M. H. N. G. de, ... Granville-Garcia, A. F. (2020). Socioeconomic status and family functioning influence oral health literacy among adolescents. *Revista de Saúde Pública*, 54, 30. doi: 10.11606/s1518-8787.2020054001842
- Macha Quillama, L. F., Samanamú Leandro, A. E., & Rodríguez Hurtado, D. (2017). Alfabetización sanitaria y factores relacionados en pacientes que acuden a consulta externa de Medicina Interna en un Hospital Nacional en Lima, Perú. *Revista de Salud Pública*, 19(5), 679–685. doi: 10.15446/rsap.v19n5.53008



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos*

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

- Manola, C. C. V., Melo, E. B. M. de, Lau, Y. K. C., Bedin, L. P., Oliveira, M. V. de, Almeida, M. A. I. de, ... Machado, P. S. (2020). Letramento funcional em saúde: Sífilis em gestantes. *Nursing (São Paulo)*, 23(265), 4193–4198.
- Maragno, C. A. D., Mengue, S. S., Moraes, C. G., Rebelo, M. V. D., Guimarães, A. M. de M., & Pizzol, T. da S. D. (2019). Teste de letramento em saúde em português para adultos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 22, e190025. doi: 10.1590/1980-549720190025
- Marques, S. R. L., & Lemos, S. M. A. (2018). Letramento em saúde e fatores associados em adultos usuários da atenção primária. *Trabalho, Educação e Saúde*, 16(2), 535–559. doi: 10.1590/1981-7746-sol00109
- Martins, M. A. P., Costa, J. M., Mambrini, J. V. de M., Ribeiro, A. L. P., Benjamin, E. J., Brant, L. C. C., ... Magnani, J. W. (2017). Health literacy and warfarin therapy at two anticoagulation clinics in Brazil. *Heart*, 103(14), 1089–1095. doi: 10.1136/heartjnl-2016-310699
- Martins, N. F. F. (2018). *Pessoa idosa na Estratégia Saúde da Família: Relação entre adesão à medicação e letramento funcional em saúde* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- McNaughton, C. D., Korman, R. R., Kabagambe, E. K., & Wright, S. W. (2015). Health literacy and blood glucose among Guyanese emergency department patients without diagnosed diabetes: A cross-sectional study. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 7(1), 31. doi: 10.1186/s13098-015-0028-1
- Medina, L. A. C., Silva, R. A., de Sousa Lima, M. M., Barros, L. M., Lopes, R. O. P., Melo, G. A. A., ... Caetano, J. Á. (2022). Correlation Between Functional Health Literacy and Self-efficacy in People with Type 2 Diabetes Mellitus: Cross-sectional Study. *Clinical Nursing Research*, 31(1), 20–28. doi: 10.1177/10547738211006841
- Mendes, C. F. (2016). *Letramento funcional em saúde dos responsáveis por crianças com cardiopatia congênita: Tecnologia educativa para a promoção da saúde e do cuidado* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE.
- Messora, C. T. de C. (2018). *Letramento em saúde e níveis de estresse como fatores impactantes na adesão ao tratamento medicamentoso e controle glicêmico de pacientes com diabetes mellitus tipo 1* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Mialhe, F. L., Moraes, K. L., Bado, F. M. R., Brasil, V. V., Sampaio, H. A. D. C., & Rebutini, F. (2021). Psychometric properties of the adapted instrument European



- Health Literacy Survey
Questionnaire short-short form.
*Revista Latino-Americana de
Enfermagem*, 29, e3436. doi:
10.1590/1518-8345.4362.3436
- Montes, G. R., Bonotto, D. V., Ferreira, F.
M., Menezes, J. V. N. B., & Fraiz,
F. C. (2019). Caregiver's oral
health literacy is associated with
prevalence of untreated dental
caries in preschool children.
Ciência & Saúde Coletiva, 24(7),
2737–2744. doi: 10.1590/1413-
81232018247.18752017
- Moraes, K. L., Brasil, V. V., Oliveira, G. F.
de, Cordeiro, J. A. B. L., Silva, A.
M. T. C., Boaventura, R. P., ...
Ribeiro Canhestro, M. (2017).
Letramento funcional em saúde e
conhecimento de doentes renais
em tratamento pré-dialítico.
Revista Brasileira de Enfermagem,
70(1), 155–162. doi: 10.1590/0034-
7167-2015-0169
- Moura, M. de F. L. de, Firmino, R. T.,
Neves, É. T. B., Paiva, S. M.,
Ferreira, F. M., & Granville-Garcia,
A. F. (2022). Family cohesion and
attention deficit exert an influence
on visits to the dentist in early
adolescence. *Community Dentistry
and Oral Epidemiology*, 50(3),
164–170. doi: 10.1111/cdoe.12647
- Munn, Z., Moola, S., Lisy, K., Riitano, D.,
& Tufanaru, C. (2015).
Methodological guidance for
systematic reviews of observational
epidemiological studies reporting
prevalence and cumulative
incidence data. *International
Journal of Evidence-Based*
- Healthcare*, 13(3), 147–153. doi:
10.1097/XEB.0000000000000054
- Neves, É. T. B., Dutra, L. da C., Gomes,
M. C., Paiva, S. M., Abreu, M. H.
N. G., Ferreira, F. M., & Granville-
Garcia, A. F. (2020). The impact of
oral health literacy and family
cohesion on dental caries in early
adolescence. *Community Dentistry
and Oral Epidemiology*, 48(3),
232–239. doi: 10.1111/cdoe.12520
- NIH. (2021). Health Literacy. Recuperado
de NIH - Turning Discovery Into
Health website:
[https://www.nih.gov/institutes-
nih/nih-office-director/office-
communications-public-
liaison/clear-communication/health-
literacy](https://www.nih.gov/institutes-nih/nih-office-director/office-communications-public-liaison/clear-communication/health-literacy)
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results
(Volume I)*. Recuperado de
[https://www.oecd-
ilibrary.org/content/publication/5f07
c754-em](https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/5f07c754-em)
- Oliveira, M. O., Nitri, R., & Brucki, S. M.
D. (2014). The S-TOFHLA as a
Measure of Functional Literacy in
Patients with Mild Alzheimer's
Disease or Mild Cognitive
Impairment. *Archives of Clinical
Neuropsychology*, 29(3), 269–277.
doi: 10.1093/arclin/act120
- Oliveira, R. A. D. (2018). *Alfabetização em
saúde de mães de crianças em
idade pré-escolar atendidas pela
pastoral da criança: Contribuição
para promoção da saúde infantil*
(Dissertação de Mestrado). Centro
Universitário de Maringá, Maringá,
PR.



- Oliveira, T. F. (2015). *Adesão ao tratamento e letramento em saúde em pacientes acometidos por doença cerebrovascular em terapia anticoagulante oral* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE.
- Ortega, J., Vázquez, N., & Arberas, C. (2021). Alfabetización genética y adaptación psicológica en adolescentes con enfermedades genéticas. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba*, 78(1), 3–8. doi: 10.31053/1853.0605.v78.n1.25498
- Oscalices, M. I. L., Okuno, M. F. P., Lopes, M. C. B. T., Batista, R. E. A., & Campanharo, C. R. V. (2019). Health literacy and adherence to treatment of patients with heart failure. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 53, e03447. doi: 10.1590/s1980-220x2017039803447
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—A web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), 210. doi: 10.1186/s13643-016-0384-4
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, n160. doi: 10.1136/bmj.n160
- Penaloza, R., Navarro, J. I., Jolly, P. E., Junkins, A., Seas, C., & Otero, L. (2019). Health literacy and knowledge related to tuberculosis among outpatients at a referral hospital in Lima, Peru. *Research and Reports in Tropical Medicine*, Volume 10, 1–10. doi: 10.2147/RRTM.S189201
- Pereira Cruvinel, A. F., Cusicanqui Méndez, D. A., Campos Chaves, G., Gutierrez, E., Lotto, M., Marchini Oliveira, T., & Cruvinel, T. (2018). The Brazilian validation of a health literacy instrument: The newest vital sign. *Acta Odontologica Scandinavica*, 76(8), 587–594. doi: 10.1080/00016357.2018.1484511
- Pinhati, R. R., Tavares, P. L., Marsicano, E. de O., Fernandes, N. da S., Colugnati, F. A. B., Bastos, M. G., ... Pinheiro, H. S. (2019). Low health literacy in older patients with uncontrolled blood pressure at secondary care. *HU Revista*, 45(1), 13–21. doi: 10.34019/1982-8047.2019.v45.16970
- Quintino, N. D. (2020). *Avaliação da qualidade de vida e alfabetização em saúde em pacientes com Doença de Chagas (coorte SaMi-Trop)* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São João del-Rei, Divinópolis, MG.
- Rajah, R., Hassali, M. A. A., & Murugiah, M. K. (2019). A systematic review of the prevalence of limited health literacy in Southeast Asian countries. *Public Health*, 167, 8–15. doi: 10.1016/j.puhe.2018.09.028



doi: 10.1590/0104-07072018005230017

- Rocha, M. R. da, Santos, S. D. dos, Moura, K. R. de, Carvalho, L. de S., Moura, I. H. de, & Silva, A. R. V. da. (2019). Health literacy and adherence to drug treatment of type 2 diabetes mellitus. *Escola Anna Nery*, 23(2), e20180325. doi: 10.1590/2177-9465-ean-2018-0325
- Rocha, K. T., & Figueiredo, A. E. (2019). Letramento em saúde: Avaliação de pacientes em terapia renal substitutiva. *Enfermería Nefrológica*, 22(4), 388–397. doi: 10.4321/S2254-28842019000400005
- Rocha, P. C., Rocha, D. C., & Lemos, S. M. A. (2017). Letramento funcional em saúde na adolescência: Associação com determinantes sociais e percepção de contextos de violência. *CoDAS*, 29(4). doi: 10.1590/2317-1782/20172016208
- Rodrigues, R., de Andrade, S. M., González, A. D., Birolim, M. M., & Mesas, A. E. (2017). Cross-cultural adaptation and validation of the Newest Vital Sign (NVS) health literacy instrument in general population and highly educated samples of Brazilian adults. *Public Health Nutrition*, 20(11), 1907–1913. doi: 10.1017/S1368980017000787
- Romero, S. S., Scortegagna, H. de M., & Doring, M. (2018). Nível de letramento funcional em saúde e comportamento em saúde de idosos. *Texto & Contexto - Enfermagem*, 27(4), e5230017.
- Rosas-Chavez, G., Romero-Visurraga, C. A., Ramirez-Guardia, E., & Málaga, G. (2019). El grado de alfabetización en salud y adherencia al tratamiento en pacientes con hipertensión arterial en un hospital nacional de Lima, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 36(2), 214. doi: 10.17843/rpmesp.2019.362.4279
- Sampaio, H. A. de C., Carioca, A. A. F., Sabry, M. O. D., Santos, P. M. dos, Coelho, M. A. M., & Passamai, M. da P. B. (2015). Letramento em saúde de diabéticos tipo 2: Fatores associados e controle glicêmico. *Ciência & Saúde Coletiva*, 20(3), 865–874. doi: 10.1590/1413-81232015203.12392014
- Sampaio, H. A. de C., Silva, D. M. de A., Sabry, M. O. D., Carioca, A. A. F., & Chayb, A. P. V. (2013). Letramento nutricional: Desempenho de dois grupos populacionais brasileiros. *Nutrire*, 38(2), 144–155. doi: 10.4322/nutrire.2013.015
- Santos, J. E. M. dos, Brasil, V. V., Moraes, K. L., Cordeiro, J. A. B. L., Oliveira, G. F. de, Bernardes, C. de P., ... Silva, A. M. T. C. (2017). Comprehension of the education handout and health literacy of pacemaker users. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 70(3), 633–639. doi: 10.1590/0034-7167-2016-0336



- Santos, M. I. P. de O., & Portella, M. R. (2016). Condições do letramento funcional em saúde de um grupo de idosos diabéticos. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 69(1), 156–164. doi: 10.1590/0034-7167.2016690121i
- Scortegagna, H. de M., Santos, P. C. S. dos, Santos, M. I. P. de O., & Portella, M. R. (2021). Letramento funcional em saúde de idosos hipertensos e diabéticos atendidos na Estratégia Saúde da Família. *Escola Anna Nery*, 25(4), e20200199. doi: 10.1590/2177-9465-ean-2020-0199
- Silva, J. R. R. da, Luz, G. O. de A., Silva, S. M. B. da, Medeiros, L. K. A. de, Santos Júnior, J. L., & Santos, I. C. R. V. (2019). Letramento funcional em saúde e o conhecimento dos doentes renais crônicos em tratamento conservador. *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*, 32, 1–11. doi: 10.5020/18061230.2019.9470
- Silva, L. B. da. (2017). *Instrumento de avaliação do letramento em nutrição para a população brasileira: Adaptação transcultural* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG.
- Silva, I. F. (2014). *Análise da correlação entre o letramento em saúde e a adesão farmacoterapêutica em usuários na Estratégia Saúde da Família de Sobral – CE* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, CE.
- Silva-Junior, M. F., Rosário de Sousa, M. da L., & Batista, M. J. (2021). Health literacy on oral health practice and condition in an adult and elderly population. *Health Promotion International*, 36(4), 933–942. doi: 10.1093/heapro/daaa135
- Silvério, I. R. (2020). *Discrepâncias entre uso e prescrição de medicamentos em idosos com doença de Parkinson: Um estudo transversal em uma farmácia especializada do rio de janeiro* (Dissertação de Mestrado). da Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
- Sørensen, K., Pelikan, J. M., Röthlin, F., Ganahl, K., Slonska, Z., Doyle, G., ... Brand, H. (2015). Health literacy in Europe: Comparative results of the European health literacy survey (HLS-EU). *The European Journal of Public Health*, 25(6), 1053–1058. doi: 10.1093/eurpub/ckv043
- Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., ... (HLS-EU) Consortium Health Literacy Project European. (2012). Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health*, 12(1), 80. doi: 10.1186/1471-2458-12-80
- Souza, J. G., Apolinario, D., Magaldi, R. M., Busse, A. L., Campora, F., & Jacob-Filho, W. (2014). Functional health literacy and glycaemic control in older adults with type 2 diabetes: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 4(2), e004180. doi: 10.1136/bmjopen-2013-004180



"Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos*

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



Tenani, C. F., De Checchi, M. H. R., Bado, F. M. R., Ju, X., Jamieson, L., & Mialhe, F. L. (2020). Influence of oral health literacy on dissatisfaction with oral health among older people. *Gerodontology*, 37(1), 46–52. doi: 10.1111/ger.12443

Vernon, J. A., Trujillo, A., Rosenbaum, S., & DeBuono, B. (2007). Low Health Literacy: Implications for National Health Policy. *Washington, DC: Department of Health Policy, School of Public Health and Health Services, The George Washington University.*

Vílchez-Román, C., Quiliano-Terreros, R., Canales-Negrón, R., & Chiroque-Solano, R. (2009). *Demographic factors associated with health literacy in a sample of females residing in Lima, Peru in 2008: Results from the SAHLSA-50 test.* 60(3), 223–229.

Vilella, K. D., Alves, S. G. A., de Souza, J. F., Fraiz, F. C., & Assunção, L. R. da S. (2016). The Association of Oral Health Literacy and Oral Health Knowledge with Social Determinants in Pregnant Brazilian Women. *Journal of Community Health*, 41(5), 1027–1032. doi: 10.1007/s10900-016-0186-6

Manifestaciones orales en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis del Hospital Regional de Concepción-Paraguay 2022.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

D.36 Salud Humana

Manifestaciones orales en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis del Hospital Regional de Concepción-Paraguay 2022.

Autor: Galeano Cabral, Adriana Fabiola; dra.adrianagaleano@gmail.com

Desvars González, Raul Milciades; rauldesvars@unc.edu.py

Tutor: Sotomayor Ortellado, Rossana Inés; sotomayorr12@gmail.com

Facultad de Odontología

Universidad Nacional de Concepción

Resumen

Objetivo: Identificar las manifestaciones bucales más frecuentes en pacientes con enfermedad renal crónica, tratados con hemodiálisis en el Hospital Regional de Concepción durante el mes de mayo del 2022. **Material y método:** La investigación fue observacional, descriptiva de corte transversal. La muestra estuvo constituida por 39 pacientes con edades comprendidas entre 20 y 80 años con enfermedad renal crónica, hemodializados con esquema semanal en el Hospital Regional de Concepción. La evaluación clínica fue llevada a cabo por docentes y alumnos previamente calibrados, en el siguiente orden: palpación de la articulación temporomandibular, seguida de la inspección extra oral y por último la inspección intraoral, en el orden citado a continuación: carrillos, mucosa oral, paladar duro, lengua y por último los dientes y tejidos de soporte. **Resultados:** La prevalencia de manifestaciones bucales fue la siguiente: cálculo dental 76,9%, palidez de la mucosa 71,8%, caries dental 64,1%, pérdida de inserción dental 48,7%, gingivitis 41%, movilidad dental 38,5% agrandamiento gingival 35,9%, lengua fisurada 23,1%, halitosis 20,5%, xerostomía 17,9% sangrado gingival 17,9%, erosión dental 12,8%, petequias 10,3% , lengua saburral 7,7%, disfunción temporomandibular y disgeusia 5,1%, candidiasis, úlceras bucales y queilitis angular 2,6%, equimosis, hipoplasia del esmalte y herpes 0% , otros hallazgos 35,9%.

Palabras Clave: Palabras clave: Enfermedad renal crónica, manifestaciones orales, hemodiálisis, cálculo.



1- INTRODUCCIÓN

La **ERC**, enfermedad renal crónica, para la organización sin fines de lucro KDIGO (Kidney Disease Improving Global Outcomes), se define como “la presencia de alteraciones de estructura o función renal durante un periodo de tiempo superior a tres meses, con consecuencias para la salud independientemente de la causa”. (Drüeke TB, 2012)

En los estadios más avanzados de la enfermedad renal crónica se plantean las posibilidades de tratamiento para sustituir la función renal, entre ellos la hemodiálisis, única alternativa disponible en el sector público en la ciudad de Concepción. La prevalencia de anemia y de inflamación aumentan con la severidad de la enfermedad, por lo que se puede esperar que exista una afectación en la respuesta inmunológica. (Gallardo F, 2022)

Los pacientes con ERC, presentan signos y síntomas estomatológicos, que alteran el funcionamiento normal de la cavidad oral y como consecuencia se pueden presentar complicaciones infecciosas causadas por microorganismos que en condiciones normales no representarían una amenaza para el huésped. (Rebolledo Cobos M, 2012) En los pacientes con E.R.C y aún más si son sometidos a hemodiálisis, es probable encontrar palidez de la mucosa

bucal, asociado a la anemia típica de la uremia que se manifiesta también en otras mucosas y en la piel. (Sandra Espitia Nieto, 2006) Otra manifestación frecuente, destacada por los pacientes que cursan con esta enfermedad es la *xerostomía*, definida como la sensación de boca seca. Las posibles causas de este cuadro pueden ser: restricción de líquidos, efectos secundarios de la farmacoterapia como los hipertensivos e inmunodepresores. A largo plazo la xerostomía puede predisponer a caries, candidiasis e inflamación gingival y puede dificultar el habla, la masticación, disfagia y pérdida de sabor. (Rivas Almonte Ursula, 2014) La *palidez de la mucosa* es otra manifestación frecuentemente constatada, ya que el paciente diagnosticado con enfermedad renal crónica generalmente presenta disminución de los niveles de hemoglobina, debido a que los riñones producen pocas cantidades de eritropoyetina, falta de producción y en algunos casos lisis de eritrocitos. Todo esto se refleja en el color pálido de las mucosas. (Malatto*, 2020)

Otros pacientes presentan *sangrado gingival, petequias y equimosis* que es el resultado de la disfunción plaquetaria, trombocitopenia y tromboastenia o ambas, así como también los efectos de los anticoagulantes en pacientes sometidos a hemodiálisis. (C, 2013)



Fig.1 Petequias en cara dorsal de la lengua

La hiperplasia gingival en pacientes con trastornos renales sometidos a hemodiálisis, es debido a que existe un incremento excesivo de la gingiva denominado hiperplasia gingival que es producto de la respiración bucal en pacientes con complicaciones a nivel pulmonar y en pacientes que consumen fármacos, generalmente antihipertensivos. (Malatto*, 2020)

También se puede encontrar *disgeusia* que es el resultado del aumento en la concentración de urea en la saliva, *halitosis*, *leucoplasia*, *gingivitis*, *lengua saburral*, *úlceras bucales*, *candidiasis* y *queilitis angular*. En los tejidos duros se puede observar: *placa bacteriana* y *cálculo dental*, *caries dental*, *erosión dental*, *hipoplasia del esmalte*, *pérdida de*

inserción y movilidad dental y disfunción temporomandibular. (María Pía Lecca Rojas 1, 2014)



Fig.2 Leucoplasia en borde lateral de la lengua



Fig.3 Leucoplasia vellosa en cara dorsal de la lengua

Por lo expuesto, con el objetivo de identificar manifestaciones orales de pacientes con ERC en hemodiálisis, que acuden a un hospital de referencia del departamento de Concepción, pudiendo ser esto de ayuda para los agentes de salud, una herramienta para planificar el

servicio para estos pacientes con una mirada integral.

2- OBJETIVO

Identificar las manifestaciones bucales más frecuentes en pacientes con enfermedad renal crónica, tratados con hemodiálisis en el Hospital Regional de Concepción durante el mes de mayo del 2022.

3- MATERIALES Y METODOS

La investigación fue observacional, descriptiva de corte transversal. La muestra estuvo constituida por 39 pacientes con edades comprendidas entre 20 y 80 años con enfermedad renal crónica hemodializados con esquema semanal en el Hospital Regional de Concepción, establecimiento de salud de referencia en el sistema público de la primera región sanitaria del Paraguay, esta abarca el territorio respectivo del departamento 18.051 km² con una población de 258.653 habitantes que representa el 3,5% de la población total del país.

Los pacientes evaluados firmaron un consentimiento que constata su participación libre y voluntaria donde el documento brindaba información sobre el alcance del trabajo y la posibilidad de negarse a participar y que la misma no interferiría con su tratamiento y no ofrecía

riesgo para su vida. La recolección de la información se llevó a cabo en el mes de mayo en cuatro horarios diferentes donde los pacientes acudían para realizarse hemodiálisis.



Fig.4 Levantamiento de datos en la sala de hemodiálisis del H.R.C

La información se obtuvo mediante el levantamiento de datos a través de una ficha en un formato diseñado para este estudio, se realizó en la sala de hemodiálisis con instrumentales básicos, utilizando fronto luz para una mejor visualización de la cavidad oral y siguiendo todas las normas de bioseguridad. La evaluación fue llevada a cabo por docentes y alumnos previamente calibrados para tener un mismo criterio clínico, comenzando la inspección por la palpación de la articulación temporomandibular, seguida de la inspección extra oral y por último la inspección intraoral siguiendo un orden específico (carrillos, mucosa oral, paladar duro, lengua y por último los dientes).

4- RESULTADOS

De los 39 pacientes evaluados, que acudieron al Hospital Regional de Concepción para ser hemodializados, el 66,7% (n=26) perteneció al sexo masculino y el 33,3% (n=13) al sexo femenino,

Tabla 1. Porcentaje de lesiones orales de los pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis del Hospital Regional de Concepción n=39

Lesiones orales observadas		
Manifestaciones Orales	Frecuencia Acumulada	Porcentaje %
Cálculo dental	30	76,9
Palidez de mucosa	28	71,8
Caries dental	25	64,1
Pérdida de inserción dental	19	48,7
Gingivitis	16	41
Movilidad dental	15	38,5
Agrandamiento gingival	14	35,9
Otros hallazgos(atricción, fluorosis, leucoplasia, abfracción, absceso)	14	35,9
Lengua fisurada	9	23,1
Halitosis	8	20,5
Sangrado gingival	7	17,9
Xerostomía	7	17,9
Erosión dental	5	12,8
Petequias	4	10,3
Lengua saburral	3	7,7
Disgeusia	2	5,1
Disfunción temporomandibular	2	5,1
Úlceras bucales	1	2,6
Queilitis angular	1	2,6
Candidiasis	1	2,6
Equimosis	0	0
Hipoplasia del esmalte	0	0
Herpes	0	0

Teniendo un rango de edad mínima de 20 y la máxima de 80 años. El 100% de los pacientes evaluados presentaron algún tipo de manifestación oral. La prevalencia de manifestaciones bucales en pacientes con ERC en hemodiálisis

5- DISCUSIÓN

En relación a las manifestaciones orales más frecuentes en pacientes con ERC tratados con hemodiálisis, Espitia y col. realizaron un estudio de tipo observacional descriptivo en el cual la palidez de mucosa fue una de las manifestaciones más prevalentes (Sandra Espitia Nieto, 2006), al igual de lo que describe este estudio donde encontramos en un 71,8% de la población examinada que revelaron esta manifestación posiblemente por presentar disminución de los niveles de hemoglobina, debido a que los riñones producen pocas cantidades de eritropoyetina, falta de producción y en algunos casos lisis de eritrocitos. Todo esto se refleja en el color pálido de las mucosas (Malatto*, 2020)

En el tejido duro encontramos el cálculo dental con una alta prevalencia del 76,9% al igual que Lecca et al que describieron al cálculo dental como una de las manifestaciones más encontradas 80,7% (María Pía Lecca Rojas 1, 2014) debido al aumento de los niveles de urea en saliva, fósforo y por las grandes cantidades de



carbonato de calcio que algunos ingieren como parte de su tratamiento.

Respecto a las glándulas salivales encontramos la halitosis con mayor incidencia 20,5%, seguida de xerostomía 17,9% y disgeusia 5,1%. Espitia y col en un estudio observacional encontraron que los pacientes presentaron manifestaciones a nivel de las glándulas salivales donde los mismos presentaban xerostomía en un 72,6%. (Sandra Espitia Nieto, 2006). Parra y col también reportaron alta prevalencia de xerostomía y halitosis. (Oswaldo Parra Márquez *, 2013) De igual forma S Rossi et al, en auto reportes observaron que más del 80% de los pacientes que sufrían de ERC presentaban cambios en la cavidad oral que estaban asociados con falla renal crónica y uremia, destacándose; halitosis y xerostomía. (Rebolledo Cobos M, 2012)

Estas manifestaciones se producen debido a que los pacientes con insuficiencia renal crónica en hemodiálisis tienen restricción de la ingesta de líquidos; y si a eso se suman los daños que pueden tener en las glándulas salivales, debido a los altos niveles de urea que presentan cuando no están controlados, se encuentran aún más predispuestos a desarrollar dichas manifestaciones.

6- CONCLUSIÓN

En conclusión, todos los individuos de la muestra presentaron al menos una manifestación oral, entre estas, las más frecuentes fueron: palidez de mucosa, agrandamiento gingival, xerostomía, disgeusia, cálculo dental y pérdida de inserción. De esto inferimos que es importante tener un conocimiento básico sobre el tema, para poder hacer un buen diagnóstico y concientizar a la población de la importancia del trabajo interdisciplinar (médico-odontólogo) en pacientes con esta enfermedad sistémica.

7- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- C, C. M. (2013). MANEJO ODONTOLÓGICO DEL PACIENTE CON ENFERMEDAD RENAL . *Acta Odont. Venez.* , 1 - 12.
- Drüeke TB, P. P. (2012). Summary of the KDIGO guideline on anemia and comment: reading between the (guide)line(s). . *Kidney Int.*, 1;82(9):952–60.
- Gallardo F, G. G. (2022). Alteraciones inmunológicas en pacientes anémicos. *Revista inmunológica*, 8];27(2):57–62.



- Malatto*, J. R. (2020). Manifestaciones orales en pacientes con insuficiencia renal. *Cultura*, 255-265.
- María Pía Lecca Rojas 1, b. J. (2014). Manifestaciones bucales en pacientes con . *Rev Estomatol Herediana.* , 147-154.
- Oswaldo Parra Márquez *. (2013). GRANULOMA PERIFÉRICO DE CÉLULAS GIGANTES EN PACIENTE . *REVISTA ODONTOLÓGICA DE LOS ANDES*, 34-43.
- Rebolledo Cobos M, C. L. (2012). Salud oral en pacientes con insuficiencia renal crónica hemodializados después de la aplicación de un protocolo estomatológico. *AVANCES EN ODONTOESTOMATOLOGÍA*, 77-87.
- Rivas Almonte Ursula, S. C. (2014). Manifestaciones bucales clínicas y radiológicas en pacientes pediátricos con isnuficiencia renal crónica. *Odontol Pediatr*, 111-118.
- Sandra Espitia Nieto, Z. C. (2006). Hallazgos estomatológicos relacionados con insuficiencia renal crónica. Estudio de cohorte. *Duazary*, 95-103.

Prevalencia y factores asociados para la infección por el
Virus del Papiloma Humano en mujeres de 30 a 64 años
del municipio de Sucre, 2022

D.36. Salud Humana

Prevalencia y factores asociados para la infección por el Virus del Papiloma Humano en mujeres de 30 a 64 años del municipio de Sucre, 2022

Autor: Choque, María Elena; elenachoqueg7@gmail.com

Co-autor(es): ; Flores, Betsy beflopa_1@hotmail.com ; Barrón, Cintia

cintiabarron56@gmail.com ; Murillo, Vania vmile.vmmv@gmail.com ;Loayza, Marcelo

marceloayzaro@gmail.com ; Urcullo, Kevin kevinomarurculloguzman20@gmail.com

Profesor/a guía: Terán, Carolina; teran_carolina@hotmail.com

Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca

Resumen

La infección por el virus papiloma humano (VPH) es la causa necesaria para el cáncer de cuello uterino y en Bolivia representa un importante problema de Salud Pública.

El objetivo del presente trabajo es describir la prevalencia de la infección por el Virus del Papiloma Humano y sus factores asociados en mujeres de 30 a 64 años de Sucre, 2022.

Se desarrollo un estudió transversal analítico, en mujeres de 30 a 64 años que acuden a la consulta externa de ginecología de la facultad de medicina en 2022. Se aplicó una encuesta semiestructurada y posterior toma de muestras cervicales. Las muestras fueron analizadas siguiendo la metodología la captura híbrida de segunda generación (Digene HC2 High – Risk HPV DNA Test,

Qiagen) en el Laboratorio de VPH del instituto de anatomía patológica de la USFX. Se realizó un análisis descriptivo y posteriormente de asociación con Excel y Epidat v3.1

Se encontraron los siguientes resultados; prevalencia de infección por VPH-AR fue 14,36%, entre los factores asociados está el nivel tener secundaria completa o más OR 1,30 (IC95% 0,45-3,61); edad 30-49 años OR 1,8 (IC 95% 0,71-4,55), las mujeres que se realizaron el PAP hace más de 2 años OR 1,47 (IC95% 0,56-3,96) y las residentes en distrito Santa Bárbara Sur, Valle Hermoso y San José OR 3,04 (IC95% 1,24-7,40) con relación a los distritos demás distritos de la ciudad de Sucre el 2022.

En conclusión, resulta importante realizar la prueba de biología molecular para identificar la infección por VPH-AR como tamizaje primario de lesiones



precancerosas de cuello uterino, así como la identificación de factores asociados. Los resultados de este estudio son de gran utilidad para fortalecer las intervenciones de prevención secundaria frente al CC en Bolivia.

Palabras clave: Prevalencia de VPH-AR, factores de riesgo, tamizaje primario

Introducción

La infección por el virus papiloma humano (VPH) es la causa necesaria para el cáncer de cuello uterino, en Bolivia representa un importante problema de Salud Pública. El virus del papiloma humano (VPH) es un virus frecuente, de transmisión sexual. Este agente vírico es la infección más recurrente para la génesis del cáncer cervical es el cuarto cáncer más frecuente entre las mujeres, más del 90% tuvieron lugar en los países de ingresos bajos y medianos según la (Organización Mundial de Salud (OMS), 2022).

Los virus del papiloma humano (VPH) son un grupo de más de 200 virus relacionados y algunos de estos se transmiten por las relaciones sexuales vaginales, anales u orales. Estos se dividen en dos grupos de VPH de transmisión sexual: Los VPH de riesgo bajo que casi no causan enfermedades;

Los VPH de riesgo alto que causan varios tipos de cáncer, hay alrededor de 14 tipos de VPH de riesgo alto, pero solo el VPH16 y el VPH18 causan la mayoría de los cánceres relacionados con el VPH, como el cáncer de cuello uterino. (Instituto Nacional del Cancer, 2022)

La infección por el VPH causa cada año 72.000 casos de cáncer cervicouterino y 34.000 muertes debidas a cáncer cervicouterino en la Región de las Américas (datos del 2018). Las estimaciones de la OMS indican que la prevalencia regional del VPH es de un 16,1% al 2017. (Organización Panamericana de Salud (OPS), 2022). En Bolivia en los estudios reportados sobre la prevalencia de la infección muestran en la población estudiada un 18% de presencia de infección por VPH en mujeres entre los 21 y los 60 años. (INLASA, 2017).

Múltiples estudios han determinado varias variables como factores de riesgo, pero la OMS ha priorizado como factores de riesgo a: El inicio de relaciones sexuales a edad temprana antes de los 18 años de edad, la multiparidad como 3 o más embarazos a término, el bajo nivel de educación con menos de 5 años de estudio, el tabaquismo, múltiples parejas sexuales, 2 o más parejas sexuales, uso de métodos anticonceptivos hormonales por 10 o más años, ausencia en la



realización de Citología Cervical (PAP) previos. (Torrez, 2016).

En Sudamérica en un estudio realizado en Colombia obtuvo resultados. En relación a la determinación de factores asociados a la prevalencia de infección por VPH-AR, al comparar las características sociodemográficas del grupo de mujeres infectadas con VPH-AR con el grupo de mujeres en las que no se detectó ADN del virus, se observó similitud en la edad, el estado reproductivo, la ocupación, el nivel educativo y el estrato de la vivienda. (Bohorguez, 2018).

En Bolivia en una muestra de mujeres de la ciudad de El Alto hizo evidente que las que han tenido bajo nivel de educación, falta de prevención a través de citologías anuales y alta paridad (cuatro hijos o más) constituyen una subpoblación con mayor riesgo de presentar lesiones pre cancerígenas. El principal factor de riesgo es un bajo nivel de Educación, encontrándose que aproximadamente el 50% de las mujeres incluidas en el estudio tiene 5 años o menos como nivel de escolaridad. (Torrez, 2016).

El aporte real de este estudio se basa en un análisis

Objetivos

Objetivo General

Describir la prevalencia y factores asociados para la infección por el Virus

del Papiloma Humano en mujeres de 30 a 64 años del municipio de Sucre, 2022

Objetivo Específicos

- Identificar la prevalencia por la infección por el Virus del Papiloma Humano
- Establecer los factores asociados (edad, distrito, grado de escolaridad, condición económica realización del PAP.)

Materiales y métodos

Estudió transversal analítico, sobre la prevalencia de la infección por el Virus del Papiloma Humano. La población está constituida por el total de 181 mujeres de 30 a 64 años que acudieron a consultorios de la facultad de medicina en el municipio de Sucre.

La fuente de información fué primaria a través de encuestas semiestructuradas directas que se aplicaron a las mujeres, siendo la técnica de recolección de información directa.

El instrumento aplicado fue una encuesta semiestructurada dividida en secciones, la primera corresponde a datos los ítems de edad y distrito, la segunda sección engloba los datos de condición económica y nivel de escolaridad, la tercera sección contempla el ítem de cuando se realizó el último PAP, siendo la cuarta sección que contempla el formulario de la muestra de VPH.

Se realizó el plan de análisis descriptivo analítico y posteriormente de asociación para lo cual se empleó el paquete

Microsoft Excel y Epidat v3., como base estadística científica para el análisis bivariado.

Resultados y discusión

La prevalencia de infección por VPH-AR fue 14,36% en mujeres de 30 a 64 años de edad del municipio de Sucre.



Entre los factores asociados a la infección por VPH se describe; la edad 30-49 años con un OR 1,8 (IC 95% 0,71-4,55), en un estudio similar en Perú El 57,6% de la población evaluada tuvo una edad entre 30 y 40 años.

El nivel educativo de las mujeres es un factor asociado en su categoría secundaria completa/ universidad con un OR 1,30 (IC95% 0,45-3,61), en comparación con un trabajo realizado en La Paz – El Alto él tercer grupo con nivel de educación de más de 12 años el OR de 0,249 con un IC de 0,057 – 1,090 por lo que tener más de 12 años es un factor protector para las lesiones pre-cancerígenas, datos no significativo estadísticamente.

TABLA DE RESULTADOS

<i>Factores asociados</i>	<i>OR</i>	<i>IC 95%</i>
Edad		
30-49 años	1,8	(0,71-4,55)
Nivel Educativo		
Secundaria Completa/ Universidad	1,30	(0,45-3,61)
Distrito		
Santa Bárbara Sur	3,04	(1,24-7,40)
Valle Hermoso		
San José		
Último PAP		
Más de 2 años	1,47	(0,56-3,96)

Las mujeres que se realizaron el PAP hace más de 2 años OR 1,47 (IC95% 0,56-3,96), en Perú Aproximadamente cinco de cada diez de las mujeres evaluadas reportaron haberse realizado el tamizaje del CaCu mediante el PAP en los últimos dos años, mientras que ocho de cada diez de las mujeres evaluadas reportaron haberse realizado el tamizaje del CaCu en algún momento de su vida.

Las residentes en distrito Santa Bárbara Sur, Valle Hermoso y San José OR 3,04 (IC95% 1,24-7,40) con relación a los demás distritos (Periféricos) de la ciudad de Sucre el 2022, se ha reportado estudio similar en país vecino que ocho de cada 10 personas residían en un área urbana, así como el 13,6% de la población vivía en la selva.

Conclusiones

Resulta importante realizar la prueba de biología molecular para identificar la infección por VPH-AR en mujeres a partir de los 30 años de edad como tamizaje primario de lesiones precancerosas de cuello uterino así como la identificación de factores asociados, así mismo los factores encontrados están relacionados con el nivel de educación de las mujeres que tienen mayor educación, o aquellas que se realizaron el PAP hace más de 2 años. Los resultados de este estudio son de gran utilidad para fortalecer las intervenciones de prevención secundaria frente al CC en Bolivia.

Bibliografía

- Bohorguez, R. A. (14 de 03 de 2018). FACTORES ASOCIADOS A LA PREVALENCIA DE INFECCIÓN POR VPH DE ALTO RIESGO EN MUJERES DE LA COMUNA NORTE DE BUCARAMANGA. *UNIVERSIDAD DE SANTANDER*, 41- 42. Obtenido de <https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/641/1/Factores%20asociados%20a%20la%20prevalencia%20de%20infecci%C3%B3n%20por%20VPH%20de%20alto%20riesgo%20en%20mujeres%20de%20la%20comuna%20norte%20de%20Bucaramanga..pdf>
- INLASA. (16 de NOVIEMBRE de 2017). *LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACION DE CANCER*. Obtenido de <https://www.inlasa.gob.bo/unidades/diagnostico/diagnostico-cancer/>
- Instituto Nacional del Cancer. (02 de Junio de 2022). *El virus del papiloma humano (VPH) y el cáncer publicada originalmente por el Instituto Nacional del Cáncer*. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/germenes-infecciosos/vph-y-cancer#:~:text=Los%20virus%20del%20papiloma%20humano,bajo%20casi%20no%20causan%20enfermedades>.
- Organizacion Mundial de Salud (OMS). (2022). *Acerca del VPH*. Obtenido de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14718:about-hpv-vaccine&Itemid=72405&lang=es
- Organizacion Panamericana de Salud (OPS). (2022). *Virus del Papiloma Humano (VPH)*. Obtenido de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14873:sti-human-papilloma-virus-hpv&Itemid=3670&lang=es
- Quispe , G., Moreno, A., Pastor, D., Rodriguez, G., & Zapata, V. (2020). Asociación entre conocimientos acerca del cáncer de cuello uterino y realizarse una prueba de Papanicolaou en mujeres peruanas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*.
- Torrez, J. D. (2016). FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA PERSISTENCIA DE LESIONES PRECANCERIGENAS CERVICO UTERINAS PRESENTES EN MUJERES DE LA CIUDAD DE EL ALTO – BOLIVIA. *UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES*, 81-82. Obtenido de



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15020/TM-1156.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Razão neutrófilo linfócito está associada ao consumo de
alimentos processados em pacientes com carcinoma
espinoceleular de cabeça e pescoço



D.36. Saúde humana

Razão neutrófilo linfócito está associada ao consumo de alimentos processados em pacientes com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço

Autor: Pinheiro, Isabella; isabella.ferreira@discente.ufg.br

Co-autor(es): Matida, Larissa; larissamatida@gmail.com; Lima, Ana Carolina; analima.nut@gmail.com

Professor/a guia: Horst, Maria Aderuza; aderuza@gmail.com

Universidade Federal de Goiás

RESUMO

A razão neutrófilos linfócitos (RNL) elevada no pré-tratamento mostrou ser um marcador prognóstico de fácil obtenção que pode ser usado para estratificar grupos de pacientes com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço (CECP) em risco de persistência ou recorrência. A RNL juntamente com o Índice de Inflamação Imunológica Sistêmica (SII) e a razão plaqueta linfócito (RPL) são biomarcadores inflamatórios utilizados como indicadores prognósticos para diversos tipos de tumores. Porém, pouco se sabe sobre a relação entre RNL com a alimentação. Diante disto, este trabalho buscou verificar se há associação entre a alimentação, e índices inflamatórios. Foram avaliados pacientes com diagnóstico de CECP em fase de pré-tratamento. Para testar a associação entre SII, razão neutrófilo linfócito e razão plaqueta linfócito com o consumo alimentar foi realizada a análise de regressão linear múltipla com

procedimento de backward, ajustada por fatores confundidores. O consumo dos grupos de alimentos não diferiu entre os sítios anatômicos ($p > 0,05$). Já em relação aos biomarcadores inflamatórios, a RNL em pacientes com tumores de cavidade oral foi maior em relação àqueles localizados em orofaringe ($p = 0,041$). O consumo de alimentos processados foi associado a RNL ($p = 0,003$). Não houve associação entre a alimentação e os demais parâmetros avaliados. Nossos dados sugerem que o consumo de alimentos de acordo com o grau de processamento pode ter relação com o RNL, o que pode ter implicações no prognóstico de CECP. São necessários mais estudos para utilização do consumo alimentar como um parâmetro decisivo de prognóstico.

Palavras chave: biomarcador, classificação NOVA, alimentos ultraprocessado



INTRODUÇÃO

O câncer é, atualmente, uma das principais causas de morte prematura no mundo. Além disso, estima-se que nos próximos 50 anos os casos de câncer dupliquem em todo o mundo em decorrência do estilo de vida da população mundial (IARC 2021).

Dentre os inúmeros tipos de câncer, destaca-se os de localização anatômica cabeça e pescoço (lábio, cavidade oral, faringe, cavidade nasal e seios paranasais, laringe glótica e supraglótica e glândulas salivares) (FERLAY, 2015). O tipo histológico mais frequente é o Carcinoma Espinocelular, representando 90% dos tumores malignos localizados na cavidade oral e orofaringe (FERLAY, 2012).

Dentre os principais fatores de risco para o câncer de cabeça e pescoço, destaca-se o hábito tabagista e etilista, e a infecção pelo papilomavírus humano (HPV). Contudo, há algumas décadas, se discute a influência do consumo alimentar no desenvolvimento do câncer (BISHOP, 2015). A literatura relata que certos alimentos desempenham papel na gênese do tumor. O consumo habitual e excessivo de carnes vermelhas e processados, gordura animal e frituras está associado com o risco aumentado de desenvolver cânceres de cabeça e pescoço (CHOI, 2013). Por outro lado, hortaliças e frutas apresentam papel

protetor devido a ação dos nutrientes e compostos bioativos presentes nestes alimentos (PAVIA, 2006). Esses componentes são capazes de agir na regulação da expressão, nos fatores de crescimento, na atividade dos fatores de transcrição, nos intermediários do ciclo celular e nos mediadores inflamatórios (PODESTÁ et al. 2019)

A inflamação sistêmica que ocorre no organismo também é considerada um fator para a gênese do tumor, a progressão e a metástase (CHEN, 2017). Biomarcadores inflamatórios, como a razão neutrófilo-linfócito (RNL) e a razão plaqueta-linfócito (RPL) foram associados ao prognóstico em vários tipos de câncer, incluindo o carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço (CECP) (SATO, 2012). Um estudo mostrou a relação entre RNL e os marcadores metabólicos em CECP, na fase de pré-tratamento, indicando que esse biomarcador é capaz de melhorar a previsão de sobrevida em indivíduos com esse tipo de carcinoma. (WERNER, 2021). Recentemente, o índice de inflamação imunológica sistêmica (SII), o qual é um indicador integrado baseado nas contagens de linfócitos periféricos, neutrófilos e plaquetas, apresentou um grande potencial como marcador para a recorrência do tumor e vigilância da resposta ao tratamento (HU et al. 2014).



O SII consolidou-se como um indicador de prognóstico para alguns tipos de tumores (HU et al. 2014; FENG; CHEN; YANG, 2017). Em carcinoma espinocelular de esôfago, por exemplo, pacientes que apresentaram SII menor ou igual a $410 \times 10^9/L$ exibiram sobrevida câncer específica de 5 anos significativamente maior em relação aos pacientes com SII acima de $410 \times 10^9/L$ (FENG; CHEN; YANG, 2017).

No entanto, a literatura ainda é escassa em relação ao uso deste biomarcador em CECP, principalmente, relacionando-o a fatores ambientais importantes, como a alimentação. Logo, a hipótese do presente estudo é que o maior consumo de alimentos ultraprocessados está associado positivamente ao SII em pacientes com CECP.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Verificar se há associação entre biomarcadores de inflamação sistêmica e o consumo alimentar de indivíduos com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o Índice de Inflamação Imunológica Sistêmica para

indivíduos com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço;

- Determinar a “razão neutrófilo-linfócito” e “razão plaqueta-linfócito” em indivíduos com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço;
- Avaliar o consumo alimentar de indivíduos com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço conforme o grau de processamento dos alimentos (classificação NOVA).

METODOLOGIA

DELINEAMENTO E POPULAÇÃO ALVO

Este estudo é do tipo observacional analítico transversal, com pacientes atendidos em um hospital de referência para tratamento de câncer em Goiânia-GO, Brasil, no período de janeiro a dezembro de 2017.

Foram incluídos 76 indivíduos de ambos os sexos, com idade de 20 a 80 anos, em fase de pré-tratamento, com diagnóstico de CECP confirmado por laudo anatomopatológico. Os pacientes com neoplasia localizada em lábio, com diagnóstico de segundo tumor primário, com neoplasias de pele não melanoma, em recidiva, em tratamento prévio e com comorbidades graves como doença autoimune, síndrome da imunodeficiência



adquirida (AIDS), insuficiencia renal crónica (IRC) e insuficiencia cardíaca congestiva (ICC) foram excluídos.

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás (protocolo nº 1.593.311) e pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (protocolo nº 1.770.813), e seguiu todos os procedimentos da Declaração de Helsinki.

VARIÁVEIS INVESTIGADAS

Caracterização sociodemográfica e clínico-patológica

Para a coleta de dados, os pesquisadores envolvidos foram treinados previamente quanto a padronização de técnicas. Foram coletados dos prontuários dos pacientes dados socioeconômicos (escolaridade, profissão, dados pessoais, estado civil, etc.), de estilo de vida (hábito tabagista e etilista), dados antropométricos (peso e altura), bem como o resultado de biópsias, diagnóstico, estadiamento tumoral e sítio anatômico. O estadiamento tumoral foi realizado com base na avaliação clínica durante o atendimento ambulatorial, conforme os critérios do CID-10, e em laudos anatomopatológicos conforme os critérios de classificação de tumores de cabeça e pescoço da Organização Mundial de Saúde (IARC, 2017). O Índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se o peso (kg) pelo quadrado da altura (m). A

partir do IMC foi estabelecido o estado nutricional de acordo com a idade (WHO, 2000)

Foram coletados dos prontuários os seguintes dados dos exames bioquímicos realizados na fase de pré-tratamento: contagens de neutrófilos (N), de plaquetas (P) e linfócitos (L) sanguíneos. A partir dos exames bioquímicos foi realizado o cálculo do Índice de Inflamação Imunológica Sistêmica (SII) a partir de contagens de plaquetas (P), neutrófilos (N) e linfócitos (L) por litro de acordo com a equação: $SII = (P \times N)/L$ (HU et al. 2014); os biomarcadores razão neutrófilo-linfócito (RNL) foi definida pelo número de neutrófilos (N) dividido pelo número de linfócitos (L), conforme a equação: $RNL = N/L$; a razão plaqueta-linfócito (RPL) foi obtida dividindo o número de plaquetas (P) pelo número de linfócitos (L) conforme a equação: $RPL = P/L$. Os valores coletados dos exames bioquímicos foram expressos em ($\times 10^9/L$).

Avaliação do consumo alimentar

Um questionário de frequência alimentar (QFA) semiquantitativo validado foi utilizado para avaliação do consumo alimentar (MOLINA et al., 2013). O QFA utilizado estima o consumo alimentar habitual dos últimos 12 meses. Assim, com este instrumento, pretendeu-se estimar o consumo alimentar habitual anterior ao



diagnóstico do câncer na população estudada.

Para aplicação do QFA, os voluntários foram questionados sobre quais dos itens consumiram habitualmente, a quantidade consumida e estimulados a responder quantas vezes o consumo se deu por dia, semana ou mês. Este modelo é estruturado em três seções: (1) alimentos/preparações, (2) medidas de porções de consumo e (3) frequências de consumo, com oito opções de resposta: “3 vezes ou mais/dia”, “2 vezes/dia”, “1 vez/dia”, “5-6 vezes/semana”, “2-4 vezes/semana”, “1 vez/semana”, “1-3 vezes/mês” e “nunca/quase nunca”, sendo atribuídos os pesos “3”, “2”, “1”, “0,833”, “0,428”, “0,143”, “0,0666” e “0”, respectivamente.

A composição nutricional dos alimentos foi obtida com a utilização do software Nutrition Data System for Research (NDSR).

A classificação NOVA foi utilizada para fazer a distinção entre os tipos de alimentos, agrupando-os de acordo com a natureza, extensão e finalidade do processamento industrial a que são submetidos. Comumente, todos os alimentos e produtos alimentares são divididos em quatro grupos de alimentos: *in natura* ou minimamente processados, ingredientes culinários processados,

processados e ultraprocessados (MONTEIRO et al, 2018). No presente estudo, os alimentos e as preparações do QFA foram classificados em três grupos: *in natura*, minimamente processados ou preparações culinárias à base desses alimentos; alimentos processados e alimentos ultraprocessados. Optamos pela classificação dos alimentos de forma agregada em três grupos, incluindo as preparações culinárias baseadas em alimentos *in natura* ou minimamente processados, no primeiro grupo, em razão do número reduzido de itens alimentares do QFA referentes a esse grupo.

Após a obtenção do valor calórico proveniente do consumo de cada grupo de alimentos a sua porcentagem de consumo sobre a ingestão diária de energia das participantes foi calculada pela fórmula: “calorias provenientes do grupo alimentar/total de calorias consumidas x 100”.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Para avaliar os biomarcadores inflamatórios e o consumo alimentar nos diferentes sítios anatômicos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Para testar a associação entre SII, razão neutrófilo linfócito e razão plaqueta linfócito com o consumo alimentar foi realizada a análise de regressão linear múltipla com



procedimento de backward, ajustada por fatores confundidores (idade, sexo, sítio anatômico, IMC, tabagismo e calorías). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico R 4.1.0. O nível de significância adotado é de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em nosso conhecimento este é o primeiro estudo a avaliar a relação entre biomarcadores inflamatórios e consumo de grupos de alimentos de acordo com o grau de processamento. O estudo demonstrou que a RNL está associada ao maior consumo de alimentos processados.

Em relação a amostra, a maioria dos indivíduos era do sexo masculino (81,6%), pardos (57,9%) com idade média de 57 anos, tabagistas (89,5%) e etilistas (82,9%). As localizações anatômicas predominantes foram de tumores em orofaringe e cavidade oral (36,84%),

seguido da laringe e hipofaringe (26,32%). Mais de 84,21% dos pacientes encontravam-se em estágio avançado (III e IV) da doença e com tumores moderadamente/pouco diferenciados (77,63%) (Tabela 1). A caracterização dos indivíduos com CECP do presente estudo corrobora com os achados na literatura, uma vez que é composta, principalmente, por homens a partir da quinta década de vida e com estadiamento avançado (FERLAY, 2015). A amostra estudada foi majoritariamente tabagista e etilista, em concordância com os principais fatores de risco para CECP (HASHIBE, 2009). Esses achados, sugerem a necessidade da intensificação de programas de saúde pública com o objetivo de melhor direcionamento e orientação para esses indivíduos com tais hábitos, pois evidencia a importância da prevenção do câncer por meio do combate ao tabagismo e ao etilismo.

Tabela 1. Caracterização dos pacientes com CECP

Características dos pacientes	Total
Total, n	76
Idade, anos*	57,53 ± 9,75
Sexo, n (%)	



Masculino	62 (81,58)
Feminino	14 (18,42)
Cor da pele, n (%)	
Branco	24 (31,58)
Pardo	44 (57,89)
Preto	8 (10,53)
Índice de Massa Corporal, n (%)	
<i>Adultos</i>	
Magreza	12 (25,53)
Eutrofia	17 (36,17)
Sobrepeso	10 (21,28)
Obesidade	5 (10,64)
NA	3 (6,38)
<i>Idosos</i>	
Baixo peso	14 (48,28)
Eutrofia	8 (27,59)
Excesso de peso	6 (20,69)
NA	1 (3,44)
Tabagismo, n (%)	
Atual/anterior	68 (89,47)
Nunca fumou	8 (10,53)
Etilismo, n (%)	
Atual/anterior	63 (82,89)
Nunca bebeu	12 (15,79)
NA	1 (1,32)
Comorbidade, n (%)	
Sim	25 (32,89)
Não	51 (67,11)



Sítio anatômico, n (%)

Cavidade oral	28 (36,84)
Orofaringe	28 (36,84)
Laringe e hipofaringe	20 (26,32)

Grau de diferenciação celular, n (%)

Bem diferenciado	10 (13,16)
Moderadamente/pouco diferenciado	59 (77,63)
NA	7 (9,21)

Estadiamento, n (%)

I-II	12 (15,79)
III-IV	64 (84,21)

* Dados expressos em média \pm desvio-padrão. NA – Não Avaliado

Não foram encontradas diferenças significativas para RPL e SII entre os pacientes de acordo com os diferentes sítios anatômicos do tumor. Contudo, a RNL em pacientes com tumores de cavidade oral foi maior em relação àqueles com tumores localizados em orofaringe ($p=0,041$) (Tabela 2). Um estudo observou que a RNL está associada ao pior prognóstico em câncer gástrico, colorretal e ovariano (PARAMANATHAN, 2014).

O consumo dos grupos de alimentos não diferiu entre os sítios anatômicos do tumor. O consumo calórico médio da amostra foi 3537,50 kcal/dia. Aproximadamente, dois terços do consumo calórico médio, 61,28%, foram provenientes de alimentos *in natura* ou minimamente processados e preparações culinárias à base desses

alimentos (2168,06 kcal/dia); 14,60% de alimentos processados (516,38 kcal/dia); e 24,12% de alimentos ultraprocessados (853,64 kcal/dia) (Tabela 3).

Nesse estudo, o consumo de alimentos processados foi associado positivamente ao RNL ($p=0,003$) (Tabela 4). Com relação aos demais biomarcadores inflamatórios não houve associação com o consumo. No entanto, foi observado para o grupo de alimentos processados, uma tendência de associação positiva com o SII ($p=0,052$).

A inflamação é uma característica presente na oncogênese e conseqüentemente na progressão tumoral e disseminação metastática (SHALAPOUR, 2015). A interação entre células inflamatórias, quimiocinas, citocinas e mediadores pró inflamatórios dá origem à inflamação que é determinada devido à contagem de células



do sistema imune, como os neutrófilos e linfócitos (SINGH, 2017). Dessa forma, os valores do índice inflamatório sistêmico e dos biomarcadores isolados são abordagem interessantes para se avaliar o prognóstico em CECP.

Em relação ao consumo alimentar, estudos mostraram que a dieta desempenha um papel evidente na regulação da inflamação crônica (SHIVAPPA, 2014). Sendo que alimentos ricos em açúcares refinados, ácidos graxos saturados e amido podem ativar o sistema imune inato por meio da produção de citocinas pró inflamatórias (GIUGLIANO, 2006). Sendo assim, o nosso estudo mostrou que uma dieta baseada no maior consumo de alimentos processados pode estar associada a resposta inflamatória.

O presente estudo possui limitações, como o tamanho amostral, determinado por conveniência, a não avaliação do *status* de HPV, a falta de dosagens de citocinas pró-inflamatórias e o relato do consumo alimentar. Pois, apesar do QFA ser um método validado para investigar alimentos e, os pesquisadores terem sido treinados previamente para coletar os dados, ainda há viés de memória que pode contribuir para dados menos precisos ao relatar a frequência e a quantidade de alimentos consumidos.

CONCLUSÃO

A RNL apresentou associação com o consumo de alimentos processados, podendo indicar a necessidade de orientações nutricionais visando a redução do consumo desse grupo de alimentos. O RPL e o SII são métodos simples de avaliação de prognóstico do câncer, entretanto, no presente estudo, não houve relação entre esses biomarcadores com o consumo alimentar dos pacientes com CECP. Mais estudos são necessários para explicar melhor a relação entre consumo alimentar e inflamação em indivíduos com CECP, bem como para estabelecimento de mecanismos moleculares envolvidos em tal associação.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Tabela 2. Biomarcadores inflamatórios de acordo com o sítio anatômico do tumor.

Biomarcadores	Total	Oral	Orofaringe	Laringe + hipofaringe	p-valor
RPL ($\times 10^9/L$)	0,20 \pm 0,18	0,23 \pm 0,17	0,14 \pm 0,09	0,25 \pm 0,26	0,067
RNL ($\times 10^9/L$)	0,01 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01 ^a	0,003 \pm 0,002 ^b	0,01 \pm 0,02 ^{ab}	0,041
SII ($\times 10^9/L$)	2778,86 \pm 6518,81	3309,97 \pm 4387,21	1056,09 \pm 988,21	4447,17 \pm 11457,93	0,183

Os resultados estão apresentados como média \pm desvio-padrão. As diferenças entre os sítios foram avaliadas por Teste Kruskal-Wallis. Letras diferentes indicam valores estatisticamente diferentes (Teste de Bonferroni, $p < 0,05$). RPL: Razão plaqueta linfócito. RNL: Razão neutrófilo linfócito. SII: Índice de inflamação imunológica sistêmica

Tabela 3. Consumo alimentar de grupos de alimentos de acordo com o sítio anatômico do tumor.

Grupos de alimentos	Total	Oral	Orofaringe	Laringe + hipofaringe	p-valor
Grupo 1 (kcal)	2168,06 \pm 1118,15	2210,45 \pm 1452,10	2232,14 \pm 1004,81	2019,00 \pm 687,00	0,698
Grupo 2 (kcal)	516,38 \pm 772,89	700,44 \pm 1160,68	3377,26 \pm 390,76	453,50 \pm 379,52	0,657
Grupo 3 (kcal)	853,64 \pm 1067,90	638,44 \pm 509,03	1107,07 \pm 1557,01	800,13 \pm 722,80	0,345



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Os resultados estão apresentados como média \pm desvio-padrão. As diferenças entre os sítios foram avaliadas por Teste Kruskal-Wallis. Grupo 1: Alimentos *in natura* ou minimamente processados e preparações culinárias à base desses alimentos. Grupo 2: Alimentos processados. Grupo 3: Alimentos ultraprocessado

Tabela 4. Regressão linear múltipla do consumo alimentar e biomarcadores inflamatórios em pacientes com CECP

Grupos de alimentos	RPL		RNL		SII	
	β	p-valor	β	p-valor	β	p-valor
Grupo 1	$-9,815 \times 10^3$	0,606	$-4,151 \times 10^2$	0,757	2.567×10^6	0,997
Grupo 2	$16,705 \times 10^3$	0,537	$5,961 \times 10^3$	0,003	1.902×10^9	0,0522
Grupo 3	$11,236 \times 10^3$	0,569	$-9,139 \times 10^1$	0,948	8.192×10^7	0,9074

Regressão ajustada por idade, sexo, sítio anatômico, IMC, tabagismo e calorias. β : coeficiente de regressão linear múltipla. Grupo 1: Alimentos *in natura* ou minimamente processados e preparações culinárias à base desses alimentos. Grupo 2: Alimentos processados
Grupo 3: Alimentos ultraprocessados



REFERÊNCIAS

BISHOP KS, FERGUSON LR. (2015) The interaction between epigenetics, nutrition and the development of cancer. *Nutrients*. 7:922–947.

CHEN, JH. ZHAI, ET. YUAN, YJ. WU, KM. XU, JB. PENG, JJ. CHEN, CQ. HE, YL. CAI, SR. (2017) Systemic immune-inflammation index for predicting prognosis of colorectal cancer. *World J Gastroenterol*; 23,(34), 6261-6272

CHOI, Y.; et al.(2013). Consumption of red and processed meat and esophageal câncer risk: Meta-analysis. *World Journal of Gastroenterology*, Pleasanton, 19, (7), 1020-2029.

DOLL, R. PETO, R. (1981) The causes of cancer: Quantitative Estimates of avoidable risks in the United States today. 66,1191–1308.

FENG, J.F.; CHEN, S.; YANG, X. (2017) Systemic immune-inflammation index (SII) is a useful prognostic indicator for patients with squamous cell carcinoma of the esophagus. *Medicine*, Hagerstown, 96, (4),

e5886

FERLAY, J.; et al. Cancer incidence and mortality worldwide: Sources, methods and major patterns in GLOBOCAN 2012. *International Journal of Cancer*, New York, 136, (5), E359-E386, 2015.

GIUGLIANO, D. CERIELLO, A. ESPOSITO, K. (2006) The Effects of Diet on Inflammation. *Journal Of The American College Of Cardiology*. 48 (4), 677-685.

HASHIBE, M.; et al. Interaction between Tobacco and Alcohol Use and the Risk of Head and Neck Cancer: Pooled Analysis in the International Head and Neck Cancer Epidemiology Consortium. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, Philadelphia, 18, (.2), 541–550, 2009.

HASHIBE M, BRENNAN P, CHUANG S, et al. (2009) Interaction between tobacco and alcohol use and the risk of head and neck cancer: pooled analysis in the International Head and Neck Cancer Epidemiology Consortium. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 18:541–50.



HU, B.; et al. Systemic immune-inflammation index predicts prognosis of patients after curative resection for hepatocellular carcinoma. *Clin Cancer Res*, Denville, 20,(23) , p. 6212-6222 , 2014.

IARC - International Agency for Research on Cancer. *World Cancer Report 2020*. Lyon: IARC, 2020. 613p.

IARC- International Agency for Research on Cancer. *WHO Classification of Head and Neck Tumours*. Lion: IARC, 2017.

MOLINA, M.D.C.B.; et al. Reprodutibilidade e validade relativa do Questionário de Frequência Alimentar do ELSA-Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 29, (2), 379–389, 2013.

Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde. Resolução no 466 de 12 de dezembro de 2012. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras em pesquisas envolvendo seres humanos. *Diário Oficial da União*, 2012.

MONTEIRO, C.A.; et al. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra- processing. *Public*

health nutrition, Wallingford, 21, (1), 5-17, 2018.

JIANG, N.; et al. The role of preoperative neutrophil–lymphocyte and platelet–lymphocyte ratio in patients after radical resection for gastric cancer. *Biomarkers*, 19, (6), 444–51, 2014.

PAVIA, M.; et al. Association between fruit and vegetable consumption and oral cancer: à meta-analysis of observational studies. *American J Clin Nutr*, Bethesda, 83, (5), 1126-1134, May. 2006.

PODESTÁ, O.P.G.; et al. (2019) Consumption of minimally processed foods as protective factors in the genesis of squamous cell carcinoma of the head and neck in Brazil. *Plos One*, 14(7), 1-19.

PARAMANATHAN, A. SAXENA, A. MORRIS, D.L. (2014). A systematic review and meta-analysis on the impact of pre-operative neutrophil lymphocyte ratio on long term outcomes after curative intent resection of solid tumours. *Surgical Oncology*, 23 ,(1), 31 -39.

SATO, H.; TSUBOSA, Y.; KAWANO, T.



Correlation between the pretherapeutic neutrophil to lymphocyte ratio and the pathologic response to neoadjuvant chemotherapy in patients with advanced esophageal cancer. *Mundial J Surg, New York*, 36, (3), 617-22, 2012.

SHALAPOUR S, KARIN M. (2015) Immunity, inflammation, and cancer: an eternal fight between good and evil. *J Clin Invest.* 125, 3347–3355.

SHIVAPPA, N. STECK, S.; HURLEY, T, G. HUSSEY, J R; HÉBERT, J, R. (2013) Designing and developing a literature-derived, population-based dietary inflammatory index. *Public Health Nutrition*, 17, (8), 1689-1696.

SINGH, R. MISHRA, M.K. AGGARWAL, H. (2017). Inflammation, Immunity, and Cancer. *Mediators Inflamm*, (2017).

SUNG, H.; et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA cancer j clin*, 71, (3), p. 209–249, 2021.

WERNER, J. STROBEL, K. LEHNICK, D. RAJAN, G.P. (2021) Overall Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio and SUVmax of Nodal Metastases Predict Outcome in Head and Neck Cancer Before Chemoradiation. *Frontiers in oncology.* (11).

World Health Organization. Obesity : preventing and managing the global epidemic : report of a WHO consultation. Geneva, 2000.

ZUMSTEG, Z.S.; et al. (2016) Incidence of oropharyngeal cancer among elderly patients in the United States. *JAMA Oncol*, Chicago, 2, (12), p.1617-1623.

FINANCIAMENTO

Alunos de mestrado (Matida, Larissa) e doutorado (Lima, Ana Carolina) recebem bolsas da agência brasileira de financiamento “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior”. A aluna de iniciação científica (Pinheiro, Isabella) recebe Bolsa de Iniciação à Pesquisa da Universidade Federal de Goiás. Nenhum financiamento específico foi recebido para o desenvolvimento deste estudo.

Rol de GPAT2 en la inhibición de la apoptosis inducida por el ácido araquidónico en un modelo de cáncer de mama.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



D.36. Salud Humana

Rol de GPAT2 en la inhibición de la apoptosis inducida por el ácido araquidónico en un modelo de cáncer de mama.

Autora: Ferremi, Fiorella; fioferremi1@gmail.com

Co-autores: Moscoso, Verónica; veronica.vmoscoso@gmail.com;

Dominguez Muller, Haiko; haikodmuller@gmail.com;

Profesora guía: Cattaneo, Elizabeth; elizabethcattaneo@gmail.com

Facultad de Ciencias Médicas
Universidad Nacional de La Plata

Resumen

El cáncer de mama es el tipo de cáncer más frecuente, con más de 2,2 millones de casos en 2020, y es la principal causa de muerte en las mujeres (who.int).

Las células tumorales hacen uso de diversos mecanismos que les permiten adquirir su capacidad distintiva de dividirse sin control, uno de ellos es la evasión de la apoptosis. En cada tipo de cáncer esta evasión de la apoptosis puede ocurrir por distintas vías, pero en particular, en varios modelos de cáncer de mama, colon e hígado, se ha demostrado que la evasión de la apoptosis se encuentra asociada a la sobreexpresión de enzimas capaces de metabolizar el ácido araquidónico (AA).

El AA y los productos formados durante su metabolismo (eicosanoides) son críticos para el proceso de carcinogénesis debido a que el AA libre intracelular es un fuerte inductor de la apoptosis, y por lo tanto las vías metabólicas que disminuyen los niveles de AA libre pueden impedir este mecanismo de muerte celular.

En nuestro laboratorio estudiamos la glicerol-3-fosfato aciltransferasa 2 (GPAT2), una enzima que presenta altos niveles de expresión en modelos de cáncer de mama y colon en los cuales contribuye de forma positiva al desarrollo de ciertas características tumorales esenciales, como son el aumento de la proliferación y la migración celular.

GPAT2 también participa del metabolismo del AA y en este trabajo demostramos que su expresión es necesaria para evitar la muerte celular por apoptosis inducida por el agregado de AA exógeno en las células de cáncer de mama humano MDA-MB-231.

Palabras clave: Apoptosis, GPAT2, Ácido Araquidónico



2. Introducción

Cada año en América más de 462.000 mujeres son diagnosticadas con cáncer de mama, y casi 100.000 mueren a causa de esta enfermedad. Si las tendencias actuales continúan se prevé que para el año 2030 el número de mujeres diagnosticadas con cáncer de mama aumente en un 34% ([OPS](#))

En particular en la Argentina, según las estimaciones de incidencia del Observatorio Global de Cáncer de la OMS, el cáncer de mama es el de mayor magnitud en cuanto a ocurrencia, con un registro de más de 22.000 casos al año para el año 2020, lo cual representa el 32,1% de los cánceres femeninos ([IARC Argentina](#)).

En nuestro laboratorio analizamos el perfil de expresión de GPAT2 mediante inmunohistoquímica en muestras de carcinomas de mama humanos y demostramos que la expresión de GPAT2 correlaciona significativamente con el grado histológico de los carcinomas, siendo mayor en los carcinomas menos diferenciados (Pellon-Maison M y col., 2014).

Teniendo en cuenta la importancia y prevalencia de esta patología, tanto a nivel mundial como en la Argentina, una de

nuestras líneas de trabajo principales consiste en determinar el rol desempeñado por GPAT2 en la promoción del fenotipo tumoral.

Las enzimas GPATs catalizan la esterificación de los acil-CoAs al glicerol-3-fosfato durante el primer paso de la síntesis de glicerolípidos. Hasta el momento en mamíferos se han identificado 4 isoformas de GPATs (GPAT1-4). Las isoformas GPAT1, 3 y 4 se expresan en órganos lipogénicos, como el hígado o el tejido adiposo y utilizan como sustratos acil-CoAs saturados o monoinsaturados. En cambio, GPAT2 presenta 2 características que la diferencian de las otras 3 isoformas: por un lado, tiene un perfil de expresión diferente, detectándose en células de la línea germinal masculina en condiciones fisiológicas (Cattáneo ER y col., 2012), y en ciertos tipos de tumores en condiciones patológicas (Pellon-Maison M y col., 2014). Y por otro lado, es la única isoforma de GPAT que utiliza como sustrato un ácido graso poliinsaturado, el AA (Cattáneo ER y col., 2012).

Estas características distintivas sugieren un rol diferente para GPAT2, el cual podría estar relacionado con el alto grado de proliferación y/o supervivencia celular que presentan los tejidos que la expresan en un



nivel elevado (células de la línea espermática y ciertos tumores).

El AA y los productos formados durante su metabolismo (eicosanoides) son críticos para el proceso de carcinogénesis, y el Instituto Nacional del Cáncer (NCI, por su sigla en inglés) ha determinado a las vías del metabolismo del AA como áreas prioritarias para la investigación en la prevención del cáncer (Greenwald P. 2002). Esto es debido a que el AA libre intracelular es un fuerte inductor de la apoptosis, y por lo tanto las vías metabólicas que disminuyen los niveles de AA libre pueden impedir este mecanismo de muerte celular (Monjazez AM y col., 2005; Monjazez AM y col., 2006).

En las células, el AA puede ser metabolizado principalmente hacia dos destinos: uno es la síntesis de eicosanoides, proceso catalizado por enzimas de las familias de las ciclooxigenasas (COX), las lipooxigenasas (LOX) y de las citocromo P450. El otro destino es la síntesis y remodelado de glicerolípidos, del cual participan enzimas de la familia de las ACSL (acil-CoA sintetasas de cadena larga) activando los ácidos grasos hacia acil-CoAs, GPAT2 y distintas isoformas de AGPAT esterificando los acil-CoAs al glicerol-3-P, y las enzimas remodeladoras de fosfolípidos

CoA-IT (Transacilasas independientes de CoA).

Una de las principales características de las células tumorales es su capacidad de desarrollar mecanismos para evadir la apoptosis, lo cual constituye uno de los sellos del cáncer (Hannahan y Weinberg, 2000), y es debido a esto que la relación entre la expresión de estas enzimas y el desarrollo del cáncer ha sido ampliamente estudiada.

En este sentido se ha demostrado que las enzimas COX y LOX se encuentran sobreexpresadas en distintos tipos de tumores, y que los inhibidores de estas enzimas poseen efectos anticarcinogénicos *in vivo*, e inducen apoptosis en muchas líneas celulares de cáncer *in vitro*. Esto ha llevado a varios grupos de trabajo a estudiar inhibidores de esta vía metabólica por sus potenciales efectos antitumorales (Monjazez AM y col., 2005).

Por otro lado, en modelos de cáncer de mama, hígado y colon también se ha observado un aumento de expresión de la enzima FACL4 (isoforma implicada específicamente en la activación del AA) y de las CoA-IT, y que el bloqueo de estas enzimas conduce a un aumento de la apoptosis (Monjazez AM y col., 2005; Sung



YK y col., 2003; Cao Y y col., 2001; Hu C y col., 2008; Maloberti PM., 2010; Dattilo MA y col., 2019).

En conjunto, estos resultados nos indican que el control del nivel de AA libre intracelular es crítico para la supervivencia de las células cancerosas, y dado que GPAT2 también está implicada en el metabolismo de este ácido graso determinar su rol en las células tumorales es de suma importancia para dilucidar los mecanismos moleculares que relacionan al AA con el proceso tumorigénico.

3. Objetivos

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, los objetivos específicos del presente trabajo son:

- 1) Evaluar los cambios en la expresión de genes relacionados con el metabolismo del AA que ocurren como consecuencia del silenciamiento de GPAT2 en un modelo de cáncer de mama.
- 2) Estudiar el efecto de la expresión de GPAT2 sobre las vías de activación de la apoptosis inducidas por el tratamiento con AA.

4. Materiales y métodos

Modelo de trabajo: utilizamos como modelo la línea celular de cáncer de mama MDA-MB-231 de tipo salvaje (SCR-MDA, que expresa GPAT2), y células MDA-MB-231 silenciadas para GPAT2 (SH-MDA, que no expresan GPAT2). Este modelo de silenciamiento se estableció en nuestro laboratorio mediante tecnología de silenciamiento con ARN de interferencia (Pellón-Maison y col., 2014).

Estudio de la expresión diferencial de genes relacionados al metabolismo del AA: resultados previos obtenidos a partir de un microarreglo de genes nos permitieron observar que al silenciar GPAT2 aumenta la expresión de otros 3 genes: AKR1C3, ALOX5, y EPHX2, implicados en el metabolismo del AA. En este trabajo verificamos este resultado utilizando la técnica de qRT-PCR. Para ello aislamos el ARN total de células SCR-MDA y SH-MDA utilizando el reactivo TRIZOL (Life Technologies) siguiendo las instrucciones del fabricante, cuantificamos el ARN obtenido por absorbancia a 260 nm y evaluamos su calidad por electroforesis en gel de agarosa y midiendo la relación de absorbancias a 260/280 y a 260/230. Finalmente utilizamos 1 µg de ARN para realizar la síntesis de ADNc empleando el kit iSCRipt cDNA synthesis Kit (Bio-Rad), y

una dilución 1:10 del ADNc obtenido para realizar la qRT-PCR utilizando el kit iTaq Universal Sybr Green Super Mix (Bio-Rad) y los primers específicos correspondientes.

Análisis de la influencia de GPAT2 sobre los mecanismos de apoptosis inducidos por el AA: para determinar el mecanismo por el cual se activa la apoptosis en nuestro modelo celular medimos la actividad de diferentes caspasas utilizando un kit colorimétrico comercial. Para ello incubamos las células SH-MDA con AA 100 μ M por 48 hs y utilizamos el ab102486 Caspase Substrate Kit (Colorimetric) de Abcam, el cual provee los sustratos para medir la actividad de 7 caspasas diferentes, incluyendo la caspasa 9 (iniciadora de la vía intrínseca) y la caspasa 8 (iniciadora de la vía extrínseca).

5. Resultados y discusión

En trabajos previos realizados en nuestro grupo evaluamos los efectos producidos sobre la supervivencia celular (técnica de MTT) y la muerte celular por apoptosis (técnica de TUNEL) al tratar las líneas celulares SCR-MDA y SH-MDA con 100 μ M de AA por 48 hs. Como puede observarse en la Figura 1 el tratamiento con AA disminuye significativamente la supervivencia celular (Fig. 1A) y aumenta significativamente la muerte celular por

apoptosis (Fig. 1B) sólo de las células que no expresan GPAT2 (SH-MDA). Además, como puede verse en la Figura 1B, en ausencia de AA los niveles de apoptosis detectados son bajos y no hay diferencias entre ambas líneas celulares.

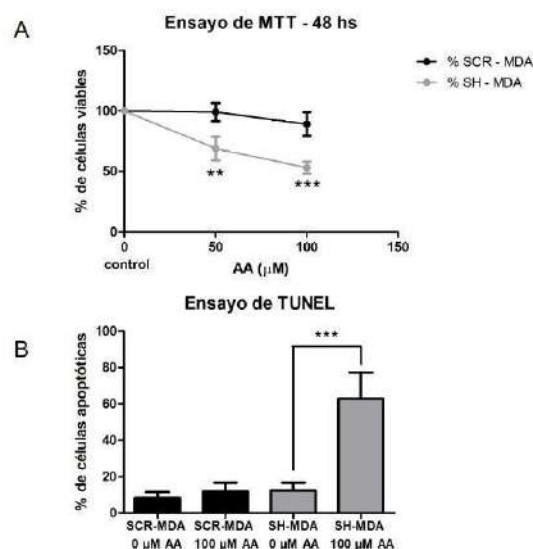


Figura 1. Efecto del tratamiento con AA 100 μ M durante 48 hs sobre la supervivencia celular (1A) y sobre la muerte celular por apoptosis (1B) de células que expresan (SCR-MDA) o que no expresan (SH-MDA) GPAT2. ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Esto nos llevó a preguntarnos por un lado, sí al silenciar GPAT2 se inducía la expresión de otras enzimas capaces de participar del metabolismo del AA, y por otro, cuál era la vía apoptótica activada por el AA en ausencia de GPAT2.

Para contestar la primera pregunta cuantificamos por qRT-PCR los niveles de

ARNm de 3 enzimas implicadas en el metabolismo del AA: AKR1C3, ALOX5 y EPHX2, y como puede verse en la Figura 2 las células SH-MDA compensan la falta de GPAT2 sobreexpresando otras 3 enzimas que participan del metabolismo del AA.

AKR1C3 participa en la transformación de las prostaglandinas derivadas del AA, y en varios modelos de cáncer se la encuentra asociada al control del crecimiento y la diferenciación celular (Desmond JC y col., 2003).

ALOX5 participa de la transformación del AA en leucotrienos, es la enzima que en nuestro modelo presenta el mayor nivel de cambio, y ha sido implicada en diferentes mecanismos de muerte celular, incluyendo la apoptosis (Qian-Yi S y col., 2019).

EPHX2 promueve la transformación de los eicosanoides derivados del metabolismo del AA en metabolitos menos activos, y su expresión se encontró desregulada en varios tipos de tumores (Liu MS y col., 2021).

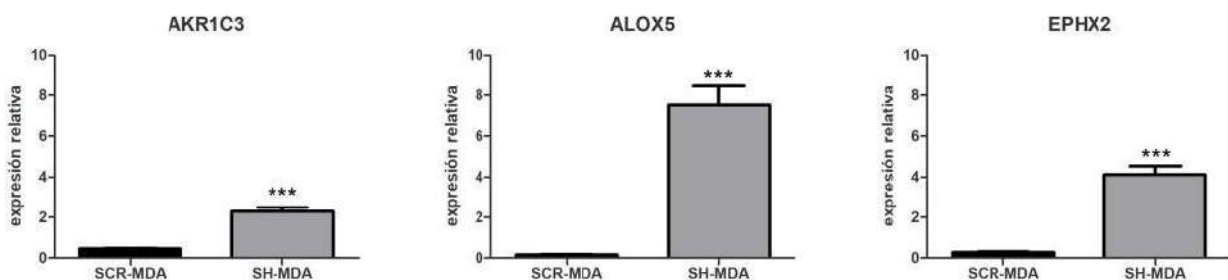


Figura 2. El silenciamiento de GPAT2 aumenta la expresión de otros genes que codifican para enzimas que metabolizan el AA. La expresión de AKR1C3, ALOX5 y EPHX2 se cuantificó utilizando la técnica de q-RTPCR. *** $p < 0.001$.

Para contestar la segunda pregunta incubamos las células SH-MDA durante 48 hs con 100 μ M de AA y medimos la actividad de diferentes caspasas. Como puede observarse en la Figura 3, el tratamiento con AA aumenta la actividad de

todas las caspasas evaluadas, siendo este resultado significativo, en particular,

para la caspasa 8. Este experimento lo realizamos sólo con las células SH-MDA porque por la técnica de TUNEL ya habíamos observado que el AA no activa la

muerte celular por apoptosis en las células
SCR-MDA.

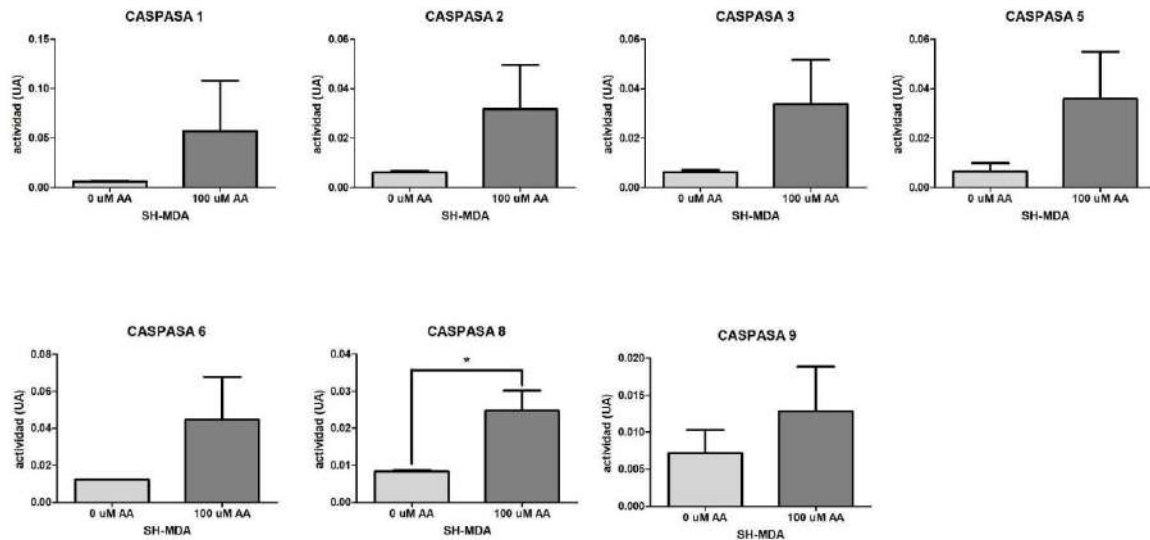


Figura 3. El tratamiento con AA aumenta la actividad de las caspasas en células SH-MDA. Las células SH-MDA fueron tratadas con AA 100 μ M durante 48 hs y para medir la actividad de las caspasas se utilizó un kit colorimétrico comercial. * $p < 0.05$

El AA de por sí, así como también los productos derivados de su metabolismo, ejerce sus efectos tanto sobre los procesos de proliferación como de muerte celular, y es por esto que los niveles de estos metabolitos, así como los de las enzimas que los producen, se encuentran bajo un estricto control dentro de las células (Maloberti PM y col. 2010).

GPAT2 utiliza como sustrato AA (Cattaneo ER y col. 2012) y su expresión está asociada a un aumento de varias características tumorales como son la proliferación y migración celular, la

capacidad tumorigénica en animales, y el grado histológico en tumores humanos (Pellon Maison y col. 2014). Los resultados presentados en este trabajo nos permiten demostrar que el silenciamiento de GPAT2 conduce a un cambio en la expresión de genes implicados en el metabolismo del AA.

Así, en condiciones basales, las células SH-MDA compensan la falta de GPAT2 sobreexpresando otras enzimas capaces de metabolizar este ácido graso. Sin embargo, frente a una sobrecarga de AA exógeno estas enzimas no son capaces de



metabolizarlo, lo que lleva a las células SH-MDA a la muerte celular por apoptosis.

El o los mecanismos por los cuales ocurre la apoptosis desencadenada por el AA aún no están claros. Algunos autores han reportado aumentos en la actividad de la caspasa 3 intermediaria tanto de la vía intrínseca como de la extrínseca, de la caspasa 8 intermediaria de la vía extrínseca, así como también aumentos en la expresión de diferentes proteínas involucradas en estos mecanismos como son FAS, y miembros de la familia Bcl2 (Cao Y y col., 2000; Polavarapu S y col., 2018).

En nuestro modelo de trabajo pudimos demostrar que GPAT2 es necesaria para evitar la muerte celular por apoptosis inducida por el AA, y que en su ausencia (células SH-MDA) el AA produce un aumento en la actividad de las caspasas correspondientes tanto a la vía intrínseca como a la vía extrínseca, por lo que planeamos realizar otros ensayos para poder dilucidar con más detalle este mecanismo.

6. Conclusión.

En conclusión, proponemos que GPAT2 es el producto de un gen pro-tumorigénico que actúa disminuyendo los niveles de AA libre intracelulares y por lo tanto su

capacidad de inducir apoptosis, contribuyendo así a un aumento de las características tumorales.

7. Bibliografía.

Cao Y, Dave KB, Doan TP, Prescott SM. Fatty acid CoA ligase 4 is up-regulated in colon adenocarcinoma. *Cancer Res.* 1;61(23):8429-34. 2001.

Cattaneo ER, Prieto ED, Garcia-Fabiani MB, Montanaro MA, Guillou H, Gonzalez-Baro MR. Glycerol-3-phosphate acyltransferase 2 expression modulates cell roughness and membrane permeability: An atomic force microscopy study. *PLoS One.* 12(12):e0189031. doi:10.1371/journal.pone.0189031. 2017.

Dattilo MA, Benzo Y, Herrera LM, Prada JG, Castillo AF, Orlando UD, Podesta EJ, Maloberti PM. Regulatory mechanisms leading to differential Acyl-CoA synthetase 4 expression in breast cancer cells. *Sci Rep.* 2019 Jul 16;9(1):10324. doi: 10.1038/s41598-019-46776-7. PMID: 31311992; PMCID: PMC6635356. 2019

Desmond JC, Mountford JC, Drayson MT, Walker EA, Hewison M, Ride JP, Luong QT, Hayden RE, Vanin EF, Bunce CM. The Aldo-Keto Reductase AKR1C3 Is a Novel Suppressor of Cell Differentiation That Provides a Plausible Target for the Non-



Cyclooxygenase-dependent Antineoplastic Actions of Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs. *Cancer Res* 15 January 2003; 63(2): 505–512.

Garcia-Fabiani MB, Montanaro MA, Stringa P, Lacunza E, Cattaneo ER, Santana M, Pellon-Maison M, Gonzalez-Baro MR. Glycerol-3-phosphate acyltransferase 2 is essential for normal spermatogenesis. *Biochemical Journal*. 474 (18) 3093-3107; DOI: 10.1042/BCJ20161018. 2017.

Greenwald P. Cancer prevention clinical trials. *J. Clin. Oncol*. 20. 14S–22S. 2002.

Hanahan D, Weinberg RA. The hallmarks of cancer. *Cell*. Jan 7;100(1):57-70. doi: 10.1016/s0092-8674(00)81683-9. PMID: 10647931. 2000

Hu C, Chen L, Jiang Y, Li Y, Wang S. The effect of fatty acid-CoA ligase 4 on the growth of hepatic cancer cells. *Cancer Biol Ther*. 7(1):131-4. 2008.

Liu MS, Zhao H, Xu CX, Xie PB, Wang W, Yang YY, Lee WH, Jin Y, Zhou HQ. Clinical significance of EPHX2 deregulation in prostate cancer. *Asian J Androl* 2021;23:109-15.

Maloberti PM, Duarte AB, Orlando UD, Pasqualini ME, Solano ÁR, López-Otín C, et al. Functional Interaction between Acyl-CoA Synthetase 4, Lipooxygenases and

Cyclooxygenase-2 in the Aggressive Phenotype of Breast Cancer Cells. *PLoS ONE* 5(11): e15540. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015540>. 2010

Monjazeb AM, High KP, Koumenis C, Chilton FH. Inhibitors of arachidonic acid metabolism act synergistically to signal apoptosis in neoplastic cells. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 73(6):463-74. 2005.

Monjazeb AM, High KP, Conroy A, Hart LS, Koumenis C, Chilton FH. Arachidonic acid-induced gene expression in colon cancer cells. *Carcinogenesis*. 27(10):1950-60. 2006.

Pellon-Maison M, Cattáneo ER, Rabassa ME, Lacunza E, Coleman RA, y Gonzalez-Baro MR. Glycerol-3-phosphate acyltransferase-2 is expressed in spermatogenic germ cells and incorporates arachidonic acid into triacylglycerols. *PLoS One*. 7:8, e42986. 2012.

Pellon-Maison M, Montanaro MA, Lacunza E, Garcia-Fabiani MB, Soler-Gerino MC, Cattaneo ER, Quiroga IY, Abba MC, Coleman RA, y Gonzalez-Baro MR. Glycerol-3-phosphate acyltransferase-2 behaves as a cancer testis gene and promotes growth and tumorigenicity of the



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



breast cancer MDA-MB-231 cell line. PLoS One. 26:9 (6):e100896. 2014.

Polavarapu S y col. Arachidonic acid activates extrinsic apoptotic pathway to enhance tumoricidal action of bleomycin against IMR-32 cells. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA) 2018.

Qian-Yi Sun, Hong-Hao Zhou, Xiao-Yuan Mao. Emerging Roles of 5-Lipoxygenase Phosphorylation in Inflammation and Cell Death. Oxidative Medicine and Cellular

Longevity, doi.org/10.1155/2019/2749173. 2019.

Sung YK, Hwang SY, Park MK, Bae HI, Kim WH, Kim JC, Kim M. Fatty acid-CoA ligase 4 is overexpressed in human hepatocellular carcinoma. Cancer Sci. 94(5):421-4. 2003.

Rol del estrés del retículo endoplasmático y de la
respuesta inflamatoria en la disfunción de las células
 β pancreáticas inducida por dieta rica en fructosa



D.36. Salud humana

Rol del estrés del retículo endoplasmático y de la respuesta inflamatoria en la disfunción de las células β pancreáticas inducida por dieta rica en fructosa

Autor: Farromeque Vásquez, Sherley Catherine; shirley_cfv@hotmail.com

Co-autor(es): Román Carolina Lisi, lisiroman@hotmail.com; Flores Luis Emilio, leflores@cenexa.org; Maiztegui Bárbara, barmaiztegui@hotmail.com

Profesor/a guía: Maiztegui, Bárbara; barmaiztegui@hotmail.com

Centro de Endocrinología Experimental y Aplicada (CENEXA) (UNLP-CONICET-CeAs CICPBA), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata

Resumen

La administración de una dieta rica en fructosa (DRF) a ratas normales induce cambios endocrino-metabólicos similares a los de la prediabetes (PD) humana, donde el estrés del retículo endoplasmático (RE) tendría un rol crucial. Nuestro objetivo fue estudiar el rol del estrés del RE y de la respuesta inflamatoria en la disfunción de las células β pancreáticas inducida por DRF. Para ello, ratas macho normales se alimentaron 21 días con una dieta comercial estándar y agua corriente (C), o con el mismo alimento y una solución acuosa de fructosa al 10% p/v (DRF). Al sacrificio se midieron los niveles séricos de glucosa, triglicéridos (TG), col-total, col-HDL y se calculó el índice de insulinoresistencia (IR) dado por la relación TG/col-HDL. Se extrajo el páncreas y se aislaron los islotes para medir secreción de insulina estimulada por glucosa (SIEG) y los niveles de expresión génica (qPCR) de marcadores de estrés del RE, autofagia, inflamación y apoptosis. Las ratas DRF aumentaron significativamente los niveles de TG, col-noHDL y el índice IR, y no tuvieron cambios en col-total y col-HDL. En ellas también aumentó la SIEG (con glucosa 16,7 mM) y los niveles de ARNm de los marcadores de estrés del RE (CHOP, ATF4 y XBP1s), autofagia (HSc70), apoptosis (Casp-3, Casp-12, Bcl-2 y Bad) e inflamación (TNF- α , IL-1 β y PAI-1); $p < 0,05$. En conclusión, la DRF induce dislipemia, IR, sobrecarga funcional de las células β , estrés del RE, apoptosis y la respuesta inflamatoria, contribuyendo a promover la disfunción y disminución de la masa de células β . Una alternativa prometedora para desarrollar nuevas herramientas terapéuticas de prevención y tratamiento de la DT2 podría ser la atenuación del estrés del RE a través de chaperonas químicas.

Palabras clave: Prediabetes, Disfunción pancreática, Estrés del Retículo endoplasmático



INTRODUCCIÓN

La Diabetes tipo 2 (DT2) es una enfermedad crónica grave, frecuentemente asociada a otros factores de riesgo cardiovascular como hipertensión arterial, obesidad central y dislipemia. Su prevalencia crece de forma alarmante a nivel mundial, estimándose que para el año 2045, 693 millones de personas en el mundo se verán afectadas por esta enfermedad (Cho et al., 2018). Este hecho, convierte a la DT2 en un serio problema de salud pública, condicionado por el desarrollo y progresión de sus complicaciones crónicas discapacitantes y el elevado costo de su atención (Bolin, Gip, Mörk, & Lindgren, 2009). Previo a la manifestación clínico-metabólica de la DT2 existe un periodo de disfunción metabólica denominado prediabetes (PD), que se caracteriza por una glucemia de ayunas alterada, tolerancia a la glucosa alterada o una combinación de ambas, en el cual ya se manifiestan las complicaciones micro y macroangiopáticas (DeFronzo & Abdul-Ghani, 2011; Juan J. Gagliardino et al., 2018). Por lo tanto, dicho estadio no debe considerarse una preenfermedad sino un estadio patológico que resulta fundamental tratar adecuadamente para prevenir su progresión a DT2.

En la PD, la insulinoresistencia (IR) periférica induce un aumento

compensatorio de la secreción de insulina, provocando una sobrecarga funcional de las células β pancreáticas, que promueve su agotamiento y, consecuentemente, el desarrollo de DT2 (Poitout & Robertson, 2002, 2008).

El retículo endoplasmático (RE) cumpliría un rol crucial en el desarrollo y progresión de la PD a DT2. Las proteínas que se sintetizan en esta organela sufren modificaciones post-traduccionales tales como la N-glicosilación, la formación de puentes disulfuro, y, fundamentalmente, el plegamiento correcto de sus cadenas polipeptídicas. Este proceso requiere de proteínas llamadas chaperonas que colaboran además con el control de calidad de las proteínas que se procesan en el RE. Cualquier alteración de la función del RE, como la síntesis excesiva de proteínas y la acumulación de proteínas mal plegadas, dispara lo que se denomina “estrés del RE” (Rutkowski & Hegde, 2010).

Diferentes estímulos ambientales como hipoxia, privación de nutrientes, alteraciones metabólicas, cambios en los niveles de Ca^{+2} intraluminal y la presencia de un entorno oxidativo, promueven un plegamiento de proteínas aberrante y desencadenan estrés del RE. Las células β son muy sensibles al estrés de RE debido a su alta tasa de síntesis de proinsulina en respuesta a las variaciones en la

concentración de glucosa, especialmente en un estado de IR, como lo demuestran estudios recientes (Cnop, Toivonen, Igoillo-Esteve, & Salpea, 2017; Eizirik, Cardozo, & Cnop, 2008; Flamment, Hajduch, Ferré, & Foufelle, 2012; Nakatani et al., 2005; Ozcan, 2004). Este plegamiento anormal de las proteínas o estrés del RE desencadena un mecanismo compensatorio llamado respuesta a proteínas mal plegadas o UPR (del inglés: *Unfolded Protein Response*), que incluye diferentes mecanismos que la célula pondrá en marcha con el fin de atenuarlo y restaurar la homeostasis del RE (Rutkowski & Kaufman, 2004).

Existen tres proteínas transmembrana del RE que actúan como sensores del estrés del RE: PERK (Protein Kinase RNA-like ER Kinase), IRE1 (Inositol- Requiring Enzyme 1) y ATF 6 (Activating Transcription Factor 6) (Araki, Oyadomari, & Mori, 2003).

La activación de estas tres proteínas desencadena diferentes mecanismos compensatorios que conducen a:

A) aumentar la expresión génica de proteínas que faciliten el correcto plegamiento de proteínas en el RE, como la chaperona (Bip/GRP78);

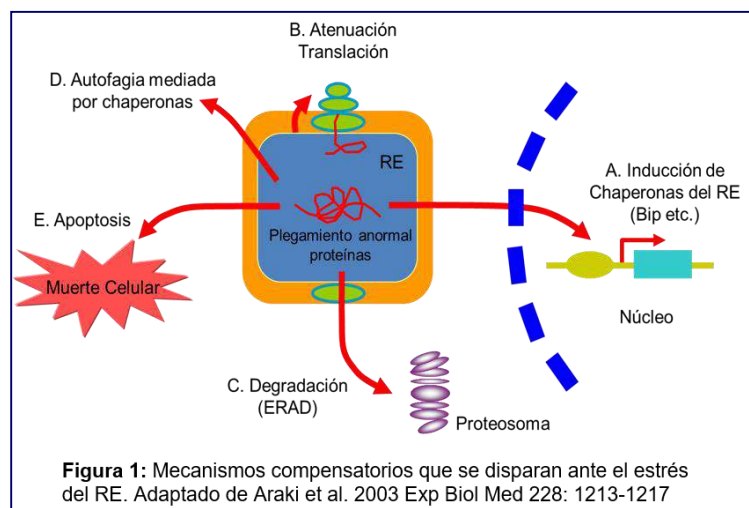
B) atenuar la traducción proteica con el fin de reducir la velocidad de

síntesis de proteínas, evitando la acumulación de proteínas mal plegadas;

C) aumentar la síntesis de componentes de la maquinaria de degradación asociada al RE llamada ERAD, para eliminar proteínas mal plegadas en el citosol mediante el sistema ubiquitina-proteo-soma; y

D) aumentar la degradación de proteínas mal plegadas a través del proceso de autofagia en el que interviene la chaperona Hsc70 que selecciona y dirige proteínas mal plegadas al interior del lisosoma a través del receptor lisosomal Lamp2A (Yin et al., 2012).

Si todos estos mecanismos compensatorios fallaran, finalmente se activa el programa de muerte celular por apoptosis inducida por la proteína proapoptótica CHOP vía ATF4, la activación de la Cas-pasa-12 y la quinasa JNK que inhibe la proteína antiapoptótica Bcl-2 (Oyadomari & Mori, 2004; Urano et al., 2000). (Figura 1).





La apoptosis o muerte celular programada, es una forma fisiológica de muerte celular que ocurre durante el desarrollo normal de los tejidos. Las células que entran en apoptosis se caracterizan por presentar diferentes cambios morfológicos, que incluyen reducción del volumen celular, condensación del citoplasma y de la cromatina que conlleva a la fragmentación nuclear y la formación de “cuerpos apoptóticos” (Hengartner, 2000).

La activación de la apoptosis se puede llevar a cabo por una vía extrínseca, una intrínseca (o mitocondrial) o una dependiente del RE. Estas vías requieren de la activación de una serie de proteínas cisteín-proteasas claves en el mecanismo de apoptosis llamadas caspasas, que se encuentran involucradas tanto en la iniciación como en la ejecución del programa de muerte.

La vía extrínseca se inicia cuando los ligandos de muerte, como el ligando Fas o el factor de necrosis tumoral TNF α , se unen a sus receptores específicos asociados a una proteína llamada Fas. Esta vía activa la caspasa 8 y posteriormente la caspasa 3, que conduce a la ejecución de la apoptosis (Hengartner, 2000).

La vía intrínseca requiere la existencia de estímulos originados dentro de las células, siendo la mitocondria el eje central de dichas señales. Existen muchas proteínas

que regulan esta vía, siendo la familia de proteínas Bcl-2 una de las más importantes. Algunos miembros de esta familia, como Bax, Bak y las proteínas “sólo-BH3”, Bad, Bik, Noxa y PUMA presentan actividad proapoptótica ya que promueven la liberación del citocromo-c desde la mitocondria al citoplasma (entre otras acciones). También existen miembros de esta familia cuya función es antiapoptótica, tal es el caso de la propia proteína Bcl-2 (que da origen al nombre de la familia) y Bcl-XL que bloquean la liberación del citocromo c (Hengartner, 2000; Taylor, 2008).

Cuando el estrés del RE es excesivo, y la UPR es incapaz de restaurar la homeostasis de esta organela, se activa el proceso de apoptosis en el que se ponen en juego 3 mecanismos diferentes (Araki et al., 2003):

1- La expresión del factor de transcripción CHOP (C/EBP homologous Protein-GADD153) que es causada por la activación de ATF4, ATF6 y XBP1s. CHOP reprime la expresión de proteínas antiapoptóticas como Bcl-2 o Bcl-XL, y aumenta la de proteínas proapoptóticas como Bax y Bak (Oyadomari & Mori, 2004).

2- La activación de la quinasa c-Jun N-terminal (JNK) ocurre tras la activación del complejo IRE1-TRAF2-ASK1 (Urano et al.,



2000). JNK fosforila a la proteína antiapoptótica Bcl-2, que al disociarse de Bax promueve la formación de poros en el RE y en la mitocondria, alterando así la homeostasis del Ca^{+2} en estas organelas. A su vez, JNK fosforila a IRS1/2 en residuos de serina, produciendo una disminución en la vía de señalización de la insulina (Ozcan, 2004).

3- Activación de la caspasa-12. La procaspasa 12 se encuentra localizada en la membrana del RE interaccionando con IRE1 y la proteína adaptadora TRAF2 (Yoneda et al., 2001). En condiciones de estrés del RE, la procaspasa 12 se disocia de TRAF2, se dimeriza y la convierte en caspasa-12 activa. Por otro lado, los cambios en la concentración de Ca^{+2} en el RE, mitocondria y el citoplasma intervienen en la activación de la apoptosis. A su vez, hay proteínas de la familia de Bcl-2 como las sólo-BH3 que se encuentran en la membrana del RE y regulan la homeostasis del Ca^{+2} . En presencia de estrés del RE, estas proteínas experimentan cambios conformacionales en la membrana del RE, conduciendo a la liberación de Ca^{+2} . El Ca^{+2} rápidamente es internalizado por la mitocondria, conduciendo al colapso de la membrana mitocondrial interna que provoca la liberación del citocromo c y posterior activación de la apoptosis.

Por otro lado, la inflamación es un mecanismo adaptativo que se inicia en respuesta al daño celular causado por estímulos endógenos o exógenos como infecciones, traumatismos o agentes químicos (Kawasaki, Asada, Saito, Kanemoto, & Imaizumi, 2012). La inflamación juega un rol crucial en el desarrollo y progresión de enfermedades metabólicas crónicas, como la diabetes (Thounaojam, Nammi, & Jadeja, 2016) donde el tejido adiposo tiene un rol clave. Este tejido tiene la capacidad de liberar una gran cantidad de citoquinas proinflamatoria denominadas adipoquinas, como por ejemplo el factor de necrosis tumoral alfa ($TNF-\alpha$), la interleuquina-6 (IL-6), el inhibidor del activador del plasminógeno-1 (PAI-1), el angiotensinogeno, la leptina y la resistina. La inflamación se encuentra íntimamente relacionada al estrés del RE. La evidencia muestra que la alteración de la homeostasis del RE desencadena una respuesta inflamatoria a través de las tres vías de respuesta a proteínas mal plegadas (UPR) descritas anteriormente (Amen, Sarker, Ghildyal, & Arya, 2019; Mohan, R, Brown, Ayyappan, & G, 2019; Ozcan, 2004).

La fosforilación de IRE-1 α permite la formación del complejo IRE1-TRAF2 que provoca la activación de la señalización aguas debajo de JNK y NF- κ B (Chen,



Chen, Wang, & Liang, 2015). NF- κ B se trasloca al núcleo e induce la expresión de genes que codifican las citoquinas proinflamatorias TNF- α , interleuquina-1 β (IL-1 β) e IL-6, desencadenando una respuesta inflamatoria. Además, IRE-1 fosforilada interactúa con una proteína quinasa activada por mitógenos (MAPK), ASK1, que finalmente fosforila a JNK y desencadena la inflamación.

La respuesta inflamatoria también afecta la sensibilidad a la insulina. Estas citoquinas inflamatorias junto con JNK, fosforilan a IRS1 en residuos de serina en lugar de tirosina, disminuyendo así la efectividad de la vía de señalización de la insulina y favoreciendo el desarrollo de IR (Amen et al., 2019; Ozcan, 2004).

Para conocer el mecanismo que determina la transición de la PD a la DT2 se han desarrollado diferentes modelos experimentales que reproducen la disfunción celular β . Se ha demostrado ampliamente que la administración de dietas ricas en fructosa (DRF) a ratas normales durante 3 semanas es capaz de inducir múltiples cambios metabólicos y endócrinos similares a los encontrados en la PD humana (Alzamendi et al., 2012; Castro et al., 2015; Fariña et al., 2013; Francini et al., 2010; Maiztegui B. et al., 2017, 2011; Maiztegui B., Borelli, Raschia, Del Zotto, & Gagliardino, 2009; Maiztegui,

Román, Gagliardino, & Flores, 2018; Rebolledo et al., 2010; Román et al., 2014). Los animales alimentados con una DRF presentan un aumento de los niveles séricos de triglicéridos, ácidos grasos libres (predominantemente saturados), insulina, leptina que provocan un aumento en el índice HOMA-IR, la aparición de un estado de dislipemia e IR (Maiztegui B. et al., 2009; Nandhini, Thirunavukkarasu, Ravichandran, & Anuradha, 2005; Thorburn, Storlien, Jenkins, Khouri, & Kraegen, 1989). Los islotes pancreáticos responden inicialmente al estado de IR con un aumento de la secreción de insulina, que permite mantener los niveles de glucemia basal en rangos normales, pero no los postprandiales, evidenciando una tolerancia a la glucosa aumentada, y por lo tanto, una deficiencia relativa de la función de las células β (Alzamendi et al., 2012; Castro et al., 2015; Fariña et al., 2013; Francini et al., 2010; Maiztegui B. et al., 2017, 2011, 2009; Maiztegui et al., 2018; Rebolledo et al., 2010; Román et al., 2014)). Este modelo resulta ser apropiado y muy útil para estudiar la patogenia de la transición de PD a DT2 y su posible prevención y/o tratamiento.

Todos estos cambios plurimetabólicos están asociados a un aumento del estrés oxidativo y a una disminución de la masa de las células β pancreáticas condicionada



por un aumento de su tasa de apoptosis (Maiztegui B. et al., 2009).

Sin embargo, aún no se conoce la posible participación del estrés del RE en el mecanismo por el cual la DRF disminuye la masa de las células β en estos animales.

En base a estos conocimientos previos, la **hipótesis** del presente trabajo consiste en que la administración de una DRF a ratas normales durante 3 semanas induce un estado de PD con IR e hipertrigliceridemia que estaría asociado a un aumento del estrés del RE y de la respuesta inflamatoria, que serían responsables de la apoptosis de las células β y cumplirían, por lo tanto, un rol crucial en el mecanismo por el cual disminuye la masa de estas células en la DT2.

Entender el papel que cumple el estrés del RE en la disfunción y la disminución de la masa de células β características de la DT2, permitiría desarrollar nuevas estrategias de prevención y tratamiento de esta enfermedad.

OBJETIVOS

Los objetivos generales de este trabajo son:

- Evaluar la participación del estrés de RE en las alteraciones endocrino-metabólicas inducidas por la administración de una DRF a ratas normales durante 21 días.

- Establecer los mecanismos involucrados y las relaciones causales entre los procesos inflamatorios, el estrés del retículo y la falla de las células β pancreáticas en este modelo de PD.

Para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

Desarrollar y caracterizar el modelo experimental de PD en ratas normales mediante la administración de una DRF durante 21 días, evaluando:

- Los parámetros séricos y nutricionales e índices de IR.

- La secreción de insulina frente a distintas concentraciones de glucosa.

- La expresión génica insular de marcadores de los diferentes mecanismos compensatorios desencadenados por el estrés del RE en islotes pancreáticos (CHOP, ATF4, XBP1, JNK).

- La expresión de genes involucrados en la respuesta inflamatoria insular (TNF α , IL-1 β , PAI-1).

- La expresión de genes marcadores de autofagia (Hsc70).

- La expresión génica insular de los marcadores de las diferentes vías apoptóticas que conducen a la disminución de la masa de las células β (Caspasa-12, Caspasa-3, Bad, Bcl-2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales



Utilizamos ratas Sprague Dawley machos normales de dos meses de edad, mantenidas en un ambiente con 23°C de temperatura, 50% de humedad y ciclos de 12 horas de luz/oscuridad controlados. Para el manejo de los animales se siguieron las indicaciones de la 3ra edición de la guía de principios éticos para la experimentación con animales elaborada por la Swiss Academy of Medical Sciences. El protocolo fue evaluado y aprobado por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Médicas de la UNLP (N° aprobación: T01032021). Las ratas se criaron y se mantuvieron en el Bioterio del Centro de Endocrinología Experimental y Aplicada (CENEXA) de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de La Plata.

Formación de los grupos experimentales

Las ratas se dividieron al azar en dos grupos:

- Grupo control (C21): con libre acceso a una dieta comercial estándar (alimento extrusado rata-ratón GANAVE) y agua corriente durante 21 días.
- Grupo tratado con una DRF 21 días (DRF21): recibió la misma dieta comercial utilizada en C21 con el agregado de fructosa al 10% p/v en el agua de bebida durante 21 días.

Durante todo el período de tratamiento se registró la cantidad de bebida y comida sólida ingeridos diariamente y el peso corporal (una vez por semana) y se calcularon las calorías consumidas diariamente.

Parámetros séricos: determinación de glucemias, triglicidemias, colesterol total, col-HDL, cálculo de índices de insulinoresistencia

Al momento del sacrificio se obtuvieron muestras de sangre de todos los animales y se determinó la glucemia utilizando tiras reactivas (AccuCheck Performa Nano System Roche Diagnostics, Mannheim, Alemania). Posteriormente se determinó el perfil lipídico midiendo el contenido de TG, colesterol total y colesterol HDL empleando métodos enzimáticos- colorimétrico comerciales (Wiener Labs). Con los datos obtenidos se calculó el índice de IR mediante la relación TG/colesterol-HDL (LAWS & REAVEN, 1992).

Obtención de islotes de Langerhans

Se extirparon los páncreas enteros y se les eliminó cuidadosamente el tejido adi-posito y el tejido conectivo, se los mantuvo en buffer KRB y se los digirió con colagenasa (Roche Diagnostics) aplicando ciclos alternados de calor y agitación vigorosa (Lacy & Kostianovsky, 1967). El grado de digestión se controló bajo lupa estereoscópica y la misma se detuvo



(mediante el agregado de 50 ml de KRB frío) cuando se constató que el tejido exocrino había sido completamente digerido y que los islotes habían sido liberados. Los islotes se recolectaron manualmente en forma individual bajo lupa estereoscópica en buffer KRB con albúmina sérica bovina (BSA) al 1% para desarrollar los estudios que se detallan a continuación:

Secreción de insulina estimulada por glucosa (SIEG)

Se incubaron grupos de 5 islotes provenientes de los distintos grupos experimentales en buffer KRB, suplementado con BSA al 1% y diferentes concentraciones de glucosa (3,3 y 16,7mM) durante 1 h a 37°C (J. J. Gagliardino, Nierle, & Pfeiffer, 1974). Al término de este periodo se recuperó el medio de incubación para la posterior determinación de la concentración de insulina mediante ELISA (Insulin mouse, rat EIA Kit; Cayman Chemical).

RT-PCR en tiempo real: determinación del nivel de expresión de genes relacionados con el estrés del RE, apoptosis, autofagia y mediadores de la respuesta inflamatoria insular:

Aislamiento de ARN total insular y síntesis de ADN complementario (ADNc)

Se aisló el ARN total de islotes utilizando Trizol Reagent (Ambion, Life Technologies)

y se cuantificó por medida de absorbancia en el equipo Multimode Microplate Reader - Synergy HT, Biotek Instrument, Inc. con el software Gen5 provisto por el equipo. La posible contaminación con proteínas o fenol se controló midiendo la relación de absorbancia 260/280 nm. La integridad del ARN se controló mediante electroforesis en gel de agarosa-formaldehído al 1%, verificando la presencia de las bandas características de ARNr 28s y 18s.

Para la síntesis del ADNc, se realizó la transcripción reversa (RT) a partir de 1ug de ARN total utilizando la enzima transcriptasa reversa SuperScript III (200 U/μl).

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en tiempo real

El ADNc se utilizó como molde en la técnica de PCR cuantitativa (qPCR). Cada tubo de reacción se amplificó con la mezcla Platinum SYBR Green qPCR Supermix (BioRad) en presencia de cebadores específicos.

El perfil de ciclos térmicos utilizado para la cuantificación de la expresión génica fue: un paso inicial de 3 minutos a 95°, seguido de 30 ciclos de 3 pasos cada uno: un paso de desnaturalización de 30 segundos a 95°C, un paso de unión específica de oligonucleótidos de 45 segundos a 65°C y un último paso de extensión de 30 segundos a 72°C. El programa finaliza con

un paso único de 10 minutos a 72°C seguido de la curva de fusión, que se obtiene aumentando la temperatura desde 55 a 95°C, con registros de fluorescencia cada medio grado de temperatura. Los datos se expresaron como expresión génica relativa tras su normalización respecto al gen de β -actina que se utilizó como referencia y fueron calculados utilizando el método $\Delta\Delta CT$.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS (versión 15.0, SPSS, Inc, Chicago, IL) por test t de Students (para muestras independientes con distribución normal) seguido por el test de Tukey o Tamhane (para datos con distribución normal e igual varianza). Todos los datos se expresaron como la media \pm error estándar de la media (EEM). Consideramos diferencias significativas cuando el valor de p fue menor a 0,05.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Desarrollo y caracterización del modelo experimental de prediabetes

Peso corporal, bebida comida y calorías ingeridas

Los resultados obtenidos demostraron que las ratas alimentadas con DRF durante 21 días (DRF21) bebieron un volumen significativamente mayor que las del grupo C21, mientras que la cantidad de comida sólida ingerida fue significativamente menor (Tabla 1). El 62,8% del alimento sólido consumido corresponde a hidratos de carbono (HdeC), proteínas (P) y lípidos (L), con una relación porcentual de 45:43:12 respectivamente, mientras que el 37,2% restante está representado por fibras, cenizas, calcio y fósforo. El agregado de fructosa en el grupo DRF21, hace que estos animales consuman una mayor cantidad de HdeC provenientes de la fructosa. En consecuencia el aporte de nutrientes a lo largo del tratamiento fue cualitativamente diferente al del grupo control modificándose la relación porcentual de

Grupo	Aumento de peso corporal (g/rata/día)	Consumo de Bebida (ml/rata/día)	Consumo de Comida (g/rata/día)	Aporte calórico (cal/rata/día)
C21	4,21 \pm 0,19	29,96 \pm 1,39	21,81 \pm 0,51	63,00 \pm 1,80
DRF21	4,21 \pm 0,56	83,09 \pm 7,18*	15,65 \pm 1,65*	78,47 \pm 3,39*

Tabla 1: Peso y parámetros dietarios. Incremento del peso registrado luego de 21 días de tratamiento (expresado como g/animal/día); consumo de bebidas (agua o DRF) y alimentos sólidos (expresados como ml o gramos por animal por día respectivamente), y aporte de calorías por animal por día. Los valores representan la media \pm EEM (error estándar de la media). n=3 casos por grupo experimental. *p<0,05 vs. C21 |

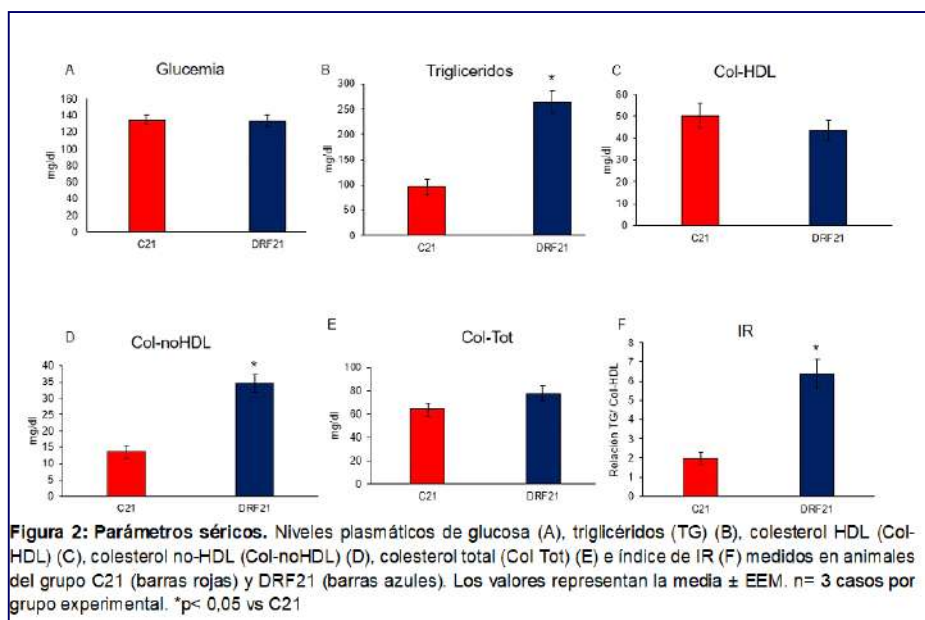
HdeC:P:L ingeridos en 64:28:8. A pesar de que los animales del grupo DRF21 disminuyeron la ingesta de alimento sólido respecto a los del grupo C21, sólo compensaron parcialmente el aumento en el aporte calórico aportado por la fructosa, por lo que registramos una diferencia significativa en el consumo diario de calorías entre ambos grupos que no se tradujo en un aumento del peso corporal (Tabla 1).

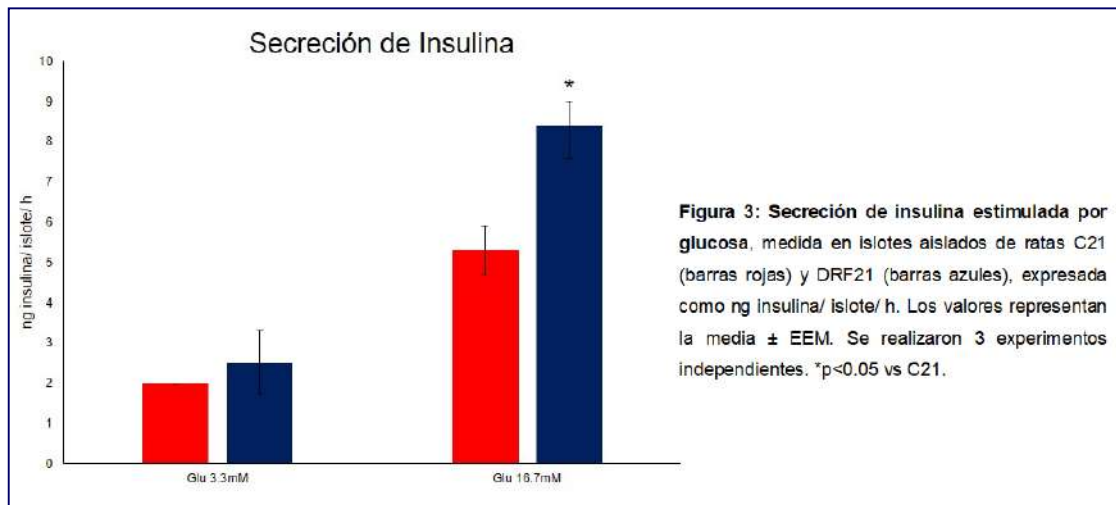
Parámetros séricos e índice de IR

Como se observa en la Figura 2, los niveles de glucosa en sangre fueron similares en ambos grupos experimentales, sin embargo, los niveles de TG plasmáticos de las ratas DRF21 fueron significativamente mayores que los del grupo C21. En este grupo de animales, además, se observó un aumento significativo de los niveles de Col-noHDL respecto al grupo control, evidenciando el desarrollo de un cuadro de dislipemia. A su vez, no se observaron diferencias significativas en los niveles de

Colesterol total, Col-HDL entre los grupos que recibieron fructosa por 21 días y el grupo control. Con estos resultados, el índice de IR (relación TG/Col-HDL) resultó ser significativamente mayor en el grupo DRF21 respecto al grupo control (Figura 2-F).

Estos valores demuestran fehacientemente la existencia de un cuadro de dislipemia e IR en estos animales, semejante al encontrado en una PD humana (Francini et al., 2010; Maiztegui B. et al., 2017, 2011, 2009; Maiztegui et al., 2018; Román et al., 2014).



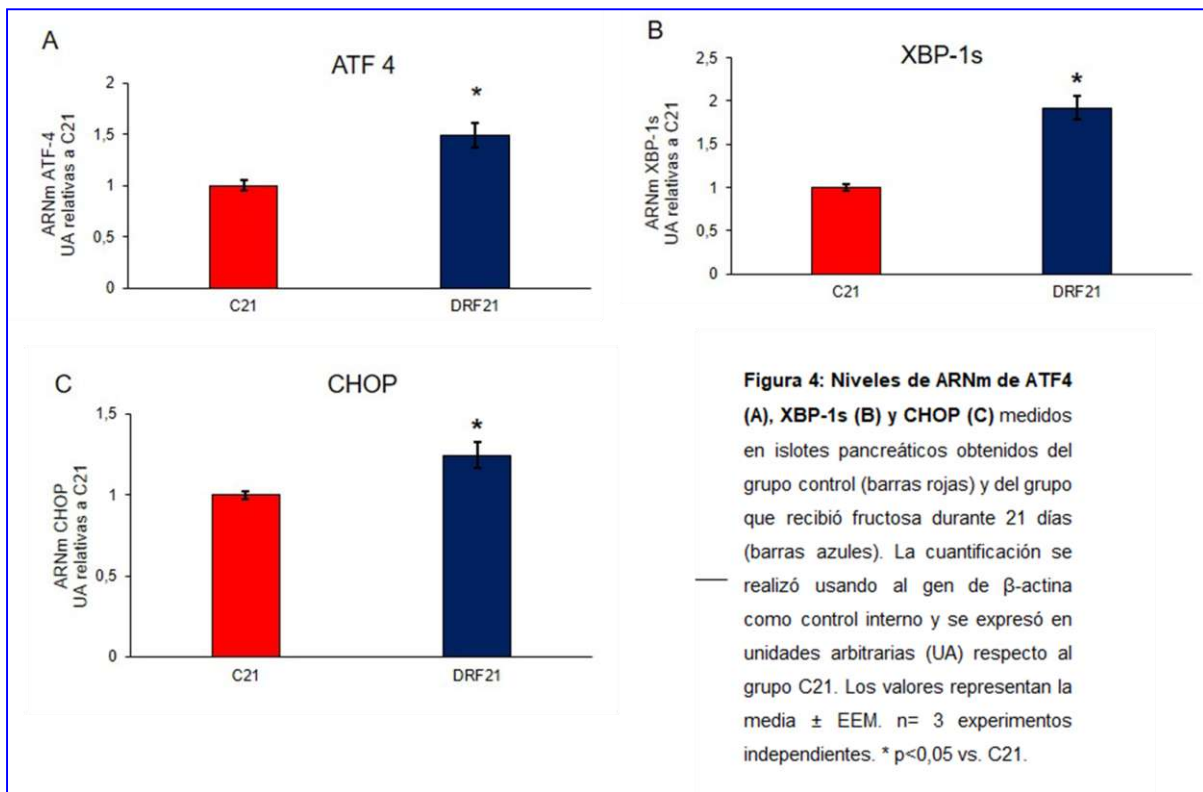


Secreción de insulina estimulada por glucosa (SIEG) No hubo diferencias significativas en la secreción de insulina entre ambos grupos frente a concentraciones basales de glucosa (3,3 mM), sin embargo, se registró un aumento significativo en los islotes provenientes de ratas DRF cuando se los expuso a una concentración elevada de glucosa (16,7 mM) (Figura 3). El aumento de secreción de insulina compensaría la IR periférica para mantener la glucemia dentro de un rango normal, demostrando que la administración de una DRF induce una sobrecarga funcional a las células β pancreáticas.

Efecto de la DRF sobre la expresión génica insular de diferentes marcadores de estrés del RE, apoptosis, autofagia e inflamación.

- Marcadores de mecanismos desencadenados por el estrés del RE

La sobrecarga funcional compensatoria provoca el agotamiento de las células β y el consecuente desarrollo de DT2. En este proceso, el RE cumple un rol protector esencial, ya que tanto la síntesis excesiva de proteínas como la acumulación de proteínas mal plegadas puede disparar el estrés del RE. Las células β son muy sensibles al estrés del RE debido a su alta tasa de síntesis de proinsulina, especialmente en el estado de IR como el que hemos descrito en nuestro modelo. En este trabajo se demostró que los animales alimentados con DRF durante 21 días evidenciaron un aumento significativo de los niveles de ARNm de los marcadores de la respuesta a proteínas mal plegadas desencadenada por el estrés del RE, tales como ATF4, XBP-1s y CHOP (Figura 4).

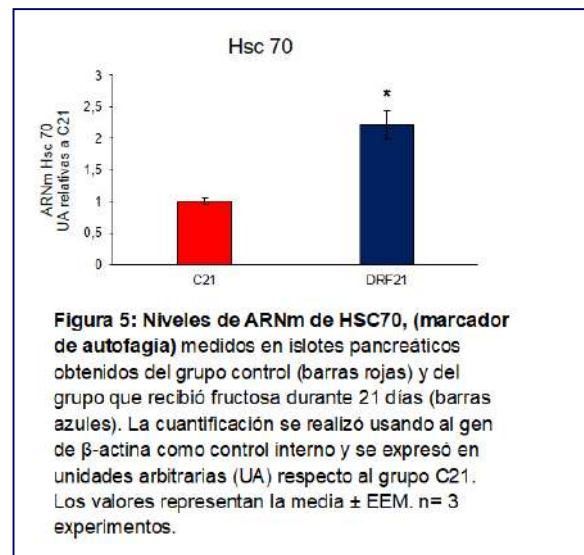


Marcadores del proceso de autofagia

El mecanismo de autofagia se desencadena como una respuesta compensatoria a la presencia de proteínas mal plegadas, mediante la acción de Hsc70. Las ratas DRF21 mostraron un aumento significativo de los niveles de expresión génica del marcador de autofagia Hsc70 (Figura 5), lo que promoverían a la disfunción y disminución de la masa de células β

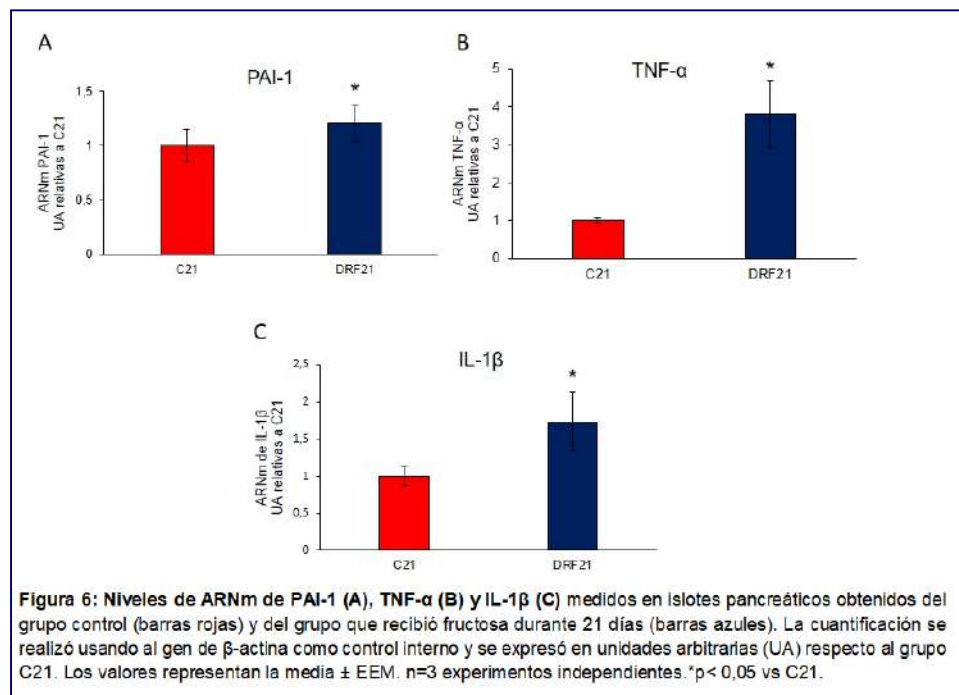
Marcadores de la respuesta inflamatoria.

La inflamación es un proceso que juega un rol importante en el desarrollo y/o progresión de enfermedades metabólicas



crónicas, como la DT2, y se encuentra íntimamente relacionado al estrés del RE. La activación de las tres proteínas sensoras del estrés del RE (IRE1, PERK y ATF6) activan a NF κ B y a JNK, que

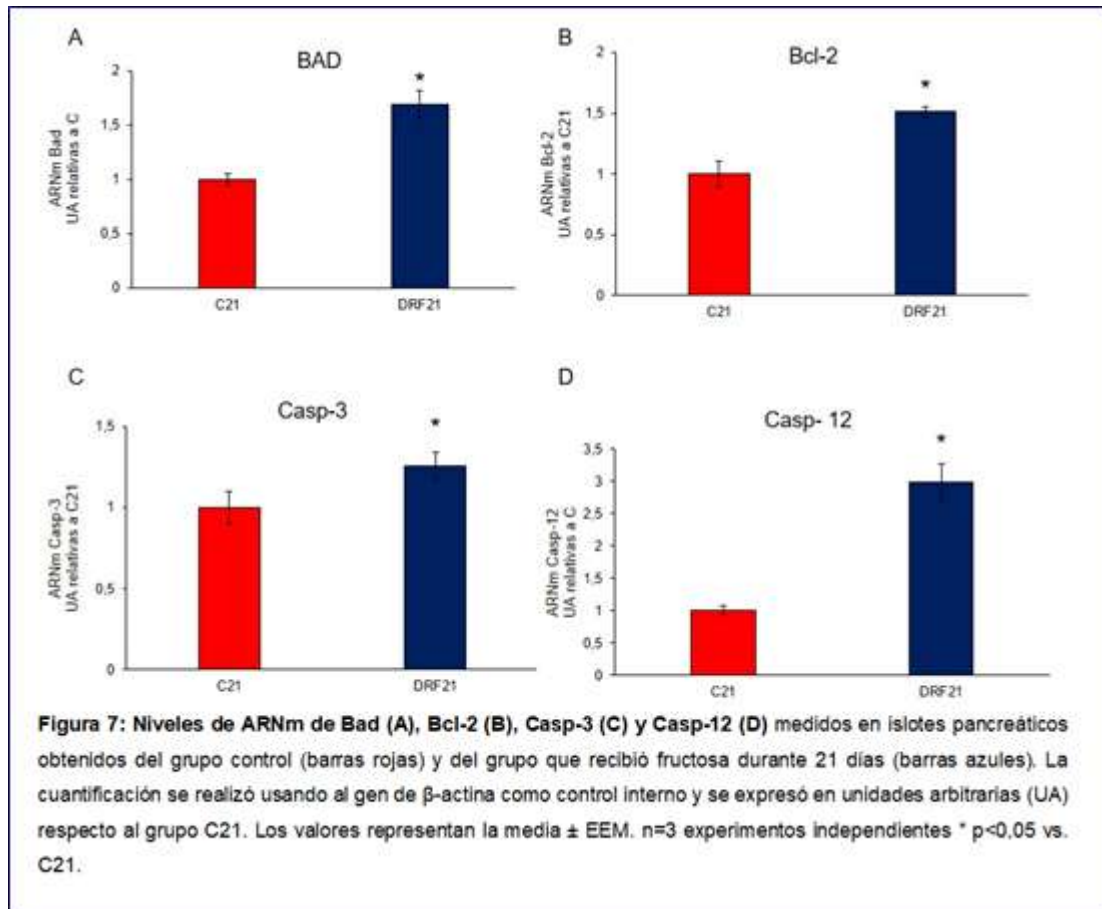
El



finalmente inducen la expresión de diferentes citoquinas proinflamatorias. Los resultados de la expresión génica de los marcadores de la respuesta inflamatoria demostraron que los animales DRF21 presentaron un aumento significativo de los niveles de ARNm de los mediadores de la respuesta inflamatoria (IL1- β , PAI-1 y TNF- α) con respecto al grupo control (Figura 6), evidenciando el desarrollo de un cuadro inflamatorio en estas ratas. Esta respuesta inflamatoria favorece aún más el desarrollo de IR debido a que el aumento de las citoquinas proinflamatorias, junto con JNK, fosforilan a IRS1 en residuos de serina, disminuyendo la efectividad de la vía de señalización de insulina y, por lo tanto, favoreciendo aún más el desarrollo de IR.

Marcadores de apoptosis

mecanismo de apoptosis es la principal causa de la pérdida de masa de células β en la DT2. En este trabajo se estudió la expresión génica por qPCR de distintos factores que modulan la apoptosis de manera positiva (pro-apoptóticos) o de manera negativa (antiapoptóticos). En los animales del grupo DRF21 se observó un aumento significativo de los niveles de ARNm de Caspasa-3 (principal enzima efectora de las vías intrínseca y extrínseca de la apoptosis), respecto del grupo control C21 (Figura 7). Paralelamente, los niveles de ARNm de la proteína proapoptótica Bad



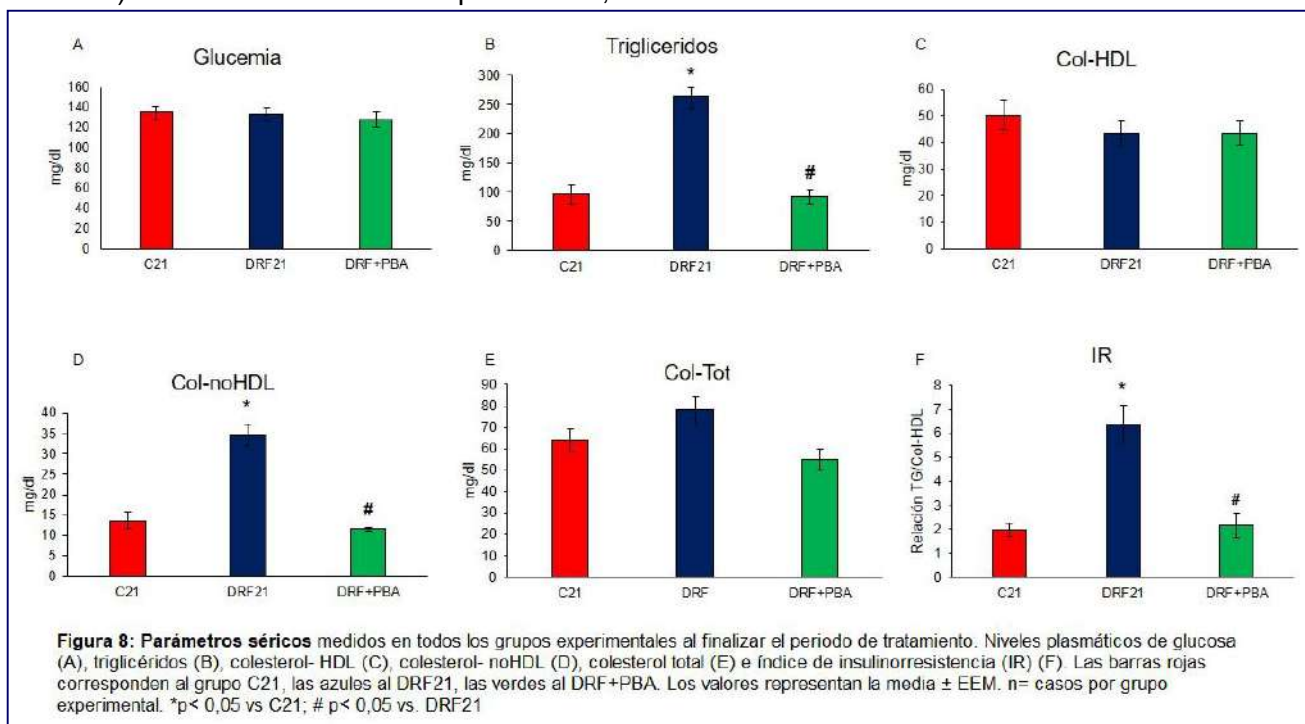
también fueron significativamente mayores en las ratas DRF21 (Figura 7). De manera inesperada, cuando se analizó la expresión génica de la proteína antiapoptótica Bcl-2, se observó un aumento de los niveles de ARNm de esta proteína en el grupo DRF21. Si bien hubiésemos esperado una disminución de su expresión, la relación entre la proteína antiapoptótica Bcl-2 y la proteína proapoptótica Bad (relación Bcl-2/Bad) fue menor a 1 en el grupo DRF21, evidenciando que la proteína proapoptótica Bad es la que está en juego y la responsable del aumento de apoptosis en los animales DRF21.

Cuando el estrés del RE es excesivo y los mecanismos compensatorios son incapaces de restaurar la homeostasis de esta organela, se activa el proceso de apoptosis, mediante la activación de una caspasa específica del estrés del RE, la caspasa-12. En condiciones normales, la pro-caspasa-12 se localiza en la membrana del RE interaccionando con IRE1 y la proteína adaptadora TRAF2, pero en condiciones de estrés, la procaspasa-12, se disocia y se dimeriza, convirtiéndose en caspasa-12 activa. En este trabajo, los resultados obtenidos, mostraron que los animales DRF21 días tuvieron un aumento

significativo de los niveles de ARNm de la caspasa 12, evidenciando un incremento del proceso de apoptosis en estos animales, hecho que contribuye a la disminución de la masa de las células β . Nuestros resultados evidencian que la atenuación de la señalización UPR iniciada por el estrés del RE resultaría una alternativa prometedora para desarrollar nuevas herramientas terapéuticas para prevenir el desarrollo de DT2. En este sentido, chaperonas químicas como el ácido 4-fenil butírico (PBA), podrían optimizar el plegamiento de las proteínas y disminuir el estrés del RE facilitando así el control de la homeostasis glucémica y la recuperación de la masa y función celular β en la DT2 (Xu G et al. 2016; Ozcan U et al 2006). En base a esta presunción,

quisimos evaluar la posibilidad de prevenir el desarrollo de las alteraciones plurimetabólicas inducidas por la DRF mediante la administración de un inhibidor del estrés del RE, el ácido 4-fenil butírico (PBA, Sigma).

Los primeros resultados preliminares mostraron que su administración a ratas DRF durante 5 días en una dosis de 50 mg/kg/día, previno la aparición de los parámetros séricos característicos del fenotipo prediabético, observándose una disminución significativa de los niveles séricos de triglicéridos y Col-noHDL y del índice de IR (Figura 8).





COMPENDIO DE RESULTADOS OBTENIDOS Y CONCLUSIONES

Las ratas normales alimentadas con fructosa al 10% en el agua de bebida durante 3 semanas presentaron glucemias dentro de los valores normales, sin embargo, mostraron un estado hipertriglicéridémico, junto con niveles aumentados de colesterol noHDL. Además, estos animales presentaron un aumento del índice de IR (TG/col-HDL). Todos estos parámetros indican un cuadro de dislipemia e IR en los animales tratados con una DRF, similar al encontrado en la PD humana.

El volumen de agua consumido por estos animales fue significativamente mayor y la ingesta de comida fue significativamente menor respecto a los animales del grupo control. A pesar de que los animales del grupo DRF21 disminuyeron la ingesta de alimento sólido respecto a los del grupo C21, sólo compensaron parcialmente el aumento en el aporte calórico de la DRF por lo que registramos una diferencia significativa en el consumo diario de calorías entre ambos grupos.

La administración de fructosa durante 21 días indujo un estrés del RE evidenciado por el aumento de los niveles de ARNm de ATF4, XBP1s y la proteína proapoptótica CHOP. Además, se evidenció la activación del proceso de autofagia mediada por

chaperona con el aumento de los niveles de expresión génica de Hsc70, proteína encargada de seleccionar y dirigir las proteínas mal plegadas para su degradación.

En los animales que recibieron una DRF, aumentaron también los niveles de ARNm de Caspasa-12, Caspasa-3 y Bad, sugiriendo un aumento de la muerte de células β por apoptosis. La disminución de la masa β se asoció además al desarrollo de un cuadro inflamatorio evidenciado por un aumento de los niveles de ARNm de las citoquinas proinflamatorias interleucina 1 β (IL-1 β), PAI-1 y TNF- α en este grupo de animales.

Resultados preliminares demostraron que las alteraciones de los parámetros séricos presentes en el modelo de PD fueron prevenidas por la administración de un inhibidor del estrés del RE.

Por lo tanto, podemos concluir que:

La administración de una DRF a ratas normales durante 21 días induce un estado de PD con dislipemia, insulinoresistencia y sobrecarga funcional de las células β , que estaría asociado a un aumento del estrés del RE y de la respuesta inflamatoria, responsables del aumento de apoptosis de las células β , causa principal que promueve la disminución de la masa β característica de la DT2.



Dado que algunas de estas alteraciones fueron prevenidas mediante el tratamiento con un inhibidor del estrés del RE, nuestros resultados son prometedores, ya que el uso de chaperonas químicas como el 4-PBA podría ser el instrumento que permita dilucidar el mecanismo íntimo desencadenante de la disfunción y la disminución de la masa de células β en la PD, al igual que su posible utilización como nueva estrategia terapéutica para prevenir o retrasar el desarrollo de DT2.

Bibliografía

- Alzamendi, A., Giovambattista, A., García, M. E., Rebolledo, O. R., Gagliardino, J. J., & Spinedi, E. (2012). Effect of Pioglitazone on the Fructose-Induced Abdominal Adipose Tissue Dysfunction. *PPAR Research*, *2012*, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2012/259093>
- Amen, O. M., Sarker, S. D., Ghildyal, R., & Arya, A. (2019). Endoplasmic Reticulum Stress Activates Unfolded Protein Response Signaling and Mediates Inflammation, Obesity, and Cardiac Dysfunction: Therapeutic and Molecular Approach. *Frontiers in Pharmacology*, *10*, 977. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00977>
- Araki, E., Oyadomari, S., & Mori, M. (2003). Impact of Endoplasmic Reticulum Stress Pathway on Pancreatic β -Cells and Diabetes Mellitus. *Experimental Biology and Medicine*, *228*(10), 1213-1217. <https://doi.org/10.1177/153537020322801018>
- Bolin, K., Gip, C., Mörk, A. C., & Lindgren, B. (2009). Diabetes, healthcare cost and loss of productivity in Sweden 1987 and 2005—A register-based approach. *Diabetic Medicine*, *26*(9), 928-934. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02786.x>
- Castro, M. C., Massa, M. L., Arbeláez, L. G., Schinella, G., Gagliardino, J. J., & Francini, F. (2015). Fructose-induced inflammation, insulin resistance and oxidative stress: A liver pathological triad effectively disrupted by lipoic acid. *Life Sciences*, *137*, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.07.010>
- Chen, L., Chen, R., Wang, H., & Liang, F. (2015). Mechanisms Linking Inflammation to Insulin Resistance. *International Journal of Endocrinology*, *2015*, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2015/508409>
- Cho, N. H., Shaw, J. E., Karuranga, S., Huang, Y., da Rocha Fernandes, J. D., Ohlrogge, A. W., & Malanda, B. (2018). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, *138*, 271-281. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.02.023>
- Cnop, M., Toivonen, S., Igoillo-Esteve, M., & Salpea, P. (2017). Endoplasmic reticulum stress and eIF2 α phosphorylation: The Achilles heel of pancreatic β cells. *Molecular Metabolism*, *6*(9), 1024-1039. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2017.06.001>
- DeFronzo, R. A., & Abdul-Ghani, M. (2011). Assessment and Treatment of Cardiovascular Risk in Prediabetes: Impaired Glucose Tolerance and Impaired Fasting Glucose. *The American Journal of Cardiology*, *108*(3), 3B-24B. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.03.013>
- Eizirik, D. L., Cardozo, A. K., & Cnop, M. (2008). The role for endoplasmic reticulum stress in diabetes mellitus. *Endocrine Reviews*, *29*(1), 42-61. <https://doi.org/10.1210/er.2007-0015>
- Fariña, J. P., García, M. E., Alzamendi, A., Giovambattista, A., Marra, C. A., Spinedi, E., & Gagliardino, J. J. (2013). Antioxidant treatment prevents the development of fructose-induced abdominal adipose tissue dysfunction. *Clinical Science*, *125*(2), 87-97. <https://doi.org/10.1042/CS20120470>



- Flamment, M., Hajdуч, E., Ferré, P., & Foufelle, F. (2012). New insights into ER stress-induced insulin resistance. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 23(8), 381-390. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2012.06.003>
- Francini, F., Castro, M. C., Schinella, G., García, M. E., Maiztegui, B., Raschia, M. A., ... Massa, M. L. (2010). Changes induced by a fructose-rich diet on hepatic metabolism and the antioxidant system. *Life Sciences*, 86(25-26), 965-971. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2010.05.005>
- Gagliardino, J. J., Nierle, C., & Pfeiffer, E. F. (1974). The effect of serotonin on in vitro insulin secretion and biosynthesis in mice. *Diabetologia*, 10(5), 411-414. <https://doi.org/10.1007/BF01221630>
- Gagliardino, Juan J., Elgart, J. F., Bourgeois, M., Etchegoyen, G., Fantuzzi, G., Ré, M., ... Spinedi, E. (2018). Diabetes primary prevention program: New insights from data analysis of recruitment period. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 34(1), e2943. <https://doi.org/10.1002/dmrr.2943>
- Hengartner, M. O. (2000). The biochemistry of apoptosis: Abstract: Nature. *Nature*, 407(6805), 770-776.
- Kawasaki, N., Asada, R., Saito, A., Kanemoto, S., & Imaizumi, K. (2012). Obesity-induced endoplasmic reticulum stress causes chronic inflammation in adipose tissue. *Scientific Reports*, 2(1), 799. <https://doi.org/10.1038/srep00799>
- Lacy, P. E., & Kostianovsky, M. (1967). Method for the Isolation of Intact Islets of Langerhans from the Rat Pancreas. *Diabetes*, 16(1), 35-39. <https://doi.org/10.2337/diab.16.1.35>
- LAWS, A., & REAVEN, G. M. (1992). Evidence for an independent relationship between insulin resistance and fasting plasma HDL-cholesterol, triglyceride and insulin concentrations. *Journal of Internal Medicine*, 231(1), 25-30. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.1992.tb00494.x>
- Maiztegui B., Boggio, V., Román, C. L., Flores, L. E., Zotto, H. D., Ropolo, A., ... Gagliardino, J. J. (2017). VMP1-related autophagy induced by a fructose-rich diet in β -cells: Its prevention by incretins. *Clinical Science*, 131(8), 673-687. <https://doi.org/10.1042/CS20170010>
- Maiztegui B., Borelli, M. I., Madrid, V. G., Del Zotto, H., Raschia, M. A., Francini, F., ... Gagliardino, J. J. (2011). Sitagliptin prevents the development of metabolic and hormonal disturbances, increased β -cell apoptosis and liver steatosis induced by a fructose-rich diet in normal rats. *Clinical Science*, 120(2), 73-80. <https://doi.org/10.1042/CS20100372>
- Maiztegui B., Borelli, M. I., Raschia, M. A., Del Zotto, H., & Gagliardino, J. J. (2009). Islet adaptive changes to fructose-induced insulin resistance: β -cell mass, glucokinase, glucose metabolism, and insulin secretion. *Journal of Endocrinology*, 200(2), 139-149. <https://doi.org/10.1677/JOE-08-0386>
- Maiztegui, B., Román, C. L., Gagliardino, J. J., & Flores, L. E. (2018). Impaired endocrine-metabolic homeostasis: Underlying mechanism of its induction by unbalanced diet. *Clinical science (London, England : 1979)*, 132(8), 869-881. <https://doi.org/10.1042/CS20171616>
- Mohan, S., R, P. R. M., Brown, L., Ayyappan, P., & G, R. K. (2019). Endoplasmic reticulum stress: A master regulator of metabolic syndrome. *European Journal of Pharmacology*, 860(April), 172553. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2019.172553>
- Nakatani, Y., Kaneto, H., Kawamori, D., Yoshiuchi, K., Hatazaki, M., Matsuoka, T. A., ... Matsuhisa, M. (2005). Involvement of endoplasmic reticulum stress in insulin resistance and diabetes. *Journal of Biological Chemistry*, 280(1), 847-851. <https://doi.org/10.1074/jbc.M41186020>
- Nandhini, A. T. A., Thirunavukkarasu, V., Ravichandran, M. K., & Anuradha, C. V. (2005). Effect of taurine on biomarkers of oxidative stress in tissues of fructose-fed insulin-resistant rats. *Singapore medical journal*, 46(2), 82-87.
- Oyadomari, S., & Mori, M. (2004). Roles of CHOP/GADD153 in endoplasmic



- reticulum stress. *Cell Death and Differentiation*, 11(4), 381-389. <https://doi.org/10.1038/sj.cdd.4401373>
- Ozcan, U. (2004). Endoplasmic Reticulum Stress Links Obesity, Insulin Action, and Type 2 Diabetes. *Science*, 306(5695), 457-461. <https://doi.org/10.1126/science.1103160>
- Poitout, V., & Robertson, R. P. (2002). Minireview: Secondary β -cell failure in type 2 diabetes—A convergence of glucotoxicity and lipotoxicity. *Endocrinology*, 143(2), 339-342. <https://doi.org/10.1210/endo.143.2.8623>
- Poitout, V., & Robertson, R. P. (2008). *Glucolipotoxicity: Fuel Excess and-Cell Dysfunction*. <https://doi.org/10.1210/er.2007-0023>
- Rebollo, A., Rebollo, O. R., Marra, C. A., García, M. E., Roldán Palomo, A. R., Rimorini, L., & Gagliardino, J. J. (2010). Early alterations in vascular contractility associated to changes in fatty acid composition and oxidative stress markers in perivascular adipose tissue. *Cardiovascular Diabetology*, 9(1), 65. <https://doi.org/10.1186/1475-2840-9-65>
- Román, C. L., Flores, L. E., Maiztegui, B., Raschia, M. A., Del Zotto, H., & Gagliardino, J. J. (2014). Islet NADPH oxidase activity modulates β -cell mass and endocrine function in rats with fructose-induced oxidative stress. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1840(12), 3475-3482. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2014.09.011>
- Rutkowski, D. T., & Hegde, R. S. (2010). Regulation of basal cellular physiology by the homeostatic unfolded protein response. *Journal of Cell Biology*, 189(5), 783-794. <https://doi.org/10.1083/jcb.201003138>
- Rutkowski, D. T., & Kaufman, R. J. (2004). A trip to the ER: Coping with stress. *Trends in Cell Biology*, 14(1), 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2003.11.001>
- Taylor, R. (2008). Pathogenesis of type 2 diabetes: Tracing the reverse route from cure to cause. *Diabetologia*, 51(10), 1781-1789. <https://doi.org/10.1007/s00125-008-1116-7>
- Thorburn, A. W., Storlien, L. H., Jenkins, A. B., Khouri, S., & Kraegen, E. W. (1989). Fructose-induced in vivo insulin resistance and elevated plasma triglyceride levels in rats. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 49(6), 1155-1163. <https://doi.org/10.1093/ajcn/49.6.1155>
- Thounaojam, M. C., Nammi, S., & Jadeja, R. (2016). *Editorial Natural Products for the Treatment of Obesity, Metabolic Syndrome, and Type 2 Diabetes 2016*. <https://doi.org/10.1155/2016/9072345>
- Urano, F., Wang, X. Z., Bertolotti, A., Zhang, Y., Chung, P., Harding, H. P., & Ron, D. (2000). Coupling of stress in the ER to activation of JNK protein kinases by transmembrane protein kinase IRE1. *Science*, 287(5453), 664-666. <https://doi.org/10.1126/science.287.5453.664>
- Yin, J.-J., Li, Y.-B., Wang, Y., Liu, G.-D., Wang, J., Zhu, X.-O., & Pan, S.-H. (2012). The role of autophagy in endoplasmic reticulum stress-induced pancreatic β cell death. *Autophagy*, 8(2), 158-164. <https://doi.org/10.4161/auto.8.2.18807>
- Yoneda, T., Imaizumi, K., Oono, K., Yui, D., Gomi, F., Katayama, T., & Tohyama, M. (2001). Activation of Caspase-12, an Endoplasmic Reticulum (ER) Resident Caspase, through Tumor Necrosis Factor Receptor-associated Factor 2-dependent Mechanism in Response to the ER Stress. *Journal of Biological Chemistry*, 276(17), 13935-13940. <https://doi.org/10.1074/jbc.M010677200>

Financiamiento

El presente trabajo se realizó con fondos provenientes de: Subsidio básico de la Sociedad Argentina de Diabetes, Proyecto de Investigación UNLP Programa de Incentivos M232, PICT 2019 Proyecto 01956 otorgado por ANPCYT – FONCYT y PIP 11220200102546CO01 otorgado por CONICET.

SIRS y qSOFA como Predictores de Mortalidad en Sepsis Pediátrica



D.36. Salud Humana

SIRS y qSOFA como Predictores de Mortalidad en Sepsis Pediátrica

Autor: Vasquez, Alejandra; ale77vasquezm@g.mail.com

Co-autor(es): Copana, Raul; dr_copana_raul@yahoo.com; Díaz, Willmer

Universidad Mayor de San Simón

Resumen

Introducción: La sepsis pediátrica continúa siendo una causa importante de mortalidad en países de bajos y medianos ingresos, su reconocimiento temprano en emergencias requiere del uso de criterios que nos permitan predecir anticipadamente la gravedad del paciente. **Objetivo:** nuestro estudio pretende comparar los criterios de SIRS y qSOFA en cuanto a su capacidad discriminatoria en mortalidad en sepsis pediátrica. **Métodos:** realizamos un estudio multicéntrico, prospectivo en servicios de emergencias incluyendo niños con sospecha de sepsis subsecuentemente ingresados a UTIP, en los cuales se evaluaron los puntajes en SIRS y qSOFA comparándolos con los resultados al egreso. **Resultados:** se enrolaron 64 pacientes, admitidos en estadios de Sepsis (19%), Shock Séptico (20,6%) y con Disfunción Multiorgánica (60,4%), con una mortalidad respectivamente de 9,5%, 14,3% y 76,2%; en 33,9% de los casos se pudo rescatar algún germen. Evaluando los criterios SIRS vemos que la ausencia de ellos se asocia con mayor sobrevivencia ($p=0,044$; OR 0,618: IC95% 0,5020,761), Por otro lado, 2 o más criterios qSOFA se asocia con mayor mortalidad ($p=0,047$; OR 3,52: IC95% 1,090-11,371). **Conclusión:** ambos criterios utilizados para definir sepsis en pediatría demostraron su utilidad, el uso del score qSOFA dada a su estrecha relación con la mortalidad puede emplearse para anticipar alteraciones orgánicas potencialmente mortales.

Palabras clave: niño; sepsis; SIRS; qSOFA



ABSTRACT

Introduction: Pediatric sepsis continues to be one of the main causes of mortality in low and middle-income countries, its early recognition in emergencies requires the use of criteria that allow us to predict the severity of the patient, our study aims to compare the SIRS criteria and qSOFA regarding its discriminatory capacity in mortality in children with sepsis. **Methods:** A prospective multicenter study was carried out in emergency services enrolling children with suspected sepsis subsequently admitted to the PICU, in which the scores in qSOFA and SIRS were evaluated comparing them with the results at hospital discharge. **Results:** 64 patients were enrolled, admitted in emergency in Sepsis (19%), Septic Shock (20.6%) and with Multiple Organ

Disfunction (60.4%) stage, with a mortality respectively of 9.5% and 14.3% and 76.2%; germ could be rescued in 33.9% of the cases; Evaluating the SIRS criteria, we see that the absence of them is associated with lower mortality ($p = 0.044$; OR 0.618: 95% CI 0.502-0.761); otherwise, 2 or more qSOFA criteria are associated with higher mortality ($p = 0.047$; OR 3.52: 95% CI 1.090-11.371). **Conclusion:** Children present in complicated sepsis stages (septic shock or multi-organ disfunction), the qSOFA criteria show a greater relationship with mortality and it may be useful to decide an earlier anticipatory behavior.

Key Words: *Child, Sepsis, SOFA Score, SIRS*

INTRODUCCION

La sepsis pediátrica es una causa importante de morbilidad y mortalidad a nivel mundial¹. La incidencia global de sepsis pediátrica se estimó en 22 casos por 100.000 niños al año, significando el 19,7% de todas las muertes². Se estiman 20,3 millones de casos en menores de 5 años (principalmente lactantes) en todo el

mundo y 4,9 millones de casos en niños y adolescentes de 5 a 19 años². Se cree que la incidencia global de sepsis está aumentando rápidamente, especialmente en países de ingresos bajos y medianos^{3,4}. Si nos referimos a los pacientes ingresados en Unidades de Terapia Intensiva Pediátricas (UTIP) aproximadamente el 7,7% -23% padecen



sepsis⁵, teniendo reportes de una prevalencia 35% de los ingresos hospitalarios de UTIP⁷. Dependiendo de la región geográfica, la tasa de mortalidad de los niños hospitalizados en UTIP en Asia y África se acerca al 40%, en América del Sur al 11%². Bolivia no cuenta con estadísticas completas sobre el número y la etiología de la sepsis pediátrica en términos generales⁶.

Actualmente se cuentan con las guías internacionales de la campaña sobreviviendo a la Sepsis (SSC) para el manejo del shock séptico y la disfunción orgánica asociada a sepsis; dentro del cual encontramos la definición de sepsis, también denominados Sepsis-2, basado en los criterios del Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica (SIRS) definidos el 2005.¹¹ El año 2016 se establecieron nuevas definiciones de sepsis, sin embargo la *European Society of Intensive Care Medicine* (ESICM) y la *Society of Critical Care Medicine* (SCCM) no se cuentan con suficiente consenso para la aplicación en niños del tercer consenso internacional de definiciones de sepsis y shock séptico, denominado Sepsis-3, que utiliza *quick Sequential Organ Failure assessment* (qSOFA), donde define la sepsis como una "disregulación de órganos potencialmente mortal producida por una respuesta

disfuncional del enfermo ante la infección", sin embargo la aplicabilidad de estos criterios en pediatría está en revisión^{8,9,10}.

El tratamiento oportuno de la sepsis es fundamental para mejorar el pronóstico, debiendo iniciar el manejo dentro de la primera hora para reducir la mortalidad¹⁰. Dicho esto, queda justificado realizar esfuerzos para mejorar la capacidad de reconocimiento de la sepsis en los servicios de emergencias, especialmente en establecimientos de salud pediátricos de referencia como punto clave para detectar y actuar oportunamente, entendiendo que mientras más avanzado es el cuadro con el que se presenta, el paciente el pronóstico es peor.

OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es determinar la utilidad de los criterios SIRS y el score qSOFA como predictores de mortalidad en sepsis pediátrica en cuatro hospitales de Bolivia

METODOS

Descripción del estudio: Se realizó un estudio observacional multicéntrico, prospectivo del 1 abril 2019 al 28 de noviembre del 2020, luego de conformar una red de estudio de Sepsis Pediátrica en Bolivia (SEPEBOL), dentro de la cual participaron 4 hospitales pediátricos de Bolivia: 2 de la ciudad de La Paz (Hospital



Materno Infantil de la CNS y Hospital del Niño Dr. Ovidio Aliaga U.), 1 de Cochabamba (Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel) y 1 de Tarija (Hospital General San Juan de Dios). El área de estudio fueron los servicios de emergencias donde se recabo la información inicial y las UTIP. Los datos fueron colectados de forma sistemática de las historias clínicas por los investigadores participantes.

Población y muestra: Se estimó un tamaño de muestra de 64 pacientes, con un IC 95% y margen de error 10%, distribuidos con un muestreo aleatorio sistemático entre hospitales para aplicar en los servicio de emergencias; Se incluyeron: niños de >1 mes y adolescentes menores a 15 años, que cumplían con la definición de sepsis al ingreso y al egreso hospitalario mantenían el diagnostico; fueron excluidos los pacientes en los que se descartó el cuadro séptico durante la internación.

Definiciones: Definimos sepsis, shock séptico y disfunción orgánica asociada a sepsis utilizando las recomendaciones de las guías de la SSC¹¹; donde se recomienda el uso de la definición de Sepsis-2 o SIRS: Paciente con sospecha o confirmación de foco infeccioso y con 2 o más criterios de SIRS: Fiebre o hipotermia; Taquicardia o bradicardia;

Taquipnea o bradipnea; Leucocitosis, leucopenia o más de 10% de cayados¹¹. Así mismo se hacen conocer los criterios para definir sepsis utilizando una versión reducida del *Sequential Organ Failure Assessment* (qSOFA), Sepsis-3 el cual utiliza a su vez 2 o más de los siguientes criterios: Alteración del sensorio; disminución de la presión arterial sistólica (PAS); Aumento de la frecuencia respiratoria (FR)⁸.

Adicionalmente podemos definir Shock Séptico como una disfunción cardiovascular que incluya alguno de los siguientes: Hipotensión, Requerimiento de vasoactivos, o 2 signos de inadecuada perfusión (Llenado capilar prolongado, oliguria, acidosis metabólica, lactato elevado).¹¹ Considerando disfunción orgánica asociada a sepsis a la disfunción orgánica adicional a la cardiovascular propia del shock septico.¹¹

Procedimiento: Los datos demográficos y clínicos, las características de la presentación en la emergencia fueron debidamente analizados según el grupo etáreo de cada paciente, para lo cual se tomaron los rangos normales determinados por PALS 2020², para realizar su interpretación como valores normales para la edad según los valores de referencia de las guías mencionadas al pie de cada tabla, No existe un gold



estándar para sepsis, fueron utilizados los criterios mencionados ya sea de SIRS³ o qSOFA adaptado a la edad pediátrica^{3,4}, puntuándose individualmente cada criterio. Aunque ambas herramientas tienen como finalidad tamizar pacientes, y no evaluar el pronóstico, han demostrado su utilidad como métodos para identificar disfunción orgánica en niños y se encuentran disponibles.^{4,8,9}

Análisis estadístico: Con el programa estadístico SPSS 25v (IBM Statistics), se realizaron tablas, estadígrafos descriptivos presentando los resultados en recuento, porcentajes, medias y desvíos estándar. Posteriormente para analizar la asociación con la mortalidad y evaluar el riesgo, se emplearon la prueba exacta de Fisher,

Odds Ratio para evaluar diferencias estadísticamente significativas. También se evaluó el Área bajo la Curva (AUC) para criterios Sepsis-2 y Sepsis-3; estableciendo un valor de p menor a 0,05 para ser significativo.

Consideraciones éticas: Al no intervenir en las variables de estudio y limitarnos solamente a describir el comportamiento del paciente bajo condiciones normales en cada institución no se obtuvo el consentimiento informado específico. El protocolo de investigación fue aprobado por el comité de bioética del Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel.

RESULTADOS

Fueron enrolados al estudio, 64 pacientes provenientes principalmente de las ciudades de La Paz, Cochabamba y Tarija; se trata de una población distribuida en cuanto a su edad de la siguiente manera: 42,2% menores de 1 año, 39,1% entre 1 a 10 años y 18,7% mayor de 10 años; de los cuales 60,9% son varones. Todos los pacientes reportaron focos infecciosos sospechosos

o confirmados siendo los más frecuentes el respiratorio (44,9%), gastrointestinal (30,6%) y neurológico (12,2%); así mismo un 26,6% porta una patología de base

conocida y otro 25% reporta algún factor de riesgo conocido para sepsis, con rescate del agente etiológico fue reportado en el 33,9% de los casos (Tabla 1).

Tabla N° 1. Descripción de las características socio epidemiológicas de los niños estudiados (n=64)

Variables demográficas y epidemiológicas		Recuento (%)	Media (DE) meses
Departamento	Cochabamba	27 (42,2%)	
	Tarija	6 (9,4%)	
	La Paz	31 (48,4%)	
Grupo etéreo del paciente	Lactante 1 a 12 meses	27 (42,2%)	4,89 (3,5)
	Lactante de 13 a 24 meses	13 (20,3%)	16,38 (4,21)
	Prescolar de 2 a 5 años	4 (6,3%)	45,75 (13,23)
	Escolar de 5 a 10 años	8 (12,5%)	101 (18,39)
	Adolecente de 10 a 15 años	12 (18,7%)	155,67 (31,57)
Sexo	Femenino	25 (39,1%)	
	Masculino	39 (60,9%)	
Foco de infección sospechoso o confirmado*	Respiratorio	22 (44,9%)	
	Gastrointestinal/Abdominal	15 (30,6%)	
	Neurologico	6 (12,2%)	
	Piel/Partes blandas	3 (6,1%)	
	Urinario	2 (4,1%)	
	Osteoarticular	1 (2,0%)	
Enfermedad crónica o preexistente	Ninguno	47 (73,4%)	
	Cardiopatía	5 (7,8%)	
	Hematologica/Oncologica	3 (4,7%)	
	Neurologico	7 (10,9%)	
	Geneticas/Metabolicas	2 (3,1%)	
Factores de riesgo	Presenta algún factor de riesgo para sepsis	16 (25%)	

	Drogas inmunosupresoras	2 (3,1%)
	Paciente posee dispositivos invasivos	5 (7,8%)
	Antecedentes internación en UTIP los últimos 7 días	8 (12,5%)
	Alteración tracto urinario	4 (6,3%)
Agente etiológico**	Sin rescate de germen	41 (66,1%)
	Staphylococcus aureus	9 (14,5%)
	Escherichia coli	4 (6,5%)
	Klebsiella pneumoniae	3 (4,8%)
	Virus respiratorios	2 (3,2%)
	Streptococcus pneumoniae	2 (3,2%)
	Enterococcus faecalis	1 (1,6%)

*15 datos perdidos de reporte de foco infeccioso sospechado o confirmado

**4 datos perdidos de resultado de cultivos

Tabla N° 2. Criterios clínicos y laboratoriales utilizados en la definición de Sepsis con sus valores de referencia de acuerdo a grupo etáreo (n=63)

		1 a 12 meses	13 a 24 meses	2 a 5 años	5 a 10 años	10 a 15 años
Temperatura axilar en C°	Media (DS)	37,5 (1,05)	37,7 (1,49)	38,8 (0,78)	37,7 (0,64)	37,7 (0,91)
Frecuencia cardiaca por minuto	Media (DS)	151,6 (24,33)	142,5 (18,8)	163,8 (28,1)	125,5 (19,32)	129,8 (26,71)
	Valores de referencia*	100 a 190	98 a 140	80 a 120	75 a 118	75 a 118
Frecuencia respiratori	Media (DS)	44,9 (15,2)	37,4 (17,1)	42 (10,7)	34,6 (11,5)	43,17 (10,21)
	Valores	30 a 53	22 a 37	20 a 28	18 a 25	18 a 25

a por minuto	de referenci a*						
Globulos blancos por mm3	Media (DS)	12476 (7941)	14370 (10119)	9825 (5146)	13572 (7099)	15997 (10003)	
	Valores de referenci a*	5000 a 17500	6000 a 15500	6000 a 15500	4500 a 13500	4500 a 11000	
Tension arterial sistolica en mmHg	Media (DS)	86,4 (20,92)	85,2 (17,9)	87,5 (9,26)	97,75 (14,30)	94,9 (14,04)	
	Valores de referenci a*	72 a 104	86 a 106	89 a 112	97 a 115	102 a 120	
Escala de Glasgow	Media (DS)	11,3 (2,76)	11,9 (3,70)	13,5 (0,58)	14,1 (1,46)	13,7 (2,09)	

*Pediatric Advanced Life Support 2020

Todos los pacientes del estudio fueron ingresados con los diagnósticos de sepsis; sin embargo, luego de evaluar los datos clínicos y de laboratorio iniciales ajustados al grupo etéreo de cada paciente (Tabla 2), se puede evidenciar que los pacientes ingresaron al servicio de emergencias en los estadios de: Sepsis (19%), Shock Séptico (20,6%) y con Fallo Multiorgánico

(60,4%). Reportándose una mortalidad progresiva para Sepsis (9,5%), para el Shock Séptico (14,3%) y para el Fallo Multiorgánico (76,2%) respectivamente (Tabla 3). Realizando un análisis adicional, la presencia de enfermedad crónica o preexistente ($p=0,168$) y factores de riesgo asociados ($p=0,114$) no se asociaron a una mayor mortalidad.

Tabla N° 3. Presentación de los cuadros de Sepsis en los servicios de emergencias y relación con la mortalidad (n=63)

Cuadro clínico	Casos - Recuento (%)	Mortalidad - Recuento (%)
----------------	----------------------	---------------------------

	(n=63)	(n=21)
Sepsis	12 (19,0%)	2 (9,5%)
Shock Septico	13 (20,6%)	3 (14,3%)
Fallo multiorganico	38 (60,4%)	16 (76,2%)

Evaluando los criterios utilizados para el diagnóstico en emergencias se puede evidenciar que de acuerdo a los criterios SIRS los cambios aislados en la temperatura ($p=0,178$), frecuencia cardíaca ($p=0,791$), frecuencia respiratoria ($p=0,768$) o recuento de leucocitos ($p=0,182$) no se asocian con una mayor mortalidad (Tabla 4). Sin embargo,

podemos ver que la ausencia de criterios SIRS tiene una asociación significativa con una mayor sobrevivencia ($p=0,044$; OR 0,618: IC95% 0,502-0,761), la presencia de 2 o más criterios de SIRS por lo visto en los resultados no se asocia con una mayor mortalidad (Tabla 4 y Figura 1).

Tabla N° 4. Criterios de sepsis (SIRS) y su asociación con mortalidad por Sepsis (n=63)

Variables clínicas de la escala	Recuento (%) n=63	Mortalidad (%) n=21	Odds Ratio (IC 95%)	P
Fiebre o hipotermia	25 (39,7%)	11 (52,4%)	2,2 (0,755 – 6.414)	0,178
Taquicardia o bradycardia	28 (44,4%)	10 (47,6%)	1,212 (0,423 – 3,471)	0,791
Taquipnea o bradipnea	45 (71,4%)	16 (76,2%)	1,434 (0,433 – 4,755)	0,768
Leucocitosis, leucopenia o >10% cayados	37 (58,7%)	15 (71,4%)	2,273 (0,739 – 6.992)	0,182
Criterios SIRS cumplidos				
Cero	8 (12,7%)	0 (0%)	0,618 (0,502 - 0,761)	0,044
Uno	10 (15,9%)	3 (30,0%)	0,833 (0,192 - 3,614)	0,559
Dos	16 (25,4%)	6 (37,5%)	1,280 (0,392 - 4,180)	0,453
Tres	23 (36,5%)	10 (43,5%)	2,028 (0,690 - 5,958)	0,154
Cuatro	6 (9,5%)	2 (33,3%)	1,0 (0,168 - 5,956)	0,686
2 o mas criterios SIRS	45 (71,4%)	18(85,7%)	2,69 (0,672 – 10,759)	0,129

*Test exacto de Fisher (Significación exacta unilateral)

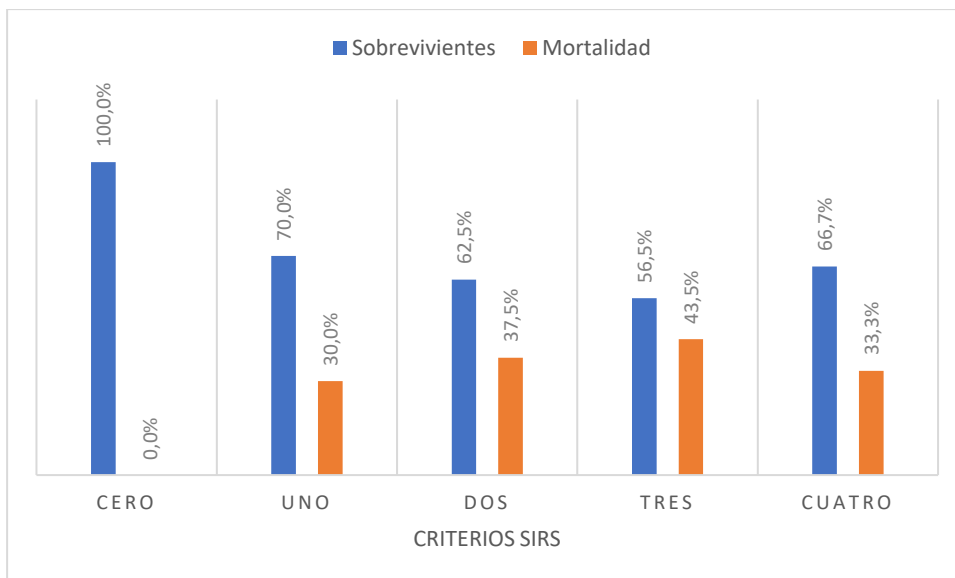
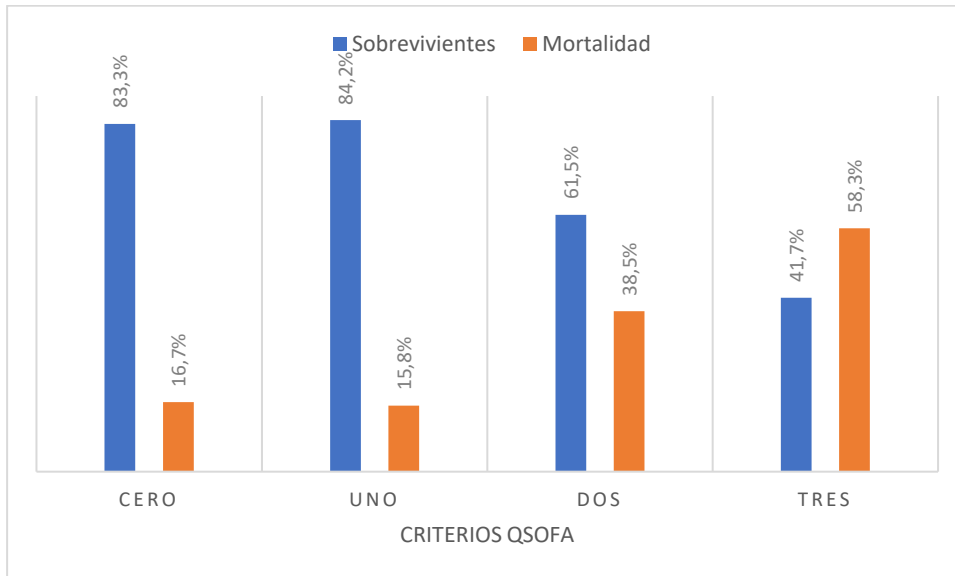
Por otro lado, en los criterios qSOFA vemos que la alteración del sensorio se relaciona con una mayor mortalidad ($p=0,105$; OR 2.895; IC95% 0,937-8,946), lo que no sucede con la frecuencia respiratoria ($p=0,768$) o Presión Arterial Sistólica ($p=0,178$) (Tabla 5). Sin embargo, los pacientes sin ningún criterio positivo tienen mayor probabilidad de

sobrevivir ($p=0,340$; OR 0,37; IC95% 0,40 – 3,389); la presencia de 2 o más criterios qSOFA tiene una asociación significativa con la mortalidad ($p=0,046$; OR 3,52; IC95% 1,090-11,371) (Tabla 5 y Figura 1). Los criterios Sepsis-3 (AUC=0,643) que utilizan el qSOFA tiene un rendimiento similar en comparación con Sepsis-2 (AUC=0,583) que utilizan SIRS. (Figura 2)

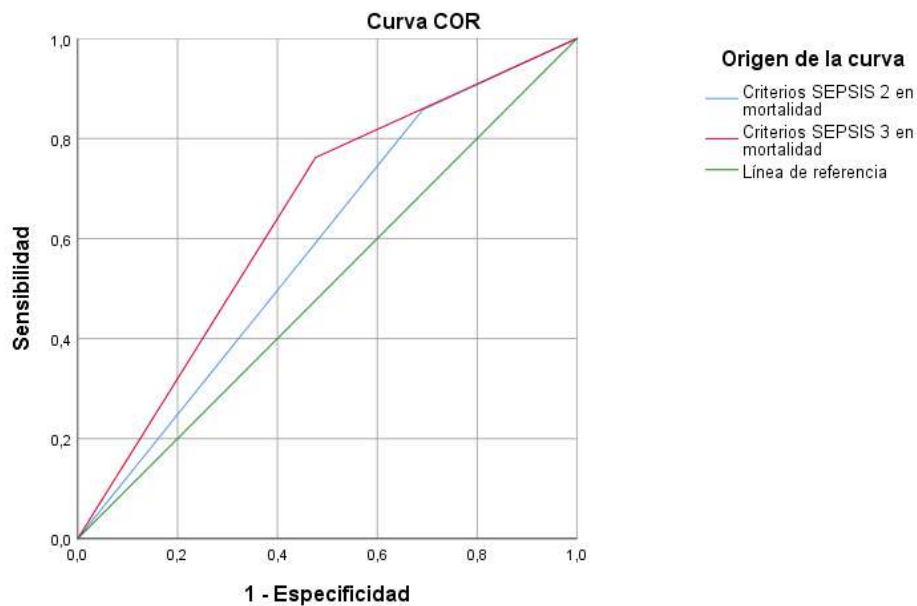
Tabla N° 5. Criterios de sepsis utilizando qSOFA y su asociación con la mortalidad por Sepsis (n=63)

Variables clínicas de la escala	Recuento (%)	Mortalidad (%)	Odds Ratio (IC 95%)	P
Alteración del sensorio (Glasgow<13)	34 (53,9%)	15 (71,4%)	2,895 (0,937 – 8,946)	0,105
Frecuencia respiratoria aumentada	45 (71,4%)	16 (76,2%)	1,434 (0,433 – 4,755)	0,768
Presión arterial sistólica disminuida	25 (39,7%)	11 (52,4%)	2,2 (0,755 – 6,414)	0,178
Criterios qSOFA cumplidos				
Ninguno	6 (9,5%)	1 (16,7%)	0,37 (0,40 - 3,389)	0,340
Uno	19 (30,2%)	3 (15,8%)	0,271 (0,69 - 1,068)	0,046
Dos	26 (41,3%)	10 (38,5%)	1,477 (0,512 - 4,259)	0,324
2 o 3 qSOFA	36 (57,1%)	16 (76,2%)	3,52 (1,090 – 11,371)	0,047
*Test exacto de Fisher (Significación exacta unilateral)				

Gráfica N° 1. Relación de la definición de Sepsis según criterios SIRS o qSOFA con la ortalidad (n=63)



Gráfica N° 2. Rendimiento de los criterios de Sepsis según criterios SIRS o qSOFA con la mortalidad (n=63)



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

DISCUSIÓN

La sepsis en pediatría tiene una alta tasa de letalidad y es un problema en la salud pública pediátrica; pese a los esfuerzos realizados y las recomendaciones de la SSC para reducir la mortalidad¹². Nuestros resultados son consistentes con otros autores que describen el predominio en lactantes menores (40%), seguidos de lactantes mayores (22%)¹³; los resultados de los grupos de preescolares escolares y adolescentes varían entre diferentes estudios. El género masculino también tiene una relación 2:1 en comparación con el género femenino¹⁴; el resto de los parámetros epidemiológicos son similares a los hallados por otros estudios^{13,14}.

La mortalidad por sepsis en nuestro estudio fue del 30%, similar a datos de

otros países de bajos y medianos ingresos (43,4%)¹⁵, otro estudio en la India¹⁶ reporta la tasa de mortalidad de los niños con sospecha de sepsis, pero "sin" shock séptico es de 12%, similar a la hallada en nuestro estudio (9,5%), mucho menor que la hallada en nuestros pacientes con shock séptico (14,3%) y fallo multiorgánico (76,2%). Los estadios con fallo multiorgánico en diferentes contextos causan la muerte del 85% de los pacientes, principalmente debido a insuficiencia respiratoria y hemodinámica¹⁷, lo que nos orienta a buscar al paciente séptico en los estadios iniciales, al momento de su presentación en los servicios de emergencias pediátricos de establecimientos de primer y segundo nivel.



La sepsis es un síndrome de difícil definición y reconocimiento por la diversidad de sus manifestaciones clínicas, las cuales pueden variar con la edad pediátrica, comorbilidades, etiología. La escala qSOFA ha sido evaluada y verificada como predictor de compromiso orgánico y mortalidad¹³, pero no ha sido utilizada ampliamente como criterio para definir sepsis en pediatría, y los estudios en Latinoamérica son escasos; en un estudio realizado en Venezuela encontraron que su sensibilidad era de 73,9% y su especificidad de 24,3%¹³; siendo que en dicho estudio menciona que la puntuación qSOFA no es lo suficientemente sensible a la evaluación temprana del riesgo asociado a mortalidad. Finkelsztejn et al en 2017 encontraron una relación significativa en cuanto a la predicción de mortalidad ($p=0,03$) y días libres de UCI utilizando la escala qSOFA versus SIRS en una población de adultos ($p=0,04$)²³. En un estudio retrospectivo de 10 años realizado por Khwannimit en 2018 en un entorno de bajos y medianos ingresos, encontraron que, si bien la escala SOFA es mejor predictor de mortalidad respecto al qSOFA y SIRS en la población adulta, el qSOFA se mostró superior en relación al SIRS al tener mejor AUC para predicción de mortalidad (0,814 vs 0,587)²⁴, sin embargo, el estudio fue realizado en

adultos. Ya abocándonos a la población pediátrica, los estudios de validación realizados por Mohamed El-Mashad¹⁹ evidenciaron que la puntuación pSOFA fue significativamente mayor en los no supervivientes, teniendo pSOFA una AUC (0,87 vs 0,60) para la predicción de la mortalidad mayor que el SIRS en pacientes con infección confirmada o sospechada¹⁹, similar a lo hallado en nuestro estudio (AUC 0,64 vs 0,58). En nuestra investigación vemos que la existencia de dos o más criterios de qSOFA se asocia con un riesgo 3,5 veces mayor de mortalidad, similar a lo hallado en otros estudios^{20,22}, llevando esta evaluación oportuna a la toma de decisiones en los pacientes de riesgo y aplicando estos conceptos en un estudio se vio que por cada 6 pacientes evaluados con qSOFA, un paciente se beneficia del traslado inmediato a la unidad de cuidados intensivos²⁰. Por otro lado se conoce que el uso de SIRS gracias a su alta sensibilidad, permite seleccionar pacientes hasta con 3,7 veces más riesgo de desarrollar shock séptico, pero también varios otros que no cursan cuadros sépticos, por ejemplo, durante la estancia en una UTIP hasta un 93% de los pacientes tuvieron al menos dos criterios SIRS positivos²⁵. Lo que hace remarcable su capacidad de tamizaje y permitiría una referencia temprana, ante la posibilidad de



reducir un 18% el riesgo absoluto de mortalidad como lo demuestran otros estudios²⁰. Vemos que la forma de presentación de las sepsis en etapas tardías, refleja problemas en el reconocimiento del cuadro en establecimientos primarios, situación superable con el uso de los criterios mencionados en niños deteriorados, en vista que no requieren pruebas de laboratorio, se pueden realizar de manera rápida y para tamizaje.

Nuestro estudio es el primer reporte epidemiológico de sepsis pediátrica en Bolivia, los resultados son de gran utilidad y permiten conocer el estado con el que llega el paciente séptico a las emergencias y los criterios utilizados para su diagnóstico; la limitación de no contar con datos de la segunda ciudad más poblada del país, ciudad adicionalmente con características epidemiológicas distintas; se reconoce también que el número pequeño de sujetos estudiados hace necesario planificar un segundo estudio multicéntrico sobre Sepsis Pediátrica en Bolivia (SEPEBOL-2) donde participen todos los departamentos del país, con una muestra significativamente superior y grupos poblacionales similares, analizando por separado a población con factores de riesgo y patologías de base

que puedan conllevar a una mayor mortalidad.

CONCLUSIÓN

Ambos criterios utilizados para definir sepsis en pediatría demostraron su utilidad, sin embargo el uso del score qSOFA dada a su estrecha relación con la mortalidad puede emplearse para mejorar el reconocimiento de la sepsis, decidir una referencia más temprana hacia un hospital pediátrico y/o la interconsulta con UTIP anticipando alteraciones orgánicas potencialmente mortales.



REFERENCIAS

1. Sepsis - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (2018). Retrieved July 7, 2022, from Paho.org website:
<https://www.paho.org/es/temas/sepsis>
2. Ampuero A., C., Arriagada S., D., & Donoso F., A. (2021). Hitos históricos para el control de las infecciones graves y la sepsis en pediatría. Aproximación a través de la filatelia médica. *Andes Pediatrica*, 92(3), 455.
<https://doi.org/10.32641/andespediatr.v92i3.3476>
3. Rudd, K. E., Johnson, S. C., Agesa, K. M., Shackelford, K. A., Tsoi, D., Kievlan, D. R., ... Lozano, R. (2020). Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*, 395(10219), 200–211.
[https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)32989-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)32989-7)
4. Khwannimit, B., Bhurayanontachai, R., & Vattanavanit, V. (2018). Comparison of the performance of SOFA, qSOFA and SIRS for predicting mortality and organ failure among sepsis patients admitted to the intensive care unit in a middle-income country. *Journal of Critical Care*, 44, 156–160.
<https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2017.10.023>
5. April, M. D., Aguirre, J., Tannenbaum, L. I., Moore, T., Pingree, A., Thaxton, R. E., ... Lantry, J. H. (2017). Sepsis Clinical Criteria in Emergency Department Patients Admitted to an Intensive Care Unit: An External Validation Study of Quick Sequential Organ Failure Assessment. *The Journal of Emergency Medicine*, 52(5), 622–631.
<https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2016.10.012>
6. Caracterización de la sepsis en las UTI de adultos en hospitales del eje central de bolivia 2016-2019 [consultado 2021 Jun 5]. Disponible en:
https://www.jica.go.jp/bolivia/espanol/office/others/c8h0vm0000f8w9wwatt/publication_04.pdf
7. Olmos, R., Diaz Villalobos, W., & Cossio, N. (2016). Déficit de base y depuración del lactato en el paciente pediátrico con sepsis. *Gac Med Bol*, 39(2), 79–82. Retrieved from
<http://www.scielo.org.bo/pdf/gmb/v39n2/v39n2a4.pdf>
8. Singer, M., Deutschman, C. S., Seymour, C. W., Shankar-Hari, M., Annane, D., Bauer, M., ... Angus, D. C. (2016). The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock



(Sepsis-3). JAMA, 315(8), 801.

<https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>

9. Matics, T. J., & Sanchez-Pinto, L. N. (2017). Adaptation and Validation of a Pediatric Sequential Organ Failure Assessment Score and Evaluation of the Sepsis-3 Definitions in Critically Ill Children. JAMA Pediatrics, 171(10), e172352.

<https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.2352>

10. Neira-Sanchez, E. R., & Málaga, G. (2016). Sepsis-3 y las nuevas definiciones, ¿es tiempo de abandonar SIRS? Acta Médica Peruana, 33(3), 217–222. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172016000300008

11. Weiss, S. L., Peters, M. J., Alhazzani, W., Agus, M. S. D., Flori, H. R., Inwald, D. P., ... Deep, A. (2020). Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Septic Shock and Sepsis-Associated Organ Dysfunction in Children. Pediatric Critical Care Medicine, 21(2), e52–e106.

<https://doi.org/10.1097/pcc.00000000000002198>

12. Carcillo, J. A., Halstead, E. S., Hall, M. W., Nguyen, T. C., Reeder, R., Aneja, R., ... Simon, D. (2017). Three Hypothetical

Inflammation Pathobiology Phenotypes and Pediatric Sepsis-Induced Multiple Organ Failure Outcome*. Pediatric Critical Care Medicine, 18(6), 513–523. <https://doi.org/10.1097/pcc.000000000000001122>

13. Duarte, A., & Bracho, S. (n.d.). USEFULNESS OF THE QUICK-SOFA SCORE IN THE DIAGNOSIS OF SEPSIS IN PEDIATRIC PATIENTS. SERVICIO DESCONCENTRADO HOSPITAL PEDIÁTRICO DR. AGUSTÍN ZUBILLAGA Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional. Retrieved from <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/09/1121152/duarte-et-al.pdf>

14. Acosta, I., Vera, R., & Ortega Filartiga, Edgar. (2020). Características clínicas de la sepsis en niños internados en el Departamento de Pediatría del Hospital Nacional de Itauguá en el período 2017 al 2018. Rev. Cient. Cienc. Salud, [43- 50]. Retrieved from <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1291918>

15. Elías Melgen, R., Contreras, C., & Díaz Rodríguez, C. (2020). Comportamiento de la mortalidad en el hospital infantil Dr. Robert Reid Cabral, Santo Domingo, República Dominicana, periodo 2013- 2017. Ciencia Y Salud, 4(1),



49–55.

<https://doi.org/10.22206/cysa.2020.v4i1.pp49-55>

16. Sankar, J., Dhochak, N., Kumar, K., Singh, M., Sankar, M. J., & Lodha, R. (2019). Comparison of International Pediatric Sepsis Consensus Conference Versus Sepsis-3 Definitions for Children Presenting With Septic Shock to a Tertiary Care Center in India. *Pediatric Critical Care Medicine*, 20(3), e122–e129. <https://doi.org/10.1097/pcc.0000000000001864>

17. Vista de Características epidemiológicas y clínicas de los pacientes con sepsis en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. (2022). Retrieved July 7, 2022, from [Revistaspp.org website: https://www.revistaspp.org/index.php/pediatria/article/view/111/110](https://www.revistaspp.org/index.php/pediatria/article/view/111/110)

18. Orive, P. (2019). Identificación de un panel de marcadores proteicos en la fase inicial de la sepsis y su validación en una cohorte de pacientes pediátricos con sepsis grave. *Addi.ehu.es*. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/10810/33083>

19. Mohamed El-Mashad, G., Said El Mekkawy, M., & Helmy Zayan, M. (2020). La escala pediátrica de evaluación del fallo multiorgánico secuencial (pSOFA):

una nueva escala de predicción de la mortalidad en la unidad de cuidados intensivos pediátricos. *Anales de Pediatría*, 92(5), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2019.05.018>

20. Cristina, A. (2018). Factores asociados a mortalidad en niños referidos al Hospital Universitario de Los Andes. *Bdigital2.Ula.ve*. <https://doi.org/http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/654321/5164>

21. Zepeda, M., Heriberto, Guerrero, V., Alfredo, C., José, E., Cruz, S., ... Cruz, S. (2016). Validación de la “escala evaluación de fallo orgánico secuencial” (SOFA) con modificación del componente cardiovascular en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital San Ángel Inn Universidad. *Medicina Crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*, 30(5), 319–323. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-89092016000500319&script=sci_arttext

22. Olivares, P., Zepeda, M., Alfredo, C., Heriberto, Guerrero, V., Suárez, C., ... Suárez, C. (2017). 200 días de qSOFA, detección temprana de sepsis y disminución del riesgo. *Medicina Crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*,



31(5), 265–267. Retrieved from
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-89092017000500265&script=sci_arttext)

[89092017000500265&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-89092017000500265&script=sci_arttext)

23. Finkelsztejn, E. J., Jones, D. S., Ma, K. C., Pabón, M. A., Delgado, T., Nakahira, K., ... Siempos, I. I. (2017). Comparison of qSOFA and SIRS for predicting adverse outcomes of patients with suspicion of sepsis outside the intensive care unit. *Critical Care*, 21(1).
<https://doi.org/10.1186/s13054-017-1658-5>

24. Schlapbach, L. J., Straney, L., Bellomo, R., MacLaren, G., & Pilcher, D. (2017). Prognostic accuracy of ageadapted SOFA, SIRS, PELOD-2, and qSOFA for in-hospital mortality among children with suspected infection admitted to the intensive care unit. *Intensive Care Medicine*, 44(2), 179–188.
<https://doi.org/10.1007/s00134-017-5021-8>

25. Sprung, C. L., Sakr, Y., Vincent, J.-L., Le Gall, J.-R., Reinhart, K., Ranieri, V. M., ... Payen, D. (2006). An evaluation of systemic inflammatory response syndrome signs in the Sepsis Occurrence in Acutely ill Patients (SOAP) study. *Intensive Care Medicine*, 32(3), 421–427.
<https://doi.org/10.1007/s00134-005-0039-8>

Tratamientos Coadyuvantes para el Trastorno Bipolar



D.36. Salud Humana

Tratamientos Coadyuvantes para el Trastorno Bipolar

Autor: Bogado Granada, Maria Paz; mariapazbg2000@gmail.com

Co-autor: Páez Díaz, Aracely Leticia; aracelypaez89@gmail.com

Profesor guía: Acuña D`Oliveira, Héctor; hecadol@gmail.com

Universidad Nacional de Itapúa (UNI)

Resumen

El Trastorno Bipolar (en adelante TB) es considerada como una patología crónica, en la cual el individuo puede atravesar un estado de severidad o disfuncionalidad. Algunas personas sufren el trastorno de distinta manera, presentando depresiones severas y otros con episodios de manía; también con alteraciones del ritmo circadiano, cognición, percepción y del comportamiento. El presente trabajo tiene como objetivo general describir los tratamientos coadyuvantes para el TB; como objetivos específicos, identificar los tratamientos coadyuvantes más eficaces para el TB, indicar tratamientos coadyuvantes más pertinentes en las diferentes fases del TB y reconocer la importancia del trabajo interdisciplinario en el tratamiento del TB. Para ello, se realizó la búsqueda de la literatura en la base de datos CICCOC, como criterio de inclusión se ha tenido en cuenta que esté presente el texto completo, en los idiomas inglés y español, donde se han obtenido 72

artículos, quedando para su análisis de texto completo 15 de los mismos. El enfoque de la investigación es de tipo cualitativo, de diseño documental – bibliográfico. Los resultados obtenidos arrojan que las terapias psicológicas como tratamientos coadyuvantes de la farmacología, presentan mejoría en el paciente y pueden ser administradas en diferentes contextos. Las más eficaces son la psicoeducación, la terapia grupal, terapia familiar y multifamiliar, terapia cognitiva conductual y la terapia interpersonal y del ritmo social. Contribuyen a la prevención de recaídas y comparten distintos elementos terapéuticos. Es importante que el personal de salud, los pacientes y sus familiares reciban informaciones fidedignas sobre herramientas para tratar el Trastorno Bipolar.

Palabras Clave: trastorno bipolar, tratamiento coadyuvante.



Introducción

El trastorno afectivo bipolar es una enfermedad de estado de ánimo, puede manifestarse de forma recurrente y crónica, con sintomatología depresiva, de manía o hipomanía, en algunos casos con la combinación de ambos (Ramírez Vargas, Arias Leal, & Madrigal Zamora, 2020). Está asociado con altas tasas de morbilidad y mortalidad, afectando al 1 – 5% de la población aproximadamente (Tondo, 2014). Según García Blanco, Pilar, & Livianos (2014), el trastorno bipolar I se presenta con mayor porcentaje en hombres en una edad promedio de 23 años; en cambio el trastorno bipolar II en mujeres entre los 30 años.

En estas dos principales tipologías, pueden presentarse episodios de manía y depresivas con una duración de entre 4 a 13 meses, suele ser más larga el estado de depresión si se toma en cuenta con los de excitación, a la par puede aparecer alteración del ritmo circadiano, la cognición, la percepción y del comportamiento (Cabrera, 2018).

Como menciona Tondo (2014), en los episodios depresivos se pueden presentar astenia y malhumor con mantenimiento de funciones sociales; en la que el paciente no sale de la cama, no come, no habla y hasta manifestaciones de síntomas psicóticos.

Los episodios que involucran excitación, varían desde un ascenso de placer del humor, no necesariamente llega a comprometer las actividades cotidianas del individuo, hasta el episodio maniaco grave que puede ir acompañado o no de síntomas psicóticos. A raíz de estos grandes cambios, se ha podido postular a este trastorno como un espectro con síndromes que pueden ir desde la ciclotimia hasta episodios esquizoafectivos. Teniendo en cuenta la duración de los síntomas, que pueden ir de horas, semanas y hasta años, los distintos componentes afectivos pueden presentar variaciones con síndromes que pueden ir desde la ciclotimia hasta episodios esquizoafectivos y es por ello que resulta raro los estados de depresión o manía únicos. Según el DSM – 5, son predictores de una ciclación rápida, la manifestación de un número superior a cuatro episodios de igual o diferente polaridad en un año. La misma secuencia de episodios pueden presentarse con un episodio de elevación del estado de humor seguido de uno depresivo, o al contrario; incluso como una ciclación continua, incluyendo la ciclación rápida o completamente irregular (García Blanco, Pilar, & Livianos, 2014).

Los estados de manía y depresión suponen los dos extremos del espectro del humor como se puede observar en la figura 1.

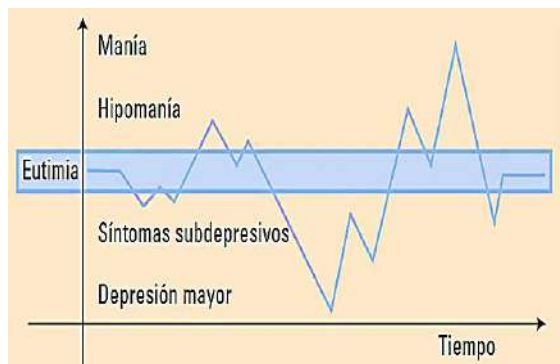


Fig. 1. Representación gráfica de los estados de ánimo a lo largo de la vida. (Arrieta & Molero Santos, 2019)

La eutimia se encuentra entre los episodios de manía y depresión, comprende la fase de "normalidad". En esta fase, el individuo no presenta síntoma y con la medicación correcta, puede llevar su vida en un estado de serenidad.

Las personas padecen el TB de diferentes formas, existen casos que presentan depresión severa con episodios de euforia más leves, otros manifiestan episodios maníacos más preocupantes y otra parte de las personas pueden alternar diferentes estados de ánimo o detenerse en alguna de las fases durante varios meses. En la Tabla 1 se pueden apreciar los subtipos del trastorno bipolar según el DSM - 5.

Tabla 1 - Subtipos de Trastorno Bipolar según el DSM - 5

Subtipos de Trastorno Bipolar

- Episodio maniaco de al menos 7 días.
 - Grandeza
 - Menos sueño
 - Verborrágico
 - Fuga de ideas
 - Distractibilidad
 - Aumento de actividad (social, sexual, laboral)
- Tipo I**
 - Actividades peligrosas excesivas.
 - Causa gran deterioro social o laboral. Puede requerir internación para evitar daños.
 - No atribuible a sustancia u otra afección médica.
 - Puede haber existido antes o después Episodio Depresivo Mayor o Episodio Hipomaniaco.
 - Episodio Hipomaniaco más Episodio Depresivo Mayor.
 - Estado de ánimo anormalmente elevado y expansivo de al menos 4 días, con por lo menos 3 de los siguientes síntomas:
 - Grandeza
 - Menos sueño
 - Verborrágico
 - Fuga de ideas
 - Distractibilidad
 - Aumento de actividad (social, sexual, laboral)
 - Actividades peligrosas excesivas
 - Cambio inequívoco de la conducta.
 - Visto por otros.
 - No causa gran deterioro social o laboral. No requiere internación para evitar daño.
 - No atribuible a sustancias u otra afección médica.
- Tipo II**
 - Actividades peligrosas excesivas
 - Cambio inequívoco de la conducta.
 - Visto por otros.
 - No causa gran deterioro social o laboral. No requiere internación para evitar daño.
 - No atribuible a sustancias u otra afección médica.

Tomada del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, 5ta edición.

Por lo general, menciona Cabrera (2018) que el TB puede desarrollarse de forma temprana en el ciclo evolutivo, aunque la presencia de los primeros síntomas y la instauración del diagnóstico y del tratamiento pueden demorarse varios años, provocando un deterioro a nivel biopsicosocial y un desconocimiento



general de la enfermedad. Es importante que pueda aplicarse un tratamiento precoz a modo de evitar estas circunstancias. Del mismo modo, según el estudio publicado por Frías, Palma, & Farriols (2015), el 55-60% de los pacientes en etapa adulta con TB, empiezan con las primeras manifestaciones durante la infancia o adolescencia, con frecuencia exhibiendo formas subliminales del trastorno. Los mismos autores afirman que la permanencia del TB en la etapa adulta temprana conduce a un empobrecimiento en el ámbito académico y un mayor número de conflictos interpersonales; es por ello que la reducción de los factores de riesgo y de las sintomatologías tempranas de bipolaridad pueden beneficiar en la probabilidad de un buen pronóstico a largo plazo.

Por más que ha habido grandes avances en el tratamiento farmacológico del TB, muchos pacientes necesitan complementar con tratamientos coadyuvantes. Como afirma la guía clínica de la American Psychiatric Association (APA) (1994), actualmente no existe cura para el TB, aunque sí tratamientos que ayudan a bajar el porcentaje de la morbilidad y mortalidad asociadas a dicho trastorno. Los tratamientos coadyuvantes tienen por objetivo disminuir la periodicidad, severidad y efectos de los episodios en todas las áreas del individuo y buscan mejorar el funcionamiento

psicológico entre los cambios en el estado de ánimo que comprende este trastorno. En la actualidad, como afirma Frías et al (2015), para situaciones de vulnerabilidades psicológicas, de estrés en el ámbito familiar y para los conflictos interpersonales que contribuyen negativamente en la fase inicial del trastorno, pueden contarse con las terapias psicosociales que se han propuesto ser un medio de abordaje.

El litio es erróneamente considerado como la solución absoluta para el TB (Becoña & Lorenzo, 2001). En gran medida es ayuda, pero no en definitiva para este trastorno. Además, algunos expertos mencionan el declive en la efectividad del litio en las últimas cuatro décadas, en parte es debido a la baja adherencia a la medicación y de la educación del paciente que en pocas ocasiones asume el curso de la enfermedad (García Blanco, Pilar, & Livianos, 2014), puede deberse también a la relación con otros trastornos como el trastorno por abuso de sustancias (Strakowski & DelBello, 2000). Por ello la revisión de Becoña & Lorenzo (2001) concluye que "es claro que la farmacoterapia sola no permite cubrir las necesidades de muchos pacientes bipolares. Incluso con una adecuada medicación, muchos pacientes fracasan en conseguir una completa recuperación de los episodios agudos y manifiestan déficits



sintomáticos y funcionales durante el período interepisodios”.

Las limitaciones sobre la eficacia de la terapia farmacológica ha llevado a la realización de investigaciones sistemáticas sobre el papel de los estresantes medioambientales y el papel que cumplen los tratamientos psicosociales coadyuvantes en el curso del trastorno (Miklowitz, 2016).

En el tratamiento se requiere una evaluación minuciosa del episodio que presenta el paciente y de su desarrollo.

Para una indicación pertinente sobre el tratamiento más adecuado, es importante tener conocimiento sobre la cantidad de episodios que se han manifestado anteriormente, la polaridad predominante, la duración y la gravedad, así también sobre la duración de la remisión interepisódica y el intervalo de tiempo desde la última recaída (Tondo, 2014).

Afirma Tondo (2014) que llegan frecuentemente en consultorio casos en el que se encuentran en el curso de un episodio agudo de depresión, manía, o un estado mixto, en cambio en menor medida llegan paciente que se encuentran en episodio de hipomanía. Actualmente los fármacos que se han utilizado para el

tratamiento del TB son los estabilizadores del estado de ánimo, entre ellos se pueden mencionar al carbonato de litio, valproato, lamotrigina y carbamazepina, y antipsicóticos de segunda generación: Risperidona, olanzapina, quetiapina, ziprasidona y aripiprazol.

En la última década, los tratamientos psicológicos o las intervenciones psicosociales, han evolucionado para el abordaje del TB, en la actualidad se consideran imprescindibles para la mejoría del paciente en varios aspectos de su vida (Becoña & Lorenzo, 2001).

Las distintas intervenciones, como mencionan Becoña & Lorenzo (2001), se han orientado básicamente a aumentar la adherencia a la medicación, a disminuir la tasa de hospitalización y de recaídas, también a apuntar en la mejora de calidad de vida en los pacientes con TB.

El Trastorno Afectivo Bipolar es discutido internacionalmente en el ámbito de la psiquiatría considerándose como una problemática en la salud global con repercusiones desde el punto de vista sanitario, económico, personal y familiar (Martínez Hernández & Betancourt Izquierdo, 2019).

Los componentes claves en el tratamiento psicológico serían los de psicoeducación, mejorar la adherencia a la medicación, terapia individual cognitiva-conductual o interpersonal y terapia marital o familiar (Becoña & Lorenzo, 2001).

Objetivos

Generales

- Describir los tratamientos coadyuvantes para el Trastorno Bipolar.

Específicos

- Identificar los tratamientos coadyuvantes más eficaces para el Trastorno Bipolar.
- Indicar tratamientos coadyuvantes más pertinentes en las diferentes fases del Trastorno Bipolar.
- Reconocer la importancia del trabajo interdisciplinario en el tratamiento del Trastorno Bipolar.

Materiales y Métodos

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista (2014), el enfoque de la investigación es de tipo cualitativo, de diseño documental – bibliográfico.

La búsqueda de literatura se llevó a cabo en la base de datos CICCOC, en el período comprendido entre los años 2000 al 2020. En esta primera fase se trabajó deductivamente, utilizando las palabras clave “Trastorno Bipolar, tratamiento coadyuvante”

Para determinar los estudios relevantes, se utilizaron los siguientes criterios de inclusión: el texto completo del artículo de

investigación debía estar disponible en español o inglés.



Figura 2. Proceso de Toma de decisiones

Resultados y Discusión

Anteriormente, las personas diagnosticadas con TB no eran compatibles para utilizar las terapias psicológicas como tratamiento coadyuvante. La Organización Médica Colegial de España (2008) menciona los modelos etiológicos dominantes sobre factores biológicos y genéticos, ambos han prevalecido en investigaciones clínicas; es por ello que la medicación ha sido constituida como válida para el tratamiento en pacientes con TB. Siguiendo con los autores mencionados, es importante recalcar que todos los pacientes bipolares experimentaban una recuperación

interepisódica completa y retornaban a sus niveles de funcionamiento premórbido intactos, y eran considerados como peores candidatos para la psicoterapia debido a su falta de introspección y excesiva dependencia.

Tabla 2 - Psicoeducación en el TB

Autor – Año	Conclusión
(Becoña & Lorenzo, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar en fase eutímica, ya que el paciente será capaz de comprender y retener la información. • Pueden ser beneficiados los pacientes que presentan episodio leve de depresión • Aumenta la adherencia a la medicación y otros elementos del tratamiento.
(Cabrera, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye la duración de los estados maníacos, hipomaniacos, mixtos y depresivos. • Mejoras de recaídas. • Disminución de la readmisión hospitalaria y el número de días de hospitalización.

Elaboración propia a partir de revisión de la literatura científica

La psicoeducación como tratamiento adyuvante ha mostrado resultados alentadores tanto en el trastorno bipolar I como en el trastorno bipolar II y en una amplia gama de objetivos terapéuticos (Cabrera, 2018). Los estudios realizados por Cabrera (2018) demuestran que la psicoeducación aumenta la adherencia a la medicación y otros elementos del tratamiento y reduce el tiempo que se pasa en episodios maníacos, hipomaniacos, mixtos y depresivos. Además, contribuye al

aumento de las percepciones de control y una reducción de la autoestima.

Idealmente, la psicoeducación debe ser entregada cuando los pacientes son eutímicos y son más capaces de comprender y retener la información; sin embargo, los pacientes con un episodio depresivo leve también pueden beneficiarse (Becoña & Lorenzo, 2001). La Psicoeducación es una técnica que ha demostrado eficacia clínica para el TB y posee mayor efectividad cuando el individuo se encuentra en la fase eutímica. Los componentes necesarios para un buen tratamiento psicológico serían los de psicoeducación, terapia individual cognitiva-conductual o interpersonal y terapia marital o familiar (Cabrera, 2018).

Psicoeducar no se basa solamente en informar sobre la enfermedad a los pacientes y familiares, sino que también en el modelo médico biopsicosocial y brinda un acercamiento teórico y práctico hacia la comprensión y el afrontamiento de las consecuencias de la enfermedad. Gracias a sesiones periódicas que se imparten a un grupo reducido de pacientes, se trata de fortalecer la alianza terapéutica de modo que éstos pasen a convertirse en colaboradores activos en el manejo de su enfermedad. No solamente está indicada para pacientes de mala evolución y con mala conciencia de enfermedad, sino que es una terapia útil incluso para aquellos que no tienen problemas de adherencia y,



puede conformar un modelo triangular basado en estilos de vida regulares y hábitos sanos, detección de síntomas prodrómicos e intervención temprana y cumplimentación terapéutica (Organización Médica Colegial de España, 2008). Un estudio reciente realizado por Figueroa (2002) analizaba los problemas y dificultades con los que se encontraban los pacientes bipolares, señalaba que en todos ellos el ambiente familiar aparece como el lugar donde los pacientes experimentan los mayores problemas.

Se percibe especialmente la estigmatización y el rechazo, lo que resalta la importancia de mejorar la información y las intervenciones psicoeducativas a nivel familiar para evitar un clima hostil. Por todo ello, una nueva meta en la atención global al paciente bipolar, debería proporcionar también a sus familiares la posibilidad de ser incluidos en grupos psicoeducativos (Organización Médica Colegial de España, 2008).

El racional en este abordaje consiste en que los pacientes aprendan sobre la enfermedad, puedan desarrollar estrategias para la prevención de

recaídas, a la adherencia al tratamiento y para el manejo de la enfermedad; para que puedan encontrarse en un estado óptimo por mayor tiempo (Miklowitz, 2016).

Como cita Miklowitz (2016) "La acción de la psicoeducación parece ir más allá de la mejora del cumplimiento y puede respaldar un modelo de trípode compuesto por regularidad en el estilo de vida y hábitos saludables, detección temprana de signos prodrómicos seguida de una pronta intervención farmacológica y finalmente cumplimiento del tratamiento".

Rodríguez, López Pell, & Fagnani (2014) afirman que existen estudios que hacen referencia sobre la mejoría en la calidad de vida de los sujetos con TB que acuden a grupos psicoeducativos, a corto plazo mejoran, presentando satisfacción en general y en el funcionamiento físico, mientras que las modificaciones en el trabajo y funcionamiento social han demostrado resultados más lentos.

Tabla 3 - Terapia Grupal en el TB

Autor – Año	Conclusión
(Miklowitz, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Puede respaldar un modelo de trípode compuesto por regularidad en el estilo de vida y hábitos saludables, detección temprana de signos prodrómicos seguida de una pronta intervención farmacológica y finalmente cumplimiento del tratamiento. • El objetivo consiste en la disminución del número de recaídas del paciente.
(Rodríguez, López Pell, & Fagnani, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar herramientas para el manejo de la enfermedad al paciente, contribuyendo a una calidad de vida en el mismo y su entorno.

Elaboración propia a partir de revisión de la literatura científica.

Tal y como mencionan Frías, et al (2015), la terapia de grupo es una forma psicoterapia en la cual un grupo se reúne, tutelado por un psicoterapeuta profesional, para ayudarse mutuamente e individualmente a la vez. La terapia grupal muestra una eficacia en pacientes con TB, especialmente, en situaciones de fracaso matrimonial, escasa interacción familiar o la necesidad de hospitalización.

Como menciona Coryell (2020), la sesión de terapia de grupo suele durar de 75 a 90 minutos y se realiza entre un número reducido de personas.

Tabla 4 - Terapia Familiar y Multifamiliar en el TB

Autor – Año	Conclusión
(Miklowitz, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Enfatiza estrategias de regulación emocional en el paciente y mejorar la comunicación interpersonal al afrontar conflictos.
(Frías, Palma, & Farriols, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> • El tratamiento de la terapia familiar se compone de 3 módulos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Psicoeducación. 2. Entrenamiento para mejorar la comunicación. 3. Habilidades de resolución de conflictos.

Elaboración propia a partir de revisión de la literatura científica.

Las terapias centradas en la familia se orientan en las estrategias para regular las emociones y a mejorar la comunicación interpersonal al afrontar conflictos. Le ayuda al paciente a desarrollar la habilidad de escucha reflexiva y pedir ayuda en su entorno (Miklowitz, 2016).

Como mencionan Frías et al (2015), la TF abarca al paciente y a los padres o parientes más directos, podrían ser hermanos entre otros, de quienes vivan y tengan la responsabilidad de su cuidado, la terapia se lleva a cabo en 21 sesiones durante 9 meses y en general empieza durante el periodo de recuperación post episodio depresivo o (hipo) maníaco.

Frías et al (2015), proponen que el tratamiento se compone de 3 módulos: i) “psicoeducación” para dar sentido a la experiencia con los síntomas, reconocer

las señales prodrómicas (a través de autorregistros del sueño y gráficos diarios de oscilaciones anímicas), aceptar la necesidad de medicamentos eutimizantes, y discriminar qué comportamientos son impulsados por la personalidad y cuáles por el trastorno bipolar; ii) “entrenamiento para mejorar la comunicación” a través de juegos de roles para disminuir las interacciones aversivas y fomentar la escucha activa, dando feedback negativo constructivo y haciendo peticiones positivas para el cambio; (iii) “habilidades de resolución de problemas” para aprender estrategias de afrontamiento y prevención ante los acontecimientos estresantes que pueden desencadenar cambios de humor.

La terapia familiar está centrada en la familia y en los grupos de cuidadores brinda habilidades para el manejo de la enfermedad, en la detección precoz de los pródromos. Además de centrarse en la adherencia a la medicación, en las habilidades para la comunicación y resolución de problemas (Miklowitz, 2016).

La poca conciencia que poseen los individuos con TB se relaciona con un gran número de recaídas que son consecuencia de una mala adherencia

al tratamiento. Por lo tanto, la identificación de los síntomas prodrómicos del TB puede mejorar tanto el insight como el curso de la enfermedad (Frías, Palma, & Farriols, 2015).

Algunos pacientes con TB tienen tendencias más pesimistas en las fases depresivas y demasiado optimistas en las fases maníacas o hipomaníacas de la enfermedad, estas tendencias de pensamiento son la diana de las estrategias de reestructuración cognitiva. (Martínez Hernández & Betancourt Izquierdo, 2019). Como menciona Miklowitz (2016), el objetivo de la TCC es alterar las cogniciones y conductas que interfieren la adherencia del litio.

Tabla 5 - Terapia Cognitiva Conductual en el TB

Autor – Año	Conclusión
(Miklowitz, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Más efectiva entre los pacientes recuperados y menos recurrentes que entre los pacientes severamente enfermos y altamente recurrentes.
(Chávez León, Benitez Camacho, & Ontiveros Uribe, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Provee al paciente una estructura sólida que favorecerá su bienestar mediante herramientas. • Ayuda al manejo del estrés y la solución de los conflictos relacionales.

Elaboración propia a partir de revisión de la literatura científica.

La Terapia Cognitiva Conductual puede ser más efectiva entre los pacientes recuperados y los menos recurrentes que entre quienes tienen un índice mayor de recurrencia y se encuentran muy enfermos, los efectos de la TCC sobre los resultados del estado de depresión parecían ser más preponderante que sobre los de manía, excepto cuando el objetivo del tratamiento era la cumplimentación de la medicación (Chávez León, Benitez Camacho, & Ontiveros Uribe, 2014).

Como mencionan Chávez León, Benitez Camacho, & Ontiveros Uribe (2014), las estrategias de la TCC permiten, además, disminuir el efecto de los eventos ambientales estresantes en el paciente al brindarle apoyo en la toma de decisiones, en el manejo del estrés y la solución de los problemas en las relaciones, facilita la adherencia terapéutica, disminuye las recaídas y ayuda a la persona a manejar las consecuencias psicosociales de la enfermedad, su depende en mucho de la solidez de la alianza terapéutica.

Afirman Frías, et al (2015) que los sujetos con TB muestran déficits cognitivos en la cognición social y memoria de trabajo, las cuales impiden un desarrollo adecuado

en los entornos sociales, familiares y académicos, en última instancia, estas alteraciones emocionales y cognitivas son reforzadas y mantenidas por las reacciones negativas de los grupos de iguales y del entorno familiar, se necesitan intervenciones psicológicas dirigidas a abordar estas alteraciones cognitivas y emocionales con el fin de mejorar la sintomatología y la funcionalidad de los sujetos con TB.

Tabla 6 - Terapia Interpersonal y del Ritmo Social en el TB

Autor – Año	Conclusión
(Frías, Palma, & Farriols, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> El deterioro del sueño influye en el mantenimiento (recaídas) y en el inicio (marcador precoz) del TB. Resolver los problemas personales clave con el fin de estabilizar los ritmos sociales.
(Miklowitz, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> Regular las rutinas de los pacientes para identificar los acontecimientos que provocan cambios en esas rutinas.

Elaboración propia a partir de revisión de la literatura científica.

Otro tratamiento coadyuvante para el TB es la terapia interpersonal y del ritmo social (IPSRT) fue desarrollada por Frank et al. (1994). Según Cabrera (2018), el enfoque de terapia interpersonal y del ritmo social, es una adaptación de la psicoterapia interpersonal para la depresión y deriva de dos observaciones: el trastorno bipolar se asocia a menudo con un pobre funcionamiento interpersonal, especialmente durante las fases



depresivas; y las interrupciones de los ciclos sueño/vigilia pueden precipitar episodios maníacos.

La IPSRT se orienta a ayudar a los pacientes a maximizar la regularidad de sus ritmos cotidianos, adherirse al régimen de medicación, manejar mejor los síntomas afectivos y resolver los problemas interpersonales que se relacionan con el consumo y persistencia de un episodio afectivo (Becoña & Lorenzo, 2001).

Consecuentemente, la IPSRT tiene dos principales objetivos, en primer lugar, resolver los inconvenientes personales que guardan relación con la pena, controversias, conflictos o déficits interpersonales y en segundo lugar pretende lograr la regulación de los ritmos sociales. Es decir, poder instruirle al paciente en los horarios en el que debe levantarse, dormirse y realizar actividades físicas; así también cuando estar activo en el ámbito social.

Inicia durante el periodo post episodio, a los pacientes se les brinda herramientas de regulación en rutinas diarias y en ciclos de sueño/vigilia; además de ayudarlo a identificar las situaciones que podrían provocar

cambios en esas rutinas. Ejemplo: cambios en el horario laboral (Miklowitz, 2016).

Estudios prospectivos realizados por Frías, et al (2015) han encontrado que el deterioro del sueño desempeña un papel importante tanto en el mantenimiento (recaídas) como en el inicio (marcador precoz) del TB.

Conclusión

Diversos autores han mencionado que la combinación de la farmacoterapia con la psicoterapia brinda un mejor pronóstico a la hora de tratar al Trastorno Bipolar. La psicoterapia tiene mayor eficacia en la fase de eutimia como tratamiento coadyuvante. Entre los tratamientos coadyuvantes más eficaces para el TB se pueden mencionar la psicoeducación, la terapia grupal, terapia familiar y multifamiliar, terapia cognitiva conductual y por último la terapia interpersonal y del ritmo social.

Es esencial la aplicación de un tratamiento precoz para el trastorno bipolar compuesto de una terapia farmacológica acompañada de terapia psicológica. La psicoeducación pretende brindar al paciente, sus familiares y a la sociedad en general, herramientas para que puedan comprender y afrontar mejor el trastorno y sus consecuencias. El enfoque psicoeducativo intenta reducir el tiempo que pasa el paciente en los diferentes episodios del trastorno creando conciencia de la enfermedad, potenciando



la adherencia al tratamiento, contribuyendo al entrenamiento de la detección precoz y el manejo de los pródromos. También fomentando hábitos saludables, evitando las conductas de riesgo tales como el consumo de sustancia y la regularización de hábitos y manejo del estrés y contribuye a mejorar las tasas de recaídas. El objetivo de la psicoeducación no solo se basa en informar al paciente con TB acerca de la enfermedad que padece, sino que pueda comprender y afrontar las consecuencias de su enfermedad. Asimismo, la terapia grupal ayuda al paciente a conocerse a sí mismo y mejorar sus relaciones interpersonales ya que puede centrarse en los problemas de depresión, ansiedad y soledad. Debido a la estigmatización y el rechazo que existe hacia las personas con trastornos mentales, en especial los bipolares se hace necesaria la incorporación de la familia como agente activo en el proceso terapéutico del paciente, es por ello, que la terapia familiar y multifamiliar adquieren vital importancia en dicho proceso, especialmente en las fases de hipomanía y depresión brindándoles estrategias de afrontamiento que optimicen el manejo de la enfermedad y la reducción del estrés. Estas intervenciones pueden ser administradas en diferentes contextos, en casos de hospitalización, en los hogares, o centros de salud mental. La terapia Cognitiva Conductual se basa en la presencia de la

interacción entre los pensamientos, emociones y conducta, es decir, la forma de pensar de cierta manera condiciona cómo las personas sienten y actúan. Esta terapia es estructurada y limitada en el tiempo y se basa en técnicas de reestructuración cognitiva, modificación de estilos de afrontamiento y resolución de problemas. Ha demostrado tener mayor efectividad entre los pacientes recuperados y los menos recurrentes que entre quienes tienen un índice mayor de recurrencia y se encuentran muy enfermos, posee mayor eficacia en episodios maníacos cuando el objetivo del tratamiento no está relacionado a la medicación y ayuda a disminuir las recaídas y manejar las consecuencias psicosociales de la enfermedad. La terapia interpersonal y del ritmo social remarca la importancia del impacto que poseen los factores psicosociales en los ritmos sociales y circadiano, que poseen efectos sobre los episodios afectivos. Mediante estrategias tales como la automonitorización y la programación gradual de tareas busca ayudar a los pacientes a que puedan adherirse a la medicación y a resolver los problemas interpersonales que guardan relación con problemas afectivos. Las técnicas mencionadas son aplicadas en el periodo en que se le brinda al paciente estrategias de regulación sobre el ciclo de sueño – vigilia, de las rutinas y a identificar factores



que puedan estar perturbando en el proceso, esto sería en el periodo post episodio. Es importante que los personales de salud (ya sean médicos, enfermeros o terapeutas), pacientes y sus familiares reciban informaciones fidedignas sobre herramientas para tratar el Trastorno Bipolar.

Bibliografía

- American Psychiatric Association (APA). (1994). Practice guideline for the treatment of patients with bipolar disorder. *American Journal of Psychiatry*, 1-36.
- Arrieta, M., & Molero Santos, P. (2019). Trastorno bipolar. *Departamento de Psiquiatría y Psicología Médica*, 12(56), 2052-2066.
- Becoña, E., & Lorenzo, M. (2001). Tratamientos psicológicos eficaces para el trastorno bipolar. *Psicothema*, 511-522.
- Cabrera, J. (2018). Psicoeducación en trastorno bipolar. *Psiquiatría y Salud Mental*, 196-206.
- Chávez León, E., Benitez Camacho, E., & Ontiveros Uribe, M. P. (2014). La terapia cognitivo conductual en el tratamiento de la depresión del trastorno bipolar tipo I. *Salud Mental*.
- Coryell, W. (2020). Tratamiento farmacológico de los trastornos bipolares. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 114-121.
- Figueroa, G. (2002). Psicoterapia y farmacoterapia en el tratamiento del trastorno bipolar. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 77-95.
- Frías, Á., Palma, C., & Farriols, N. (2015). Intervenciones psicosociales en el tratamiento de los jóvenes diagnosticados o con alto riesgo para el trastorno bipolar pediátrico: una revisión de la literatura. *Revista de Psiquiatría y Salud Mental*, 146-156.
- García Blanco, A., Pilar, S., & Livianos, L. (2014). Nosología, epidemiología y etiopatogenia del Trastorno Bipolar. *Psiquiatría Biológica*, 89-94.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 6ta Edición. *Mc Graw Hill Education*, 355-506.
- Martínez Hernández, O., & Betancourt Izquierdo, Y. (2019). Trastorno de insomnio. Consideraciones actuales. *Revista Médica Electrónica*, 483-495.
- Miklowitz, D. (2016). Tratamiento coadyuvante para el Trastorno Bipolar: Actualización de las Evidencias. *Revista de Toxicomanías (RET)*, 26-40.
- Ministerio de Sanidad. (2012). *Ministerio de Sanidad*. Retrieved from Guía de Práctica Clínica del Trastorno Bipolar.
- Organización Médica Colegial de España. (2008, Septiembre 12). *Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos*. Retrieved from Trastornos bipolar: la utilidad de la psicoeducación: <http://www.medicosypacientes.com/articulo/trastornos-bipolar-la-utilidad-de-la-psicoeducaci%C3%B3n>
- Ramírez Vargas, D., Arias Leal, D., & Madrigal Zamora, D. (2020). Actualización del trastorno afectivo bipolar. *Revista Medica Sinergia*, 9.



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"
7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

- Rodríguez, E. L., López Pell, A. F., & Fagnani, J. P. (2014). Psicoeducación Grupal en el Trastorno Bipolar: Una revisión no sistemática de la literatura. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, 23(2), 101-116.
- Strakowski, S., & DelBello, M. (2000). The co-occurrence of bipolar and substance use disorders. *Clinical Psychology Review*, 191-206.
- Tondo, L. (2014). El tratamiento a largo plazo del trastorno bipolar. *Psicodebate*, 14(2), 83-100.

Valores de Homocisteína y su relación con episodio
mayor depresivo en el embarazo



D.36. Salud humana

Homocisteinemia, depresión y embarazo

Valores de Homocisteína y su relación con episodio mayor depresivo en el embarazo

Autor: Vian, Jorge Emanuel. jorgevian26@fm.unt.edu.ar

Profesora guía: Lic. Portillo Mongelli, María Priscilla priscillaportillo@fm.unt.edu.ar

Universidad nacional de Tucumán

Resumen

El embarazo es uno de los eventos que implican un cambio biopsicosocial. Estos cambios han sido considerados como una crisis, principalmente en la estabilidad emocional de las mujeres. Se conoce que durante el embarazo la depresión tiene una prevalencia de hasta un 37%, aumentando en situaciones económicas más desfavorecidas. Ciertas psicopatologías durante el embarazo se asocian desequilibrios a nivel metabólico y hormonal. La homocisteína es un marcador de lesión endotelial cuyas vías metabólicas hacen que interactúe con el neurotransmisor GABA aumentando la permeabilidad del vaso cerebral causando daño del tejido nervioso, lo cual la convierte en un factor asociado a enfermedades mentales tales como la depresión. **Objetivos:** Determinar el valor de homocisteinemia, Identificar la presencia de episodio de depresión mayor actual y recidivante. Relacionar el valor de homocisteinemia con la presencia de episodios de depresión mayor en embarazadas que consultaron en hospitales públicos de Tucumán durante el año 2019. Se realizó un estudio observacional, descriptivo de corte transversal en 87 mujeres. Las variables estudiadas fueron edad materna, edad gestacional, episodio depresivo mayor, episodio depresivo mayor recidivante y homocisteinemia. El promedio de edad fue de 25 años, de edad gestacional de 28 semanas y el de homocisteinemia fue de 6,35 $\mu\text{M/L}$. La presencia de episodio depresivo mayor actual fue del 44,8% (n39) y no se encontró relación estadísticamente significativa entre los valores de homocisteinemia y episodio depresivo mayor ($p>0.05$). Resulta importante la atención la atención de la salud mental en esta etapa de la vida.

Palabras clave: Episodio Depresivo Mayor, Homocisteína, embarazo.



Introducción

En la vida de una mujer, según Oquendo, Lartigue, González-Pacheco, y Méndez (2008) el embarazo es uno de los eventos que implican un cambio en el estilo de vida, en la vida marital y relaciones personales. Estos cambios han sido considerados como una crisis, cuando la estabilidad emocional de las mujeres se ve amenazada en tal situación.

Ceballos-Martínez (2010) describió que el embarazo en sí, es un factor predisponente para las mujeres a diferentes alteraciones de la salud, como la depresión que es una alteración grave del estado psicológico que, a su vez, es tan frecuente como en las mujeres no grávidas. Para contextualizar, la Organización Mundial de la salud refiere que la depresión es una enfermedad frecuente, alrededor del 5% de los adultos la padecen. Además, para Institute for Health Metrics and Evaluation (2022) es un problema de salud mental que tiene más probabilidades de aparecer cuando en la vida existen circunstancias adversas o complejas, como es la gestación. La depresión a su vez empeora la situación vital de la persona que la padece.

Sainz et al (2013) y Bennett, Einarson, Taddio, Koren, y Einarson, (2004). afirman que la depresión durante el embarazo tiene una prevalencia de hasta un 37%. A su vez, Delgado-Quiñones, López-Trejo,

Mariscal-Rivera, Hernández-Rivera, y Orozco-Sandoval (2015) postularon que los síntomas asociados a la depresión están presentes entre el 2% y 50% de los embarazos, más aún, en embarazadas con bajos recursos económicos que el 51% puede padecerlos. Como es sabido por Zeballos (2003), las numerosas crisis de Argentina agravan la situación sanitaria de diversas maneras, el impacto económico en la salud mental en la crisis del 2001 fue notorio, debido al aumento de consultas relacionadas a patologías psiquiátricas. Además, Ratowiecki (2018), demostró que existe asociación entre la crisis económica y el aumento de patologías neonatales asociadas a bajo peso al nacimiento y malnutrición materna.

Borges-Vieira y Cardoso (2022) han constado que ciertas psicopatologías durante el embarazo, se asocian desequilibrios a nivel metabólico y hormonal, lo cual cuenta con una amplia evidencia científica.

Vizcaíno, y Vizcaíno (2017) afirman que la homocisteína es un marcador de lesión endotelial cuando sus valores en sangre alcanzan los 15 $\mu\text{mol/L}$. Maron y Loscalzo, (2009) postularon que las vías metabólicas en las que intervine hacen que interactúe con el neurotransmisor GABA aumentando la permeabilidad del vaso cerebral pudiendo causar daño en el tejido nervioso



a través de radicales libres y cambios en la concentración de iones esto explicaría su mecanismo neurotóxico. Además, Pisula, Pulimens y Vietto, V. (2022) desarrollaron que su estrecha relación con los cofactores de múltiples reacciones como los son la nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) y la flavina adenina dinucleótido (FAD), dependientes de las vitaminas B12 y ácido fólico e intervinientes a su vez del metabolismo de la homocisteína hace susceptible a la misma de ser un factor asociado quizás a enfermedades mentales tales como la depresión. Rodríguez-Cano, Perichart-Perera y Gutiérrez-Castrellón (2020) concluyeron que embarazadas con índices de masa corporal (IMC) elevados se asoció con valores de vitaminas del complejo B y folato menores que las embarazadas cuyo IMC eran normales, además los hijos de las madres cuyos valores de vitaminas B12 eran mayores tenían mejor desempeño en tareas cognitivas. Por todo lo expuesto nos hace presumir que la relación existente entre la concentración de vitaminas y homocisteína nos podría advertir de posibles trastornos de salud mental.

Objetivos

- Determinar el valor de homocisteinemia en embarazadas que consultaron en hospitales

públicos de Tucumán durante el año 2019.

- Identificar la presencia de episodio de depresión mayor actual y recidivante en embarazadas que consultaron en hospitales públicos de Tucumán durante el año 2019.
- Relacionar el valor de homocisteinemia con la presencia de episodios de depresión mayor en embarazadas que consultaron en hospitales públicos de Tucumán durante el año 2019.

Propósito

Estimar la homocisteinemia como marcador, no sólo de riesgo cardiovascular, sino también de riesgo de trastornos depresivos a los valores elevados de la homocisteína, y de esta manera tener un abordaje completo de la salud materno fetal con solo una determinación.



Materiales y métodos

Se realizó un estudio observacional, descriptivo de corte transversal.

La población bajo estudio estuvo conformada por pacientes embarazadas que asistieron al Instituto de Ginecología y Obstetricia Ntra. Sra. de las Mercedes y a los Servicios de Maternidad del Hospital Pte. Nicolás Avellaneda, del Hospital del Este Eva Perón y del Hospital Regional de Concepción Miguel Belascuain, todos de la provincia de Tucumán, durante el año 2019.

Fueron excluidas del presente trabajo aquellas embarazos que presentaron diagnóstico de diabetes, hipertensión, endocrinopatías y otras patologías del embarazo, como diabetes gestacional, eclampsia, preeclampsia y embarazo con sobrepeso u obesidad (IMC > 25).

Se solicitó autorización a las autoridades del Instituto de Ginecología y Obstetricia Ntra. Sra. de las Mercedes, Hospital de Clínicas Presidente Dr. Nicolás Avellaneda, Hospital del Este Eva Perón y Maternidad del Hospital Regional de Concepción Miguel Belascuain, previa información de los objetivos y propósitos de esta investigación, asegurando confidencialidad y anonimato de la información registrada. También se solicitó autorización a las pacientes mediante

consentimiento informado escrito, el cual fue administrado por el investigador; en caso de ser menores de edad el consentimiento fue firmado por la madre o tutor que se encontraba con la paciente al momento del estudio. Se aseguró confidencialidad y anonimato de la información registrada y se informó sobre el derecho a retirarse del estudio sin ningún perjuicio en la atención hospitalaria.

Los proyectos en los que se inserta este estudio tienen evaluación y aprobación del Comité de Ética en Investigación del Sistema Provincial de Salud (Si.Pro.Sa.).

Las variables estudiadas fueron:

- *Edad*: Período de tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento del estudio, medido en años.
- *Edad gestacional*: Tiempo transcurrido desde la fecha de la última menstruación hasta el momento de la investigación, expresado en semanas. Se consideró como: Primer Trimestre (Hasta las 12 semanas), Segundo Trimestre (De 13 a 27 semanas), y Tercer Trimestre (De 28 o más semanas).
- Rasgos Depresivo Mayor y Rasgos Depresivo Mayor Recidivante: La CIE-10 clasifica la depresión mayor dentro los trastornos del humor o afectivos (F30-F39). La categoría F32 incluye el episodio depresivo y la F33 la de trastorno depresivo



recurrente. Mediante la aplicación de la Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional (*Mini International Neuropsychiatric Interview - MINI*), se establecieron las puntuaciones de las diferentes subescalas que lo componen para registrar la presencia / ausencia de: rasgos depresivo mayor y rasgos depresivos mayor recidivante.

- *Homocisteína*: Aminoácido azufrado importante en la transferencia de grupos metilo en el metabolismo celular e intermediario en el metabolismo del aminoácido metionina. Se midió en suero mediante la técnica de quimioluminiscencia y se informó en $\mu\text{M/L}$. Se consideran valores normales 4,40 – 13,60 $\mu\text{M/L}$.

Se procedió para el desarrollo del presente estudio instrumentos cuyos sesgos en la interpretación de las preguntas ya fueron minimizados mediante una prueba piloto realizada antes de la ejecución de los proyectos en los que se inserta este estudio y que están actualmente en curso; al ser esta presentación una continuidad de esos proyectos, el investigador recibió capacitación en la aplicación de los mismos.

La embarazada fue captada en las salas de espera de los consultorios externos de los hospitales participantes. Previo consentimiento informado, se evaluaron

las variables en dos etapas, las cuales fueron registradas en una planilla *ad hoc*:

Etapas 1- Evaluación general y psicológica.

Se registró: edad, edad gestacional y otras variables, luego se aplicó el test MINI.

Etapas 2- Evaluación bioquímica.

Se realizó una toma de muestra de sangre venosa con ayuno de 8 hs, la cual fue distribuida en tubos sin anticoagulante para la determinación sérica de Homocisteína. Las muestras fueron conservadas en frío hasta su traslado para ser procesadas en un laboratorio de alta complejidad.

Los datos obtenidos fueron volcados en tablas de Excel versión 2007-2010 y para el análisis bioestadístico de asociación de variables y test exactos se utilizó el programa SPSS 22



Resultados

Tabla 1 Edad en Embarazadas

<i>Edad promedio</i>	25.3 años
<i>Edad min.</i>	15 años
<i>Edad máx.</i>	42 años

De las 84 gestantes se registró una edad mínima de 15 años, una edad máxima de 42 años, el promedio fue de 25 años con un desvío estándar de 5,76 años. El 14,46% (n=12) tenían 25 años, les siguen con 8,43% (n=7) de 23 y 28 años.

Tabla 2 Edad gestacional del embarazo

<i>Edad gestacional promedio</i>	28 semanas
<i>Edad gestacional min.</i>	4 semanas
<i>Edad gestacional máx.</i>	38 semanas

El promedio de edad gestacional fue de 28 semanas con un desvío estándar de 8,93 semanas. Un 10,84% (n=9) tenían 37 semanas de edad gestacional al momento de la toma de datos, le siguen con 8,43% (n=7) con 32 y 36 semanas de edad gestacional. (N=84)

Para responder al primer objetivo planteado se calculó el rango de homocisteinemia de esta muestra que se extendió entre los valores de 2,79 $\mu\text{M/L}$ y

11,2 $\mu\text{M/L}$. Siendo el valor promedio de 6,35 $\mu\text{M/L}$ con un desvío estándar de 1,65 $\mu\text{M/L}$. Se calcularon los puntajes de corte en relación al valor promedio siendo de 4,7 $\mu\text{M/L}$ el límite inferior de la media y el límite superior de 8 $\mu\text{M/L}$.

La presencia de episodio depresivo mayor actual fue del 44,8% (n39) de las participantes (N87); y episodio de depresión mayor recidivante el 17,2% (n15).

No se encontró asociación estadísticamente significativa entre episodio de depresión mayor y homocisteinemia ($p>0.05$)

Conclusiones

En el estudio de Carrascón, García, Ceña, Fornés y Fuentelsaz (2006) se encontró una media de edad de las embarazadas de 30 años, esto puede deberse a que las mujeres en Latinoamérica inician relaciones sexuales antes que las mujeres en Europa.

En Venezuela Mardorys et al. (2013) el 53% de su muestra estaba en el tercer trimestre, en los datos del presente trabajo encontramos también en la mayoría de las gestantes se encontraba en el último trimestre del embarazo.

En Madrid López-Quesada, Also-Rayó y Vilaseca, (2003) determinaron una



mediana de homocisteinemia en las embarazadas del tercer trimestre de 6,3 $\mu\text{M/L}$, muy cercano a lo observado en este estudio cuyo promedio observado fue de 6.5 $\mu\text{M/L}$ lo que indicaría que aumentar la muestra brindará exactitud y mayor posibilidad de extrapolar los datos a la población general de embarazadas.

En Wolff, Valenzuela, Esteffan y Zapata (2009) encontraron que hasta la mitad de las embarazadas presentan síntomas o diagnóstico de episodio depresivo mayor. En Colombia Martínez-Paredes y Jácome-Pérez (2019) describen que el 13% de su población les afecta este trastorno de la salud mental. El resultado de este estudio podría compararse con la realidad de gran parte del mundo, conociendo que esta psicopatología materna es la más frecuente y debe ser atendida correspondientemente.

Se propone como futura línea de investigación aumentar el número de embarazadas para obtener mayores rangos respecto a la homocisteinemia.

Referencias Bibliográficas

- 1) Oquendo, M., Lartigue, T., González-Pacheco, I., & Méndez, S. (2008). Validez y seguridad de la Escala de Depresión Perinatal de Edinburgh como prueba de tamiz para detectar depresión perinatal. *Perinatología y Reproducción Humana*, 22(3), 195-202.
- 2) Ceballos-Martínez, I., Sandoval-Jurado, L., Jaimes-Mundo, E., Medina-Peralta, G., Madera-Gamboa, J., & Fernández-Arias, Y. F. (2010). Depresión durante el embarazo. *Epidemiología en mujeres mexicanas. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 48(1), 71-74.
- 3) Organización Mundial de la Salud. Depresión. Recuperado el 10 de junio de 2022. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression>
- 4) GBD Results. (s/f). Recuperado el 30 de junio de 2022, de Institute for Health Metrics and Evaluation website: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/?params=gbd-api-2019-permalink/d780dffbe8a381b25e1416884959e88bpermalink/d780dffbe8a381b25e1416884959e88b>
- 5) Sainz Aceves, K. G., Chávez Ureña, B. E., Díaz Contreras, M. E., Sandoval Magaña, M. A., & Robles Romero, M. A. (2013). Ansiedad y depresión en pacientes embarazadas. *Atención familiar*, 20(1), 25–27. doi:10.1016/s1405-8871(16)30082-7



- 6) Bennett, H. A., Einarson, A., Taddio, A., Koren, G., & Einarson, T. R. (2004). Prevalence of depression during pregnancy: systematic review. *Obstetrics and Gynecology*, 103(4), 698–709. doi:10.1097/01.AOG.0000116689.75396.5f
- 7) Delgado-Quiñones, E. G., López-Trejo, L. A., Mariscal-Rivera, C. E., Hernández-Rivera, L. N., & Orozco-Sandoval, R. (2015). Prevalencia de depresión en embarazadas en primer nivel de atención de la Unidad de Medicina Familiar 171 del Instituto Mexicano del Seguro Social. *Revista Médica MD*, 6(4), 237-241.
- 8) Zeballos, J. L. (2003). Argentina: efectos sociosanitarios de la crisis 2001-2003. *Representación OPS/OMS Argentina*; 57.
- 9) Ratowiecki, J., Poletta, F. A., Giménez, L. G., Güi, J. A., Pawluk, M. S., & López Camelo, J. S. (2018). Prevalencia del bajo peso al nacer en un escenario de depresión económica en Argentina. *Archivos argentinos de pediatría*, 116(5), 322-327.
- 10) Borges-Vieira, J. G., & Cardoso, C. K. S. (2022). Efficacy of B-vitamins and vitamin D therapy in improving depressive and anxiety disorders: a systematic review of randomized controlled trials. *Nutritional Neuroscience*, 1-21.
- 11) Vizcaíno, G., & Vizcaíno, J. (2017). Homocisteína: bases genéticas y sus implicaciones cardiovasculares y cognitivas como factor de riesgo. *Investigación Clínica*, 58(4), 406-436.
- 12) Maron, B. A., & Loscalzo, J. (2009). The treatment of hyperhomocysteinemia. *Annual review of medicine*, 60, 39.
- 13) Pisula, P., Pulimens, C., & Vietto, V. (2022). El rol de los suplementos vitamínicos en pacientes con depresión. *Evidencia, actualización en la práctica ambulatoria*, 25(1), e002065-e002065.
- 14) Rodríguez-Cano, A. M., Perichart-Perera, O., & Gutiérrez-Castrellón, P. (2020). Importancia de la vitamina B12 y el folato en la salud perinatal. *Gaceta médica de México*, 156, 27-36.
- 15) Carrascón, A., García, S., Ceña, B., Fornés, M., & Fuentelsaz, C. (2006). Detección precoz de la depresión durante el embarazo y el posparto. *Matronas Prof*, 7(4), 5-11.



- 16) Diaz, M., Amato, R., Chávez, J. G., Ramirez, M., Rangel, S., Rivera, L., & López, J. (2013). Depresión y ansiedad en embarazadas. *Salus*, 17(2), 32-40.
- 17) López-Quesada, E., Also-Rayó, E., & Vilaseca, M. A. (2003). Hiperhomocisteinemia durante el embarazo como factor de riesgo de preeclampsia. *Medicina Clínica*, 121(9), 350-355.
- 18) Wolff, C., Valenzuela, P., Esteffan, K., & Zapata, D. (2009). Depresión posparto en el embarazo adolescente: análisis del problema y sus consecuencias. *Revista chilena de obstetricia y ginecología*, 74(3), 151-158.
- 19) Martínez-Paredes, J. F., & Jácome-Pérez, N. (2019). Depresión en el embarazo. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 48(1), 58-65.

Evaluación del lisado plaquetario equino como
reemplazo del suero fetal bovino en el cultivo de
células estromales mesenquimales



D.37. Salud Animal

Evaluación del lisado plaquetario equino como reemplazo del suero fetal bovino en el cultivo de células estromales mesenquimales

Autor: Avila, Gimena; gimecobalti@gmail.com

Co-autor(es): Algorta, Agustina; agustinaalgorta@gmail.com

Profesor/a guía: Yaneselli, Kevin; kyaneselli@fvvet.edu.uy

Universidad de la República Facultad de Veterinaria

Resumen

Las células estromales mesenquimales (MSC: *mesenchymal stromal/stem cells*) presentan interés científico debido a los efectos beneficiosos en la regeneración tisular e inmunomodulación. Sin embargo, es necesario expandirlas *in vitro* utilizando suero fetal bovino (SFB) como suplemento. Este presenta algunas desventajas como la contaminación celular con xenoproteínas y además afecta al bienestar animal debido que para su obtención se sacrifican fetos bovinos. El objetivo fue estudiar el efecto del reemplazo de SFB por lisado plaquetario (LP) alogénico en MSC derivadas de tejido adiposo equino (eAD-MSC). Para elaborar el LP se tomaron muestras de sangre de 5 equinos y fueron preparadas 2 formulaciones: concentración alta (LPA) y concentración media (LPB) se cuantificó factores de crecimiento. Se establecieron 3 condiciones de cultivo con 10% de suplemento: LPA, LPB y SFB, se evaluó cinética de crecimiento con la prueba MTT, tiempo de duplicación, capacidad clonogénica, perfil inmunogénico y tridiferenciación *in vitro*. La concentración plaquetaria fue 5,8 y 3 veces superior al basal LPA y LPB. La concentración de factores de crecimiento fue TGF- β $11,2 \times 10^3$ y $6,6 \times 10^3$ pg/mL y PDGF-BB 1200 y 780 pg/mL para LPA y LPB, en cambio para SFB fue $2,3 \times 10^3$ pg/mL de TGF- β y no detectado para PDGF-BB. En la proliferación y multipotencialidad celular no se observó diferencias entre condiciones. No se encontraron diferencias significativas a pesar de presentar variabilidad la expresión del MCH II en un promedio de 24% LPA, 38% LPB y 40,5% para SFB. Este trabajo permitió evaluar cómo influye la concentración plaquetaria en los factores de crecimiento del LP y su uso en cultivo eAD-MSC es posible debido que conservaron sus características celulares *in vitro*.



Introducción

Las células estromales mesenquimales, del inglés *mesenchymal stromal/stem cells* (MSC), presentan interés en veterinaria, debido a los efectos beneficiosos sobre la regeneración tisular e inmunomodulación: Para su uso terapéutico deben ser expandidas *in vitro* utilizando suero fetal bovino (SFB) como suplemento (Dias et al., 2019). Sin embargo, a pesar de ser el más utilizado presenta las siguientes desventajas a) para su extracción se requiere sacrificar fetos en gestación b) presencia de proteínas xenogénicas; c) presencia de endotoxinas (A Jochems et al., 2002; Hemeda et al., 2014). Ante estas desventajas del SFB han surgido trabajos que evalúan el uso alternativo de lisado plaquetario (LP) autólogo y alogénico (Del Bue et al., 2007; Russell & Koch, 2016). En general, la alternativa ha sido utilizada con éxito en diferentes estudios para la propagación de MSC en equinos (Del Bue et al., 2007) y humanos (Doucet et al., 2005). Sin embargo, en equinos existen escasos estudios que evalúen el impacto del reemplazo del nuevo suplemento en las características *in vitro* de las MSC, como la proliferación e inmunomodulación (Naskou et al., 2018; Russell & Koch, 2016). Asimismo, se encontró alteración tanto en la proliferación celular, como

también de la expresión de genes inmunogénicos e inmunomoduladores de MSC equinas cultivadas con LP como suplemento (Yaneselli et al., 2019)

Objetivos

El objetivo general del trabajo fue estudiar el efecto del reemplazo del suero fetal bovino por el lisado plaquetario (LP) alogénico en las células estromales mesenquimales derivadas de tejido adiposo equino (eAD-MSC).

Materiales y Métodos

Para la preparación del LP se realizó extracción de 500 mL de sangre entera de la vena yugular de forma aséptica de equinos adultos saludables (n= 5), con un rango de edad de 3 a 5 años. Se utilizó citrato de sodio 3,8% (p/v) como anticoagulante. Una vez que se extrajo la sangre, las muestra se transportaron refrigeradas al laboratorio, fueron centrifugados a 200 g durante 10 min, el sobrenadante resultante fue colectado y sometido a una segunda centrifugación a 900 g por 15 min. Para obtener el concentrado plaquetario con mayor concentración (CPA), se resuspendieron las plaquetas en el 10% de volumen total de plasma obtenido en la primera



centrifugación; para el concentrado de concentración media (CPB) se resuspendieron en el 20% del total. Para obtener el lisado de las diferentes concentraciones plaquetarias se congelaron a -80°C y fueron descongelados en baño caliente a 37°C durante 30 min. Posteriormente se centrifugó a 1600 g por 30 min y fueron filtradas las diferentes concentraciones obtenidas con filtro de $0,22\mu\text{m}$, adaptado a lo anteriormente publicado por diferentes trabajos (Seo et al., 2013; Yaneselli et al., 2019) El protocolo contó con la autorización del comité de ética (Protocolo CEUA-FVET 300).

Cuantificación de factores de crecimiento

La concentración del factor de crecimiento transformante beta 1 (TGF- β) y el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF-BB) fueron cuantificados mediante los kits Quantikine ELISA (DB100B y DBB00 R & D Systems, Minneapolis, MN, USA), siguiendo las especificaciones del fabricante. Las muestras analizadas fueron plasma basal, suero, plasma rico en plaquetas, LPA, LPB además del SFB y DMEM utilizado. La lectura de las placas se realizó a 450 nm.

Proliferación celular

Para los ensayos de proliferación celular se sembraron a una concentración de 5×10^3 células/cm² en placas de seis hoyos y estudió sucesivos pasajes, al medio de cultivo DMEM se le adiciono 2 UI/mL de heparina sódica (FU, Uruguay) para evitar formación de coágulos, y como suplemento al 10% (v/v) se utilizaron estas 3 variables: LPA, LPB y SFB (condición de referencia). Cada 4 días se realizaron lavados y cambio de medio. Cumplido los 7 días, las células fueron tripsinizadas y cosechadas, se contaron en cámara de Neubauer utilizando como indicador de viabilidad Trypan blue 0,4 % (Gibco, USA). La cinética de crecimiento se determinó a través del ensayo del tiempo de duplicación celular, conocido como *cell doubling times* (DT) el cual fue calculado según la formula descrita por previamente (Vidal et al., 2006).

Para evaluar la proliferación celular se utilizó el ensayo colorimétrico MTT. Se sembraron 1600 células por pocillo con 6 réplicas por individuo en placa de 96 hoyos. Se seleccionaron los pasajes pasaje 3 y 4 (P₃ y P₄). El ensayo por pasaje tuvo una duración de 7 días. Se evaluó las 3 condiciones de cultivo LPA, LPB y SFB. El protocolo utilizado en el ensayo fue el recomendado por el fabricante (M6494, Invitrogen, USA) y a lo descrito previamente (Remacha et al.,



2015). La lectura de los datos se realizó con espectrofotómetro con una densidad óptica de 540 nm.

Capacidad clonogénica

Para evaluar la capacidad clonogénica se realizó el ensayo de unidad formadoras de colonia fibroblastoides (CFU-F: *colony forming units-fibroblastic*) fueron sembradas 1×10^3 células por hoyo en placa de 6 para las tres condiciones de cultivo en sucesivos pasajes, P₃ y P₄. Se realizó lavado y cambio de medio cada 72 h. Transcurrido 7 días de la siembra inicial se procedió a fijar las colonias con metanol frío y posterior tinción con Giemsa adaptado de (Guercio et al., 2013)

Ensayo de Tridiferenciación

Para realizar la inducción de tridiferenciación in vitro se utilizaron células en el P₃ y con una siembra de 1×10^4 células por hoyo en placa de 24 para cada condición de cultivo. Se cambió medio cada 72 h y se mantuvieron los cultivos hasta alcanzar la confluencia necesaria para iniciar la inducción. Luego de 6 días se reemplazó el medio de cultivo por los medios inductores suplementados con LPA, LPB y SFB. Para el linaje adipogénico se utilizó IBMX (3 iso-butil -1-metilxantina) 5 μ M, 60 μ M indometacina, dexametasona 1 μ M y 5 μ g/ml de insulina.

Las células se fijaron con formol al 10% durante 15 min y se utilizó para teñir el colorante Oil Red O. Para el linaje condrogénico se realizó protocolo de duración de 10 días se usó ácido ascórbico 1,7mM, 10 ng/mL de TGF- β y se añadió 18 μ L/mL de insulina al medio. Luego las células se fijaron y tiñeron con el colorante Alcian Blue. Para el linaje osteogénico se adiciono a los cultivos dexametasona 1 μ M, β -glicerofosfato 10 mM y 50 μ M de ácido ascórbico se fijaron y se tiñeron con Alizarin Red S.

Inmunofenotipificación de MHC II

Se estudió el perfil inmunofenotípico fue realizado con células en P₃ con una siembra de 5×10^3 células/cm² en frascos T25 en las tres condiciones LPA, LPB y SFB. Cuando presentaron una confluencia de 80% se retiró el medio de cultivo se adicionaron 5 mL de solución fría *fluorescence-activated cell sorting* (FACS) compuesta por solución tampón fosfato salina sin los cationes Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺, 1 mM EDTA (ethylenediaminetetraaceticacid) y 0,5% SFB. Mediante método mecánico con espátula se levantaron las células y fueron resuspendidas en FACS. Se procedió a centrifugar 400 g por 5 min. Se adiciono 10 μ L del anticuerpo con una concentración de 0,1 mg/mL MHC II



Monomorphic Monoclonal Antibody clone CVS20 conjugado con isotiocianato de fluoresceína (FITC), (MA5-28491, Invitrogen, USA). Se incubaron por 30 min protegidas de la luz. Posteriormente se lavaron con FACS se centrifugaron a 400 g por 5 min y se procedió al análisis. La adquisición de datos se realizó con el equipo BD FACS canto II se utilizó el láser blue 488 nm, se midió un mínimo de 20.000 eventos por muestra. Finalmente, el análisis se realizó mediante el software BD FACSDiva Versión 6.1.3.

Análisis Estadístico

La distribución de los datos se estudió con el test de normalidad Lilliefors, para ello se utilizó el programa Past (Paleontological statistics software). Luego de verificar la distribución se determinó el uso de estadística paramétrica o no paramétrica. Las diferencias estadísticas para la concentración de leucocitos y el ensayo de CFU-F se analizaron con el test paramétrico ANOVA y Tukey como *post-hoc* en caso de encontrar diferencias significativas. Para evaluar los datos de concentración de plaquetas, concentración de factores de crecimiento, MTT, DT e inmunofenotipo fueron analizadas con el test no paramétrico ANOVA Kruskal-Wallis y como *post-hoc* la prueba Dunn's. Los datos fueron

analizados con el programa GraphPad Prism 8 software (GraphPad Prism Inc.) se fijó un $P < 0,05$ para todos los análisis. Los datos con distribución normal se expresaron en media \pm desvió estándar y los no paramétricos en mediana (rango intercuartílico Q25; Q75)

Resultados y Discusión

Composición del LP

Se consiguió concentrar las plaquetas 5,8 veces logrando una concentración de $1603 \times 10^3/\mu\text{L}$ (1108; 1952) para el concentrado plaquetario A (CPA) y 3 veces $805 \times 10^3/\mu\text{L}$ (567; 996) para concentrado plaquetario B (CPB) en relación al valor basal del plasma $247 \times 10^3 \mu\text{L}$ (176; 307), encontrando diferencias entre CPA y plasma ($p < 0,009$) en sangre se obtuvo un valor de $217 \times 10^3 \mu\text{L}$ (146; 237) se observó diferencia entre CPA vs. sangre ($p < 0,002$) Asimismo, no se encontraron diferencias significativas cuando comparamos CPA vs. CPB. Con respecto a los leucocitos se concentraron 9,7 veces para CPA y 5,2 para CPB en relación al plasma basal, sólo se observó diferencia entre CPA vs. plasma ($p < 0,003$), siendo la concentración para CPA $9,0 \pm 2,0 \times 10^3/\mu\text{L}$ y para plasma $0,9 \pm 0,2 \times 10^3/\mu\text{L}$. Otros trabajos describen valores de concentraciones plaquetaria más bajos

como 357×10^3 plaquetas/ μL (Sumner et al., 2017) 591×10^3 plaquetas/ μL (Yaneselli et al., 2019), 484×10^3 plaquetas/ μL (Hagen et al., 2021) concentraciones similares 1000×10^3 plaquetas/ μL (Russell & Koch, 2016; Seo et al., 2013). Sin embargo, para LPA usamos un valor más elevado al descrito en la literatura. Las variaciones de la concentración plaquetaria pueden estar dadas por los diferentes métodos de obtención del LP equino como el método de aféresis (Hagen et al., 2021; Sumner et al., 2017). Indicándonos la importancia en concentrar los esfuerzos en determinar la concentración de plaquetas óptima para el crecimiento celular que aún es muy heterogénea

Cuantificación de factores de crecimiento

La concentración de TGF- β en las muestras de plasma fue $1,8 \times 10^3$ (1,2; 7,5), CPA: $13,0 \times 10^3$ (3,3; 42), CPB $5,0 \times 10^3$ (2,7; 62), LPA 13×10^3 (6,6; 29), LPB $8,7 \times 10^3$ (4,8; 13) pg/mL encontrando diferencias entre plasma y LPA ($p < 0,01$) y entre LPA y CPB ($p < 0,03$). Además, en el SFB se determinó $2,3 \times 10^3$ pg/mL y en DMEM no fue detectado. La concentración encontrada para PDGF-BB fue en plasma $4,3 \times 10^3$ (2,5; 5,4) CPA $2,3 \times 10^3$ (1,5; 3,2) CPB $1,1 \times 10^3$ (1,0; 2,3) LPA $1,3 \times 10^3$ (0,8;

$1,6$) LPB $0,8 \times 10^3$ pg/mL (0,6; 0,9) respectivamente. En SFB y DMEM no se detectó concentración de PDGF-BB. Se observó diferencias entre la concentración del plasma vs. CPA ($p < 0,002$) y entre el plasma vs. CPB ($P < 0,03$). Las concentraciones obtenidas en este estudio tanto para los factores de crecimiento TGF- β y PDGF-BB en LPA y LPB fueron superiores a las de plasma basal sin embargo estos valores fueron inferiores a los reportados en estudios similares realizados donde varían los ciclos de congelado y descongelado otro factor que podría alterar estos componentes (Hagen et al., 2021; Russell & Koch, 2016)

Tiempo de doblaje celular

En las 3 condiciones se consiguieron la proliferación de las células y fue determinada la cinética de crecimiento en sucesivos pasajes desde P_2 hasta P_4 mediante el ensayo DT ($n=7$). Se observó un crecimiento similar para las todas las condiciones la cual fue 1,7 (1,5; 2,3) LPA, 2,0 (1,7; 2,5) LPB y 1,6 (1,5; 2,3) SFB.



Prueba MTT

Se cuantificó la proliferación celular a través de la prueba MTT durante 7 días para los pasajes P₃ y P₄ (n =7). Se observó crecimiento exponencial de las células en las diferentes condiciones que comenzó alrededor del día 3 post siembra hasta el día 7, no se encontró diferencia entre los cultivos en ambos pasajes analizados

Capacidad clonogénica

Se evaluó la capacidad de formar colonias fibroblastoides para las 3 condiciones para los pasajes P₃ y P₄ siendo para el recuento de colonias $46 \pm 4,9$ en la condición LPA de y de ($49 \pm 2,6$ para LPB y $39 \pm 4,7$ para SFB. No se encontró diferencia del comportamiento de las colonias tampoco diferencias significativas en el número de colonias entre las condiciones.

Capacidad de multipotencialidad *in vitro*

En el ensayo de tridiferenciación *in vitro* se indujo a los linajes adiposo, cartilaginoso y óseo. Se observó que para las 3 condiciones las células presentaron multipotencialidad posterior a las dos semanas de estimulación en medios inductores. El linaje adipogénico se vieron vacuolas intracitoplasmáticas al ser teñidas con el colorante Oil Red O

Asimismo, para el linaje condrogénico se observó una afinidad al colorante Alcian Blue indicando la síntesis de glucosaminoglicanos como matriz extracelular. El linaje osteogénico nos indicó el depósito de matriz mineralizada debido a la afinidad por la tinción con Alizarin Red S. Los controles negativos no presentaron afinidad en ninguna de las inducciones realizadas

Los resultados de proliferación no se encontró diferencias entre las condiciones en sucesivos pasajes lo que nos indica que el LP tiene un comportamiento similar a la referencia en cultivo que es el SFB, coincidiendo con diversos autores (Hagen et al., 2021; Naskou et al., 2018) Los resultados de tridiferenciación y evaluación de la capacidad clonogénica concuerdan con investigaciones previas donde se logra crecimiento de los cultivos y caracterizar las eAD-MSC con el uso de LP (Hagen et al., 2021; Seo et al., 2013)

Marcador inmunogénico

En los resultados de citometría de las eAD-MSC se analizaron las 3 condiciones de cultivo en el P₃ (n=7) se observó una alta variabilidad en los porcentajes de células positivas con expresión de MHCII, siendo $24 \pm 17\%$ para LPA, $38 \pm 16\%$ para LPB y $41 \pm 18\%$ para SFB, sin diferencias entre condiciones de cultivo. Se analizó



también la intensidad media de fluorescencia (MIF) de MHC II, en las distintas condiciones de cultivo siendo esta 721 ± 195 , 846 ± 196 , y 873 ± 316 LPA, LPB y SFB respectivamente. Los resultados indican que presentan similar expresión en la superficie de MHC II esta variabilidad discrepa con otros estudios (Hagen et al., 2021; Naskou et al., 2018) las diferencias pueden estar dadas por los anticuerpos usados en los análisis o por la variabilidad entre individuos al ser preparados las formulaciones.

Conclusiones

Este trabajo permitió evaluar cómo influye la concentración plaquetaria en los factores de crecimiento del LP y su uso para el cultivo de eAD-MSc demostrando que es posible sustituir el SFB para expandir *in vitro* estas células conservando sus características.

Bibliografía

- A Jochems, C. E., van der Valk, J. B., Stafleu, F. R., & Baumans, V. (2002). *The Use of Fetal Bovine Serum: Ethical or Scientific Problem?*
- Del Bue, M., Riccò, S., Conti, V., Merli, E., Ramoni, R., & Grolli, S. (2007).

Platelet lysate promotes *in vitro* proliferation of equine mesenchymal stem cells and tenocytes. *Veterinary Research Communications*, 31(SUPPL. 1), 289–292.
<https://doi.org/10.1007/s11259-007-0099-z>

Dias, I. E., Pinto, P. O., Barros, L. C., Viegas, C. A., Dias, I. R., & Carvalho, P. P. (2019). Mesenchymal stem cells therapy in companion animals: useful for immune-mediated diseases? *BMC Veterinary Research*, 15(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1186/s12917-019-2087-2>

Doucet, C., Ernou, I., Zhang, Y., Llense, J. R., Begot, L., Holy, X., & Lataillade, J. J. (2005). Platelet lysates promote mesenchymal stem cell expansion: A safety substitute for animal serum in cell-based therapy applications. *Journal of Cellular Physiology*, 205(2), 228–236.
<https://doi.org/10.1002/jcp.20391>

Guercio, A., Bella, S. Di, Casella, S., Marco, P. Di, Russo, C., & Piccione, G. (2013). Canine mesenchymal stem cells (mscs): Characterization in relation to donor age and adipose tissue-harvesting site. *Cell Biology International*, 37(8), 789–798.
<https://doi.org/10.1002/cbin.10090>



- Hagen, A., Lehmann, H., Aurich, S., Bauer, N., Melzer, M., Moellerberndt, J., Patané, V., Schnabel, C. L., & Burk, J. (2021). Scalable Production of Equine Platelet Lysate for Multipotent Mesenchymal Stromal Cell Culture. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.613621>
- Hemeda, H., Giebel, B., & Wagner, W. (2014). Evaluation of human platelet lysate versus fetal bovine serum for culture of mesenchymal stromal cells. *Cytotherapy*, 16(2), 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.jcyt.2013.11.004>
- Naskou, M. C., Sumner, S. M., Chocallo, A., Kemelmakher, H., Thoresen, M., Copland, I., Galipeau, J., & Peroni, J. F. (2018). Platelet lysate as a novel serum-free media supplement for the culture of equine bone marrow-derived mesenchymal stem cells. *Stem Cell Research and Therapy*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13287-018-0823-3>
- Remacha, A. R., Barrachina, L., Álvarez-Arguedas, S., Ranera, B., Romero, A., Vázquez, F. J., Zaragoza, P., Yañez, R., Martín-Burriel, I., & Rodellar, C. (2015). Expression of genes involved in immune response and in vitro immunosuppressive effect of equine MSCs. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 165(3–4), 107–118. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2015.04.004>
- Russell, K. A., & Koch, T. G. (2016). Equine platelet lysate as an alternative to fetal bovine serum in equine mesenchymal stromal cell culture - too much of a good thing? *Equine Veterinary Journal*, 48(2), 261–264. <https://doi.org/10.1111/evj.12440>
- Seo, J. pil, Tsuzuki, N., Haneda, S., Yamada, K., Furuoka, H., Tabata, Y., & Sasaki, N. (2013). Comparison of allogeneic platelet lysate and fetal bovine serum for in vitro expansion of equine bone marrow-derived mesenchymal stem cells. *Research in Veterinary Science*, 95(2), 693–698. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.04.024>
- Sumner, S. M., Naskou, M. C., Thoresen, M., Copland, I., & Peroni, J. F. (2017). Platelet lysate obtained via plateletpheresis performed in standing and awake equine donors. *Transfusion*, 57(7), 1755–1762. <https://doi.org/10.1111/trf.14124>



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Vidal, M. A., Kilroy, G. E., Johnson, J. R., Lopez, M. J., Moore, R. M., & Gimble, J. M. (2006). Cell growth characteristics and differentiation frequency of adherent equine bone marrow-derived mesenchymal stromal cells: Adipogenic and osteogenic capacity. *Veterinary Surgery*, 35(7), 601–610.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2006.00197.x>

Yaneselli, K., Barrachina, L., Remacha, A. R., Algorta, A., Vitoria, A., Cequier, A., Romero, A., Vázquez, F. J., Maisonnave, J., & Rodellar, C. (2019). Effect of allogeneic platelet lysate on equine bone marrow derived mesenchymal stem cell

characteristics, including immunogenic and immunomodulatory gene expression profile. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 217(June), 109944.
<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2019.109944>

Financiación

CSIC-Udelar: proyecto CSIC I+D 2018 y Universidad de la República (Udelar).

EFFECTOS DE LA VITAMINA D EN UN
MODELO DE HIPERTENSION ARTERIAL POR
REDUCCION DE MASA RENAL

D. 37. Salud Animal

EFFECTOS DE LA VITAMINA D EN UN MODELO DE HIPERTENSION ARTERIAL POR REDUCCION DE MASA RENAL

Autor: Alanoca, Saúl Pablo, alanocasaul@gmail.com

Co-autor(es): Gepner Maia Einath, maiaegep@gmail.com; Salses Florencia, florenciamsalses@gmail.com

Profesor/a guía: Peral de Bruno, María, mperal0150@gmail.com; Sánchez Romel, romelsan@csnat.unt.edu.ar; Alberstein Ariel, arielalberstein@yahoo.com.ar

Universidad Nacional de Tucumán

RESUMEN

Objetivos: En un modelo de Hipertensión arterial por reducción de masa renal (RNef): se determina el efecto protector de la vitamina D3 (VitD3) sobre el tono vascular, se analiza el rol de la VitD3 en la regulación la función endotelial y liberación de óxido nítrico, y se evalúa el efecto sobre la regulación de parámetros hemodinámicos y metabólicos.

Metodología: Se trabajó con ratas Wistar machos adultas 2 - 3 meses de edad. Se desarrolló un modelo de nefrectomía 5/6, a un grupo se le administró VitD3 (500UI/Kg/día) por vía oral, quedando los siguientes grupos: ratas controles sin VitD3 (RC), con VitD3 (RC+VD), ratas nefrectomizadas sin VitD3 (RNef) y con VitD3 (RNef+VD). Transcurridas 10 a 12 semanas del inicio del tratamiento se evalúa la presión arterial media (PAM); se extrae sangre para evaluación de la concentración de nitritos en suero y estudios bioquímicos (concentración de VitD3, enzimas hepáticas, ionograma y perfil lipídico). Además, se toma un segmento de aorta torácica para evaluación histológica con tinción

Tricrómica de Masson. **Resultados:** Se encontró que RNef elevaron los niveles de PAM, revertidas parcialmente con tratamiento de VitD3 ($p < 0,001$). Las concentraciones de nitritos en suero estaban disminuidas en las RNef mientras que incrementaban en RNef+VD ($p < 0,021$). La histología demostró que en RNef+VD, el colágeno de la capa media presento una tendencia a semejarse al de RC ($p = NS$). Se encontró mayor concentración de VitD3 sérica en RNef+VD que en RNef ($p < 0,05$). Por otro lado, los resultados bioquímicos no mostraron valores compatibles con toxicidad.

Palabras clave: Hipertensión arterial, nefrectomía 5/6, vitamina D3.

INTRODUCCIÓN

El endotelio vascular es un epitelio plano simple que tapiza el interior de los vasos sanguíneos, sus células tienen una variedad de funciones biológicas, entre ellas, regula la capa de células musculares lisas vasculares (CMLV) subyacente y el tono vascular mediante la liberación de



factores relajantes derivados del endotelio como el óxido nítrico (NO), prostaglandinas y el factor hiperpolarizante derivado del endotelio (EDHF). El estado vasoconstrictor es mediado por endotelina-1, angiotensina II y tromboxano A_{2r} (Stankevicius, Kevelaitis, Vainorius & Simonsen, 2003).

El NO se genera a través de la oxidación del aminoácido L-arginina en una reacción catalizada por el óxido nítrico sintetasa (NOS), que por procesos de oxidación forma el nitrito (NO₂⁻) y el nitrato (NO₃⁻) (Campos, 2001). Se han descrito diferentes tipos de NOS, entre las que se encuentran la enzima endotelial (eNOS), la inducible (iNOS) y la neural (nNOS) (Yanagisawa, et al., 1988).

La disfunción endotelial (DE) es una alteración en la relajación vascular inducida por la reducción de los factores derivados del endotelio, principalmente el óxido nítrico (NO), que causa un aumento del estímulo vasoconstrictor, a menudo se manifiesta por alteraciones en la vía de la L-arginina / NO (Wang & Khalil, 2018). Esta disfunción sumada al aumento en la resistencia periférica son dos posibles pilares involucrados en el remodelado vascular (RV) (Intengan & Schiffrin, 2001; Ma, Mao, Jia, Fu & Kong, 2020). Todo esto lleva a la génesis de las alteraciones

estructurales de la pared del vaso que se asocian con procesos patológicos como la hipertensión arterial (HTA) (Ketteler, Border & Noble, 1994; Deanfield, Halcox & Rabelink, 2007).

La utilización de modelos animales experimentales ha proporcionado información sobre muchos aspectos de la HTA (Balaszczuk y Fellet, 2013). La extracción de 5/6 de la masa renal total (ratas nefrectomizadas) es una de las técnicas experimentales utilizada para desarrollar HTA en el animal, debido a un mal manejo de volumen (Griffin, Picken & Bidani, 1994).

Debido al impacto de la HTA en la población es fundamental encontrar agentes que disminuyan o retarden la aparición del RV. Entre ellas se encuentran los nuevos efectos de la Vitamina D₃ (VitD₃), no relacionados a la ontogénesis (efectos más tradicionales y conocidos), sino a los nuevos efectos entre ellos y con cada vez con más, evidencia los efectos protectores en el Riesgo cardiovascular (Pilz, Verheyen, Gröbler, Tomaschitz & März, 2016; Cai, Gong, Li, Li & Kong, 2021).

En Argentina, la última Encuesta Nacional de Factores de Riesgo del 2019, la población general, el 40,6% tuvo HTA, 6 de cada 10 individuos que se reconocieron

como hipertensos tuvieron registros de presión arterial elevada. Mientras que, entre quienes no se autorreportaron hipertensos, 3 de cada 10 registraron presión arterial elevada.

En los últimos años se describió el receptor de la VitD3 en diferentes tejidos, por lo cual se comenzó a estudiar si la misma posee efectos beneficiosos sobre diferentes enfermedades, entre ellas, patologías crónicas no transmisibles como la HTA (Kassi, Adamopoulos, Basdra, & Papavassiliou, 2013; Bover, et. al., 2015). Algunos estudios han reportado que la suplementación de VitD3 presenta una mejora en las funciones vasomotoras y secretoras endoteliales sin efectos adversos significativos sobre la rigidez arterial (Chitalia, et al., 2014; Aytaç, et al., 2016).

Objetivos:

- 1- Determinar el efecto protector de la VitD3 sobre el tono vascular.
- 2- Analizar el rol de la VitD3 en la regulación de la función endotelial y liberación de óxido nítrico.
- 3- Evaluar el efecto de la VitD3 sobre la regulación de parámetros hemodinámicos y metabólicos.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio experimental en el que se utilizaron ratas Wistar macho adultas de aproximadamente 200 gr de peso y de 3 meses de edad. Las ratas estuvieron en sus jaulas manteniendo un ciclo de 12 horas luz/oscuridad y con dieta ad libitum.

La muestra se dividió en grupos control y experimentales. A su vez ambos se subdividen en control sin vitamina D (RC) y con vitamina D (RC+VD), por otro lado, se encuentra ratas con Nefrectomía sin vitamina (RNef) y con vitamina D (RNef+VD).

Las nefrectomías 5/6 fue realizada por medio de una cirugía en 2 tiempos. Se programó fecha y hora para cada rata. En el primer tiempo, se realizó nefrectomía parcial 2/3. Minutos antes se pesó al animal y se administró anestesia, combinación de ketamina / xilacina / atropina (50mg / 9.1mg / 1mg / kg). por vía intraperitoneal. Se extraen los polos (superior e inferior) del riñón izquierdo. Posterior a 14 días, se realiza el segundo tiempo correspondiente a la nefrectomía total derecha, de modo que sólo se dejó al animal con 1/6 masa renal.

Luego de cada cirugía, las ratas nefrectomizadas volvieron a sus jaulas, con



analgesia por vía oral (tramadol diluida), manteniendo un ciclo de 12 horas luz/oscuridad, con dieta ad libitum.

Inmediatamente posterior a las intervenciones quirúrgicas, se administra vitamina D3 por 10 semanas en los modelos RC+VD y RNef+VD (dosis D3: 500UI/Kg/día por vía oral). Respecto a los modelos RC y RNef se administra el vehículo (aceite de maíz) por vía oral.

Transcurridas 10 semanas se analizó: presión arterial media (PAM: presión arterial diastólica menos un tercio de la diferencial) por método directo en arteria femoral: se utilizó anestesia combinada (1,5 uL/g peso) por vía intraperitoneal. En el procedimiento se identifica la arteria carótida, a la cual se colocó el catéter PE10 (heparinizado completamente) a una llave de tres vías que se haya conectada a un manómetro de mercurio (que sirve para calibrar el sistema) y a un transductor de presión (GOULD-USA) y éste a su vez a un registrador (ACROMAT-Arg.) que marca las variaciones de presión sobre un papel milimetrado.

Finalmente se sacrificó al animal, se extrajo sangre arterial por punción intracardiaca, para estudios bioquímicos (concentración de VitD3, enzimas hepáticas, ionograma y perfil lipídico) y obtención de suero, para la cual se centrifuga a 3000rpm durante 20

minutos. Además, se extrae aorta torácica para evaluación histológica con tinción Tricrómica de Masson.

Para la determinación de los niveles de NO en suero se realizó mediante un método colorimétrico que se contrastará con la reacción de Griess que evalúa la producción de nitritos derivada de la biodisponibilidad de NO mediante reacción espectrofotométrica. La reacción da una coloración rosada y la absorbancia es medida a 540 nm de longitud de onda. Previamente se realizó una curva estándar usando diferentes concentraciones de NaNO_2 . Los niveles de nitritos se calcularon por análisis de regresión, ($y=a+bx$), usando sólo las curvas con coeficiente de regresión $<0,85$. Los resultados se mostraron en unidades de nanomoles (nmol) de nitritos/mg de tejido.

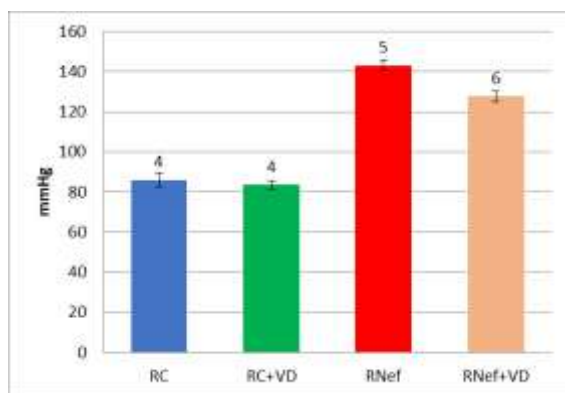
Análisis Estadístico

Los resultados se expresaron en media \pm desvío estándar. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Statistica 5.0. Cuando fue apropiado, se utilizó la prueba t de Student para muestras pareadas y ANOVA – MANOVA y prueba post.test Newman-Keuls). Los resultados se consideraron significativos cuando fue $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Grafico 1: PRESION ARTERIAL MEDIA (PAM)

En el siguiente grafico se observó que RNef elevaron los niveles de PAM, revertidas parcialmente con tratamiento de VitD3.



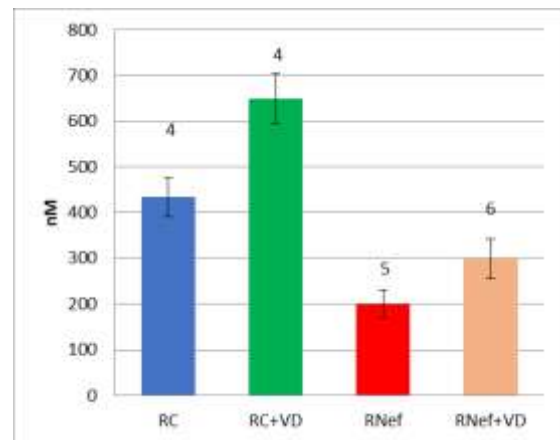
Los números indican el N de animales estudiados

$p < 0.001$ RNef vs RC; $p < 0.001$ RNef+VD vs RC; < 0.001 RNefVD vs RNef.

Test de ANOVA (post.test Newman-Keuls)

Grafico 2: NITRITOS EN SUERO

En el siguiente grafico se observó la concentración de nitritos en suero disminuidas en las RNef mientras que incrementan en RNef+VD.



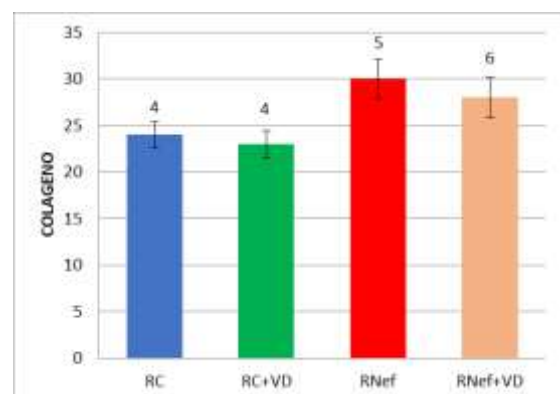
Los números indican el N de animales estudiados

$p: 0,021$ RC vs RNef; $p < 0,05$ RC+VD vs RC; $p < 0,05$ RC+VD vs RNef; $p < 0,05$ RC+VD vs RNef+VD

Test de ANOVA (post.test Newman-Keuls)

Grafico 3: HISTOLOGIA

El siguiente grafico se observó que en RNef+VD, el colágeno de la capa media presentó una tendencia a semejarse a las RC.



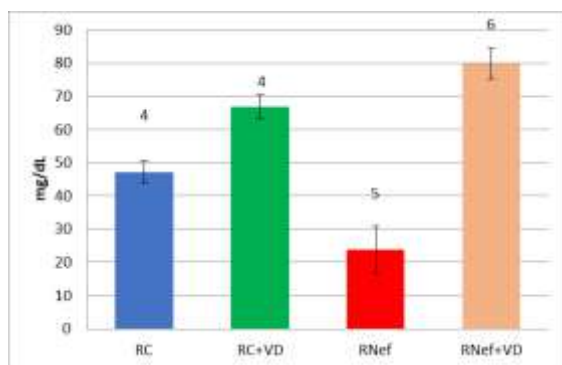
Los números indican el N de animales estudiados

p: No significativo (NS)

Test de ANOVA (post.test Newman-Keuls)

Grafico 4: CONCENTRACIONES DE VITAMINA D3 SÉRICA

En la siguiente se observó mayor concentración de VitD3 en RNef+VD que en RNef.



Los números indican el N de animales estudiados.

$p < 0,0001$ RC vs RNef; $p < 0,05$ RNef+VD vs RC+VD; $p < 0,05$ RNef vs RNef+VD

Test de ANOVA (post.test Newman-Keuls)

Tabla 1: concentración sérica de enzimas hepáticas

No se encontró relaciones de significancia que muestren valores de toxicidad.

Grupo	AST/GOT (UI/L)	D.E	ALT/GTP (UI/L)	D.E
RC	169,5	13,43	61,5	24,74
RC+VD	162,66	91,52	67	38,18

RNef	126	33,94	44	8,48
RNef+VD	132	5,65	42	5,65
p= NS				

D.E= Desvio estándar.

Tabla 2: Ionograma Sérico

No se encontró relaciones de significancia que muestren toxicidad.

Grupo	Sodio mEq/dL	D.E	Potasio mEq/dL	D.E
RC	141,28	3,45	7,17	0,68
RC+VD	141,83	2,78	7,29	0,90
RNef	142,66	1,50	6,74	0,79
RNef+VD	142,44	2,92	6,48	0,57
Grupo	Cloro mEq/dL	D.E	Calcio mEq/dL	D.E
RC	100,84	1,72	11,036	1,41
RC+VD	102,26	2,16	11,104	0,54
RNef	100,28	7,16	11,395	0,91
RNef+VD	102,21	3,24	11,32	0,38
p: NS				

Tabla 3: Perfil Lipídico

No se encontró relaciones de significancia que muestren toxicidad.

Grupo	Colesterol total (Mg/dL)	D.E	HDL (Mg/dL)	D.E
RC	60,66	10,06	28,66	5,77
RC+VD	58,66	8,32	27,33	1,15
RNef	88	11,31	42	0
RNef+VD	88	11,31	43	7,07
Grupo	LDL (Mg/dL)	D.E	Triglicéridos (Mg/dL)	D.E
RC	14	2	56,66	33,54
RC+VD	12,66	2,30	40	26,90
RNef	24	5,65	16	8,48
RNef+VD	24	1,41	25	1,41
p:NS				

Está demostrado que la nefrectomía 5/6 genera DE y RV capaz de producir HTA lo que se asemeja en humanos a la insuficiencia renal crónica (Intengan & Schiffrin, 2001). Esto coincide con los hallazgos obtenidos de este modelo en trabajos anteriores (Marañón, Joo Turoni & Peral de Bruno, 2020).

En este estudio, los animales nefrectomizados presentaron PAM elevada, al igual que en otros estudios (Griffin et al., 1994; Gava, Freitas, Balarini, Vasquez & Meyrelles, 2012;). El grupo RNef+VD presentó una menor PAM respecto a las RNef, asemejando a las RC y RC+VD. Sin embargo, en otro trabajo se demostró que, animales nefrectomizados tratados con calcitriol y paricalcitol aumentaron la presión arterial (Panizo García, 2009). Esto podría explicarse a las diferentes dosis aplicadas y vías de administración, no observándose en nuestro tratamiento.

Se ha visto en diversos artículos, que el principal factor contribuyente a la disfunción endotelial es la menor biodisponibilidad de NO (Wang & Khalil, 2018; Ma, et. al., 2020; Deanfield, et. al., 2007; Ketteler, et.al, 1994). Nuestros resultados mostraron que la cantidad de nitritos disminuyeron en RNef, mientras que se incrementan en RC+VD y RNef+VD. Otros estudios demostraron que, en ratas hipertensas, los niveles de NO disminuyeron debido a la menor actividad de la eNOS, lo que podría deberse a una menor biodisponibilidad de la enzima o una menor concentración de los metabolitos que llevan a la producción de NO (Martins, 2016). Por lo tanto, el mecanismo propuesto por el cual la VitD3



puede mejorar la función endotelial, es por un aumento en la producción de NO, aumentando la concentración de NO₂-circulante en plasma, la cual evidencia que hay mayor liberación de NO (Jones, 2013). Por otro lado, no se encontró bibliografía con la medición de nitritos en un modelo de ratas tratadas con VitD3.

En la histología, se observó que la cantidad de colágeno tiene una tendencia a ser mayor a nivel de la capa media en las RNef con respecto a las RNef+VD, lo que mostraría también un efecto beneficioso sobre el RV. (Ma, et. al., 2020)

Se encontró una menor concentración de VitD3 en RNef. Mientras que las RNef+VD presentaron una mayor concentración, sin embargo, otros estudios demostraron hipervitaminosis en modelos de ratas tratadas con vitamina D (Panizo García, 2009; Alarcón-Corredor, Villarroel, Alfonso & Rondón, 2011)). En cuanto a los resultados bioquímicos (enzimas hepáticas, ionograma y perfil lipídico) no se mostraron valores compatibles con toxicidad. Sin embargo, en otros estudios produjo hipercalcemia, como así también calcificaciones arteriales (Panizo García, 2009; Alarcón-Corredor et.al., 2011). Esto podría justificarse debido a las diferencias en las dosis aplicadas y vías de administración.

CONCLUSIÓN

La administración exógena de Vitamina D3, no solo logró una disminución de la presión arterial en las RNef+VD, sino que mejoró la liberación de nitritos. Este agente protector que deriva del Óxido Nítrico produjo novedosos efectos beneficiosos en el remodelado vascular ya que produjo en las ratas suplementadas una tendencia a disminuir el colágeno en la capa media. A estos efectos sumados al hallazgo de valores normales en los parámetros bioquímicos pueden proponer que, la VitD3 actúa como un agente protector del daño vascular. Sin embargo, es necesario continuar realizando estudios para dilucidar los mecanismos de acción intrínsecos que le otorgan esta función.

BIBLIOGRAFÍA

- Stankevicius, Edgaras & Kevelaitis, Egidijus & Vainorius, Enrikas & Simonsen, Ulf. (2003). Role of nitric oxide and other endothelium-derived factors. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*. 39. 333-41.
- Campos, Daniel Marcelo. (2001). Óxido nítrico. *Fisiología y farmacología*. Rev. Arg. Anestesiol.
- Yanagisawa, M., Kurihara, H., Kimura, S., Tomobe, Y., Kobayashi, M., Mitsui, Y., Yazaki, Y., Goto, K., & Masaki, T.

- (1988). A novel potent vasoconstrictor peptide produced by vascular endothelial cells. *Nature*, 332(6163), 411–415.
- Wang, X., & Khalil, R. A. (2018). Matrix Metalloproteinases, Vascular Remodeling, and Vascular Disease. *Advances in pharmacology (San Diego, Calif.)*, 81, 241–330. <https://doi.org/10.1016/bs.apha.2017.08.002>
- Intengan, H. D., & Schiffrin, E. L. (2001). Vascular remodeling in hypertension: roles of apoptosis, inflammation, and fibrosis. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 38(3 Pt 2), 581–587. <https://doi.org/10.1161/hy09t1.096249>
- Ma, Z., Mao, C., Jia, Y., Fu, Y., & Kong, W. (2020). Extracellular Matrix Dynamics in Vascular Remodeling. *American journal of physiology. Cell physiology*
- Ketteler, M., Border, W. A., & Noble, N. A. (1994). Cytokines and L-arginine in renal injury and repair. *The American journal of physiology*, 267(2 Pt 2), F197–F207. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.1994.267.2.F197>
- Deanfield, J. E., Halcox, J. P., & Rabelink, T. J. (2007). Endothelial function and dysfunction: testing and clinical relevance. *Circulation*, 115(10), 1285–1295. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.652859>
- Balaszczuk, A. M., Fellet, A. L. (2013). MODELOS EXPERIMENTALES EN EL ESTUDIO DE LA HIPERTENSIÓN ARTERIA. *Revista de la Sociedad Argentina de Hipertension Arterial; Cardiología*.
- Griffin, K. A., Picken, M., & Bidani, A. K. (1994). Method of renal mass reduction is a critical modulator of subsequent hypertension and glomerular injury. *Journal of the American Society of Nephrology : JASN*, 4(12), 2023–2031. <https://doi.org/10.1681/ASN.V4122023>
- Pilz, S., Verheyen, N., Grübler, M. R., Tomaschitz, A., & März, W. (2016). Vitamin D and cardiovascular disease prevention. *Nature reviews. Cardiology*, 13(7), 404–417. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2016.73>

- Cai, Z., Gong, Z., Li, Z., Li, L., & Kong, W. (2021). Vascular Extracellular Matrix Remodeling and Hypertension. *Antioxidants & redox signaling*, 34(10), 765–783. <https://doi.org/10.1089/ars.2020.8110>
- Kassi, E., Adamopoulos, C., Basdra, E. K., & Papavassiliou, A. G. (2013). Role of vitamin D in atherosclerosis. *Circulation*, 128(23), 2517–2531. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.002654>
- Bover, Jordi, Egido, Jesús, Fernández-Giráldez, Elvira, Praga, Manuel, Solozábal-Campos, Carlos, Torregrosa, José V., & Martínez-Castelao, Alberto. (2015). Vitamina D, receptor de la vitamina D e importancia de su activación en el paciente con enfermedad renal crónica. *Nefrología (Madrid)*, 35(1), 28-41.
- Chitalia, Nihil & Ismail, Tuan & Tooth, Laura & Boa, Frances & Hampson, Geeta & Goldsmith, David & Kaski, Juan & Banerjee, Debasish. (2014). Impact of Vitamin D Supplementation on Arterial Vasomotion, Stiffness and Endothelial Biomarkers in Chronic Kidney Disease Patients. *PLoS one*. 9. e91363. [10.1371/journal.pone.0091363](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091363).
- Aytaç, M. B., Deveci, M., Bek, K., Kayabey, Ö., & Ekinci, Z. (2016). Effect of cholecalciferol on local arterial stiffness and endothelial dysfunction in children with chronic kidney disease. *Pediatric nephrology (Berlin, Germany)*, 31(2), 267–277.
- Marañón, R., Joo Turoni, C, M., & Peral de Bruno, M. (2020). Disparate effect of antioxidant supplements on the basal tone and vascular remodeling of the aorta in hypertensive rats. *Journal of Vascular Research*;57(5):261-275. doi: 10.1159/000507368.
- Gava, A. L., Freitas, F. P., Balarini, C. M., Vasquez, E. C., & Meyrelles, S. S. (2012). Effects of 5/6 nephrectomy on renal function and blood pressure in mice. *International journal of physiology, pathophysiology and pharmacology*, 4(3), 167–173.
- Panizo García, S. (2009). *Mecanismos de calcificación vascular asociados a la uremia y al tratamiento con calcitriol*. Universitat de Lleida.
- Martins, D. M. (2016). *Resveratrol atenua a nefrotoxicidade do contraste na doença renal crônica*. Master's



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Dissertation, Escola de
Enfermagem, University of São
Paulo, São Paulo.
doi:10.11606/D.7.2017.tde-
19062017-180846. Retrieved 2022-
06-28, from www.teses.usp.br

Jones, A. M. (2013). Nitrato de la dieta: ¿la nueva poción mágica? *Sports Science Exchange*, 26(110), 1–5.

Alarcón-Corredor, O.M, Villarroel, J, Alfonso, R, & Rondón, C. (2011). Manifestaciones clínicas y cambios en la química sérica y tisular en ratas tratadas con vitamina D3 (calciferol). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 61(3), 247-253.

Evaluación de Semen Sefrigerado en Búfalos



D.37 Salud animal

Evaluación de Semen Seleccionado en Búfalos

Autor: Vallejos, Natalia Mercedes; e.mail: natyvallejos10@gmail.com

Co-autor(es): Bando, Alexis Sebastián e.mail; bandoalexissebastian@gmail.com;
Konrad, José Luis e.mail; joseluis.konrad.vet@comunidad.unne.edu.ar; Maldonado Vargas,
Pablo e.mail; pmaldonadovargas@gmail.com; Ponce, Pablo Exequiel; e.mail;
pabloexequiel1998@gmail.com;

Profesor guía: Konrad, José Luís; e.mail; joseluis.konrad.vet@comunidad.unne.edu.ar

Universidad Nacional del Nordeste- Corrientes, Argentina

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el tiempo que el semen bubalino refrigerado permanece apto para ser usado en inseminación artificial (IA), fue llevado a cabo en el laboratorio del Centro Integral de Inseminación Artificial Bubalina (CIIAB). Se obtuvieron cuatro muestras de semen, una a cada reproductor, (RPU18) (Buf1), (RP U168) (Buf3), (RP 02) (Buf2) y (RPE16) (Buf4). Se evaluaron los parámetros seminales: movilidad espermática total (MET), vigor (V), morfo anormalidades y concentración espermática. Se realizó la dilución de cada muestra de semen, hasta una concentración final de 40×10^6 , envasado a temperatura ambiente (30°C) en pajuelas de 0,5 ml, sometido a un descenso de temperatura a una tasa de $0,25^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta alcanzar los 5°C , mantenido durante 7 días. Durante este tiempo se realizaron evaluaciones seriadas cada 24hs, determinando el total de espermatozoides aptos por dosis. En el día 0, la MET fue de 85% para Buf1, 90% Buf2, Buf3, y 95% para el Buf4 respectivamente, el vigor fue de 4 para Buf1 Buf2 Buf3 y vigor 5 Buf4, en cuanto al el porcentaje de normales fue de 93% Buf1, Buf3, Buf2 y Buf4. El total de espermatozoides aptos fue de $34,21 \times 10^6$ para Buf1, $36,67 \times 10^6$ para Buf2, $36,28 \times 10^6$ para Buf3, y $38,71 \times 10^6$ para Buf4. Hasta el día 5 las muestras de Bf1, y Bf2, cumplieron con los parámetros mínimos requeridos para poder ser utilizados en IA, $\text{MET} \geq 25\%$ y $V \geq 3$ y más de 10×10^6 de espermatozoides aptos móviles por dosis, en el caso del Buf4 fue del $\text{MET} = 50\%$ y $V = 3$, solo la muestra del Buf3 obtuvo parámetros menores de lo requerido para ser considerado apto, $\text{MET} = 10\%$ $V = 2$. En base a los parámetros seminales evaluados, el semen bubalino podría utilizarse en programas de IA hasta tres días post colecta mantenido a 5°C .

Palabras clave: Análisis, Refrigeración, Búfalos.



-Introducción

En nuestro país existen según datos oficiales, 147.785 cabezas de búfalos (*Bubalus bubalis*) y un total de 1193 productores (Senasa, 2020). Este creciente aumento producido en los últimos años de la producción bubalina en Argentina hace necesario utilizar las biotecnologías reproductivas como herramienta de mejora genética. La inseminación artificial (IA) es considerada una de las técnicas de reproducción asistida más importante para el mejoramiento genético animal. Sin embargo, sigue siendo poco utilizada en esta especie, principalmente debido a la baja tasa de preñez obtenida con semen congelado/descongelado. Además, en el macho bubalino, el principal problema para la implementación en los programas de IA es la dificultad de encontrar semen en el mercado (Bernardes, 2017). Sabiendo que el procedimiento de congelado/descongelado produce un daño a las organelas y membranas de los espermatozoides, induciendo cambios en la capacitación espermática y en la reacción acrosomal (Garner et al., 2001), donde las diferentes alteraciones

bioquímicas y estructurales producidas en los espermatozoides pos descongelado, pueden ocasionar una viabilidad por debajo del 50 a 60% de esos espermatozoides (Watson, 1995; Den Daas et al., 1998; Watson, 2000 e Rasul et al., 2001). Al disminuir o eliminar cualquier daño que comprometa la viabilidad espermática, habrá la posibilidad de mejorar los índices reproductivos, y difusión en el uso de las biotecnologías como transferencia de embriones, fertilización *in vitro*, inseminación artificial a tempo fijo (IATF) y semen sexado, ya que todas utilizan semen criopreservado. El semen refrigerado no es sometido al proceso de congelamiento/descongelamiento y por lo tanto, sufre menos lesiones, resultando en mayor viabilidad y aumenta la capacidad de fertilizar, este abordaje permite reducir, el número de espermatozoides por dosis, optimizando el uso de reproductores con alto valor genético especialmente en programas de IATF (Verberckmoes et al., 2005; Bucher et al., 2009).

En la Argentina, nuestro grupo fue el primero en reportar el uso de semen bubalino refrigerado en IA. Este logro



representaría una alternativa para la propagación del material genético y herramienta en los programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

-Objetivos

- El objetivo del presente trabajo fue evaluar el tiempo que el semen bubalino refrigerado permanece apto para ser usado en IA.

-Materiales y métodos:

El trabajo fue llevado a cabo en el laboratorio del Centro Integral de Inseminación Artificial Bubalina (CIIAB), Dpto. General Paz, Provincia de Corrientes. Se obtuvieron cuatro muestras de semen, una a cada reproductor, todos de tres años de edad, dos de raza Murrah (RP U18) (Buf1), (RP U168) (Buf3), un Cruza Carnicero (RP 02) (Buf2) y uno de raza mediterránea (RP E16) (Buf4) a los cuales se les extrajo semen con vagina artificial.

Se evaluaron los parámetros seminales: movilidad espermática total (MET) (Escala de 0 a 100%), movilidad individual progresiva, vigor (V) (escala 0-5), morfoanormalidades y concentración espermática. Posteriormente se procedió a la dilución de cada muestra de semen (Andromed, Minitub, Alemania) hasta una

concentración final de 40×10^6 , y al envasado a temperatura ambiente (30°C) en pajuelas de 0,5 ml, correctamente identificadas. Seguidamente, el semen fue sometido a un descenso de temperatura controlado a una tasa de $0,25^\circ\text{C}/\text{min}$ hasta alcanzar los 5°C , condición en la que fue mantenido durante 7 días. Durante este tiempo se realizaron evaluaciones seriadas cada 24hs., utilizando un microscopio óptico (Motic BA310), determinando el total de espermatozoides aptos por dosis, del producto de la MET, los espermatozoides normales y concentración

-Resultados y discusión:

En el día 0, la MET fue de 85% para Buf1, 90% Buf2, Buf3, y 95% para el Buf4 respectivamente, el vigor fue de 4 para Buf1 Buf2 Buf3 y vigor 5 Buf4, en cuanto al el porcentaje de normales fue de 93% Buf1, Buf3, Buf2 y Buf4. EL total de espermatozoides aptos fue de $34,21 \times 10^6$ para Buf1, $36,67 \times 10^6$ para Buf2, $36,28 \times 10^6$ para Buf3, y $38,71 \times 10^6$ para Buf4. Hasta el día 5 las muestras de Bf1, y Bf2, cumplieron con los parámetros mínimos requeridos para poder ser utilizados en IA, $\text{MET} \geq 25\%$ y $V \geq 3$ y más de 10×10^6 de espermatozoides aptos móviles por dosis, en el caso del Buf4 los parámetros fue del

MET= 50% y V=3, solo la muestra del Buf2 obtuvo parámetros menores de lo requerido para ser considerado apto, MET=10% V=2 (Brogliatti, 2012). Estos resultados son algo inferiores a los obtenidos por Almeida, (2018) en Brasil, el cual reporto una movilidad total entre 42,2% y 57% usando diferentes tipos de diluyentes, luego de 5 días de refrigeración. A diferencia de los resultados hallados por Sigh et al, (2012) donde evaluaron diferentes diluyentes en semen refrigerado por 72hs, donde el valor más alto fue de MET= 31,6%.

El semen refrigerado no es sometido al proceso de congelado/descongelado, por lo tanto sufre menos lesiones, resultando en mayor viabilidad, lo que puede aumentar la capacidad de fertilizar, y a su vez aumentar la tasa de preñez cuando es comparado con semen congelado, un trabajo realizado por Almeida, (2021), muestra la diferencia de las tasas de preñez utilizando semen refrigerado (SR) versus semen congelado (SC) bubalino, donde los resultados de tasa de concepción totales fueron para SR 48,2% y 34,6% SC.

En la figura 1 se exhibe cómo fue la evolución en la cantidad de espermatozoides aptos motiles durante el estudio, en donde se puede apreciar que

hasta el tercer día las muestras contaban con un número superior a 10×10^6 células aptas/dosis, cifra considerada como dosis inseminante mínima (Brogliatti, 2012).

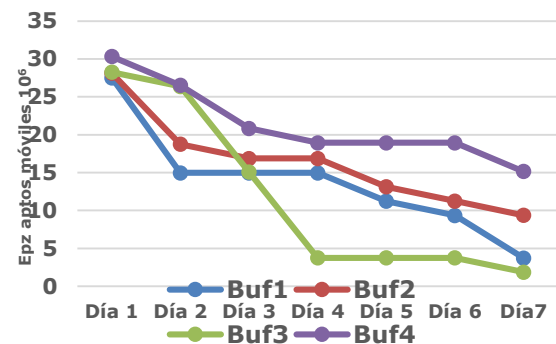


Figura 1. Espermatozoides aptos móviles (MET x concentración x morfología) por dosis en los reproductores.

-Conclusión

Se concluye que, en base a los parámetros seminales evaluados, el semen bubalino podría utilizarse en programas de IA hasta tres días post colecta mantenido a 5°C. No obstante, debido a que esta prueba no predice la fertilidad del semen, se recomienda realizar pruebas *in vivo*. El semen refrigerado debería ser considerado una alternativa al criopreservado en los programas de IATF, disminuyendo así los costos finales de los mismos.



-Bibliografía

- Almeida, J. (2018). Sêmen refrigerado e seu potencial de uso na inseminação artificial de búfalas (*Bubalus bubalis*). Tesis Doctoral. UFMG. Recuperado de <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/SMOC-B2CH5S>.
- Almeida, J., Brito, M. F., Neves, B. P., Bécerra, V. A. B., Auler, P. A., Hadad, J. P., Baruselli, P. S., y Henry, M. (2021). Use of cooled buffalo semen as a strategy to increase conception rates in fixed-time artificial insemination programs during unfavorable reproductive periods *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 73(3) 560-570. doi:10.1590/1678-4162-12142
- Bernardes, J. (2017). Nascem bezerras geradas de embriões de animais de dois meses. USP. Recuperado de <http://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-agrarias/nascem-bezerras-geradas-de-embrioesde-animais-de-meses>
- Bucher, A., Kasimanickam, R., Hall, J. B., Dejarnette, J. M., Whittier, W. D., Kähn, W., y Xu, Z. (2009). Fixed-time AI pregnancy rate following insemination with frozen-thawed or fresh-extended semen in progesterone supplemented CO-Synch protocol in beef cows. *Theriogenology*, 71(7), 1180-1185. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.12.009
- Brogliatti, G. M., García Miglaro, F., Laramburu, G., y Tríbulo, H. (2012). Aplicaciones del análisis computarizado de semen (CASA) en la evaluación de la calidad seminal y la fertilidad. Especialidad en Reproducción Bovina. Curso sobre congelación de semen 2012. Anexo. pp 37. IRAC.
- Den Daas, J. H. G., De-Jong, L. M. T. E. y Van Wagtendonk-de Leeuw, A. M (1998). The relationship between the number of spermatozoa inseminated and the reproductive efficiency of individual dairy bulls. *J. Dairy Sci.*, 81, 1714- 1723. doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75739-X
- Garner, D. L., Thomas, C. A., y Gravance, C. G., Marshall, C. E., Dejarnette, J. M., y Allen, C. H. (2001). Seminal plasma addition attenuates the dilution effect in bovine sperm. *Theriogenology*, 56, 31-40. doi.org/10.1016/S0093691X(01)00540-4
- Rasul, Z., Ahmad, N., Anzar, M. (2001) Changes in motion characteristics, plasma membrane integrity and acrosome morphology during cryopreservation of buffalo



spermatozoa. *Journal of Andrology*, 22,
(2), 278-283 doi:10.1002/j.19x

Servicio Nacional de Sanidad Animal
(SENASA). 2013-2020. [http:// www.
senasa.gov.ar](http://www.senasa.gov.ar).

Singh, A. K., Singh, V. K., Narwade, B. M.,
(2012). Comparative quality assessment
of buffalo (*Bubalus bubalis*) semen
chilled (5°C) in egg yolk- and soya
milk-based extenders. *Reprod. Domest.
Anim.* 47, 596-600. doi:10.1111/j.1439-
0531.2011.01928.x

Watson, P. F. (1995). Recent development
and concepts in the cryopreservation of
spermatozoa and the assessment of
their post-thawing function. *Reprod.
Fertil. Dev*, 7, 871-891. doi:
10.1071/RD9950871

Watson, P. F. (2000). The causes of
reduced fertility with cryopreserved
semen. *Anim. Reprod. Sci*, 60-61, 481-
492. doi:[https://doi.org/10.1016/s0378-
4320\(00\)00099-3](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00099-3)

Verberckmoes, S., Soom, A. V., Dewulf,
J., y DE Kruif, A. (2005). Comparison of
three diluents for the storage of fresh
bovine semen. *Theriogenology*, 63(3),
912-922.

doi:[https://doi.org/10.1016/j.theriogenol
ogy.2004.05.011](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.05.011)

-Financiamiento: Los recursos utilizados
para la realización del presente trabajo
provinieron del Proyecto de
Investigación y Desarrollo PI20B001,
titulado “Criopreservación de semen
bubalino en Argentina”, y del Proyecto
de Desarrollo Tecnológico y Social
PDTs 18BD02, titulado “Valorización
de los tambos bovinos en productores
de agricultura familiar en Corrientes
mediante de la incorporación de
genética de animales adaptados”,
financiados por la Secretaría de
Ciencia y Técnica de la Universidad
Nacional del Nordeste.

Valoración de Parámetros previo al Primer
Servicio en Vaquillas Cruza Cebú en un
Sistema de Cría Bovina Comercial



D.37. Salud Animal

Valoración de Parámetros previo al Primer Servicio en Vaquillas Cruza Cebú en un Sistema de Cría Bovina Comercial

Autor: Romero Monteleone, Sabrina Itati; saitromo2014@gmail.com

Co-autor(es): Capellari, Adriana; adrianacapellari@gmail.com; Navarro Krilich, Lia Macarena; maca_nk@hotmail.com; Ondo Misi, Lucia Mariana; luomvet94@gmail.com; Smahlij, Juan Martin; martinsmahlij@gmail.com; Yostar, Edgar Jonatan; jonayostar@gmail.com

Profesora guía: Capellari, Adriana; adrianacapellari@gmail.com
Universidad Nacional del Nordeste

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño reproductivo de vaquillas en su primer servicio, mediante variables de desarrollo reproductivo. Se utilizaron 142 hembras de 22 a 24 meses de edad, cruce cebú previamente seleccionadas por su peso (67% de la vaca adulta del sistema). Previo al servicio, se determinó el score genital (SG) en escala de 1 (cíclicas n=19), 2 (en transición n=38) y 3 (inmaduras n=85), peso vivo (PV) y condición corporal (CC: escala 1-9). El servicio fue mediante inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con protocolo convencional y repaso con toros que ingresaron a los 15 días de la IATF permaneciendo por 45 días. El diagnóstico de gestación se efectuó a los 32 días de la IATF y 35 de retirados los toros. Se realizó estadística descriptiva y ANOVA considerando como variable independiente el SG, utilizando el test de Tukey con α del 5%. El porcentaje de preñez se analizó mediante la distribución de χ^2 , todos con InfoStat. Los resultados de la estadística descriptiva para media, error estándar, desvío estándar y coeficiente de variación en la variable PV fueron $347,91 \pm 4,07$, 48,46 kg, 13,93% y en

CC $4,95 \pm 0,05$, 0,64, 13,03% puntos. El ANOVA mostró diferencia estadística significativa en PV $372,89 \pm 10,9a$, $347,58 \pm 5,16ab$, $336,16 \pm 7,71b$ y CC $5,47 \pm 0,14a$, $4,92 \pm 0,10b$, $4,85 \pm 0,07b$ para SG 1, 2 y 3 respectivamente. La prueba de χ^2 no arrojó asociación debida al tipo de servicio (IATF y toros) y SG (p-valor 0,31), en cambio sí en la preñez general con 84% y 92% en SG1 y 2 presentando las SG3 67% (p-valor 0,0073). Se puede concluir que las vaquillas de reposición cruce cebú de 22 a 24 meses de edad con SG 1 y 2 tuvieron un mejor desempeño reproductivo, presentando además mayor PV y CC. No se encontró asociación según SG y tipo de servicio en el porcentaje de preñez.

Introducción

El nordeste argentino (NEA) es la segunda región en importancia en términos de existencias bovinas. En los últimos 60 años, el stock promedio ha sido de 8 millones de cabezas. Desde 1993 la participación promedio de la década fue de 15%, en 2013 se ubicó en el orden del 19% y en 2018 con 17%. (SIGSA, 2013 y 2018). Los sistemas de cría presentan baja



eficiencia reproductiva de los vientres (50% destete), determinada por la duración del anestro postparto y la elevada edad al primer entore que es de 3 a 4 años (Viñoles y col., 2013), los indicadores que miden su principal objetivo de obtener un ternero por vaca por año, se encuentran lejos de lograrlo. Lo mismo ocurre con el objetivo secundario alcanzar un entore precoz en la vaquilla (Carrillo, 2008; Capellari y Velázquez, 2015).

La selección preservicio es un momento ideal para realizar una completa evaluación de las futuras madres, que permite predecir su desempeño reproductivo y mejorar la fertilidad del rodeo. Uno de los criterios a tener en cuenta es el “grado de desarrollo reproductivo” para lo cual se ha desarrollado una escala en EE.UU. descrita por Anderson *et al.* (1991) que considera 5 grados de *score* genital (SG), donde SG1 es una hembra inmadura sin tono en los cuernos uterinos ni folículos palpables y un SG5 presenta cuernos con un diámetro mayor a 30 mm y cuerpo lúteo. Posteriormente otros autores, clasifican el SG en 3 grados, y describen que el SG1 indicaría que el aparato genital ha completado su desarrollo anatómico y funcional determinando aptitud para la reproducción, con un SG2 posee un grado intermedio aptas sólo para programas de IATF y las SG3 son consideradas no aptas

por falta de desarrollo (Maciel *et al.*, 2008; Andreo *et al.*, 2009).

Otro criterio de selección de hembras de reposición es el peso de entore, considerado adecuado cuando han logrado como mínimo el 66% de su peso adulto (Saravia *et al.*, 2011). Existe una correlación entre el peso al primer entore y el porcentaje de parición del segundo servicio, con pesos de 325 a 335 kg es posible alcanzar un 90% para este indicador (Sampedro, 2007).

La evaluación de la condición corporal (CC) es una herramienta útil para distinguir las diferencias en las necesidades nutricionales de la vaca de carne, este sistema permite estimar mediante apreciación visual las reservas corporales (grasa y músculo) utilizando una escala de puntuación que varía del 1 al 9. Las investigaciones indican que existe una relación importante entre la condición corporal del vientre y su desempeño reproductivo (Stahringer, 2003; Eversole *et al.*, 2009).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño reproductivo en el primer servicio de vaquillas de reposición cruza cebú de 22 a 24 meses de edad provenientes de un sistema de cría bovina comercial, mediante variables de desarrollo reproductivo.



Materiales y Métodos

El ensayo se desarrolló en el sureste de la provincia del Chaco, departamento de San Fernando en la Estancia Don Enrique con la siguiente coordenada geográfica 27°42'22.2" S 59°13'23.1" W. Se trabajó con 142 vaquillas de reposición de 22 a 24 meses de edad, cruza cebú provenientes de un sistema de cría bovina comercial con servicio estacionado de primavera. Estas hembras fueron criadas sobre recursos forrajeros naturales con suplementación estratégica durante su primer invierno.

A fines de agosto previo al servicio en las vaquillas que habían sido seleccionadas por su peso (mínimo del 67% de la vaca adulta del sistema), se determinaron caracteres de crecimiento, desarrollo corporal y reproductivo. El servicio inició a fines de septiembre utilizando inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y repaso con toros, los mismos ingresaron a los 15 días de realizada la inseminación artificial (IA) y permanecieron durante 45 días. El protocolo utilizado fue convencional aplicando el Día 0 dispositivo intravaginal con progesterona 0,5 g (DIB, Cronipres® 0,5) y 2 mg de benzoato de estradiol (BE, Bioestrogen®). El Día 8 se retiraron los DIB, se administró 150 µg de D-Cloprostenol (PGF; Enzaprost® D-C) y 0,5 mg de cipionato de estradiol (Cronicip®) de Biogénesis Bagó. La IA se realizó

entre las 48 a 54 horas del retiro de los DIB. El score genital se determinó por palpación rectal usando una escala del 1 al 3 (adaptada de Anderson *et al.*, 1991) por Maciel *et al.*, (2008) donde se consideró SG1 ciclando (n=19), SG2 en transición (n=38), y SG3 inmaduras (n=85) complementado con ecografía ovárica para determinar tamaño folicular y presencia de cuerpo lúteo (ecógrafo Mindray DP-30 Vet con sonda de 7.5 MHz). El diagnóstico de gestación se efectuó con ultrasonografía a los 32 días de la IATF y 35 días luego de retirados los toros repaso, para determinar el porcentaje de preñez valorando el estado (preñada y vacía) y edad gestacional (según si correspondía preñez por IATF o toro).

El diseño fue de tipo observacional siendo la unidad experimental el animal. Para las variables cuantitativas se realizó estadística descriptiva y ANOVA según score genital, utilizando el test de Tukey con un α del 5%. El porcentaje de preñez fue analizado con tabla de contingencia mediante la distribución de Chi². Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Resultados y discusión

Los resultados de la estadística descriptiva para media, error estándar, desvío estándar, y coeficiente de variación en la

variable peso vivo (PV) fueron $347,91 \pm 4,07$; $48,46\text{kg}$; $13,93\%$ y en CC $4,95 \pm 0,05$; $0,64$; $13,03\%$ puntos.

En la tabla 1 se observan los resultados del ANOVA para peso vivo y condición corporal según el score genital en vaquillas previo al servicio.

Tabla 1. Peso vivo (PV) y condición corporal (CC) según score genital (SG) en vaquillas de primer servicio en el sureste Chaqueño.

Score genital	PV (kg) $\bar{x} \pm \text{E.E.}$	CC (1-9) $\bar{x} \pm \text{E.E.}$
1 (n19)	$372,89 \pm 10,90$ a	$5,47 \pm 0,14$ a
2 (n38)	$347,58 \pm 5,16$ ab	$4,92 \pm 0,10$ b
3 (n85)	$336,16 \pm 7,71$ b	$4,85 \pm 0,07$ b
p-valor	0,0250	0,0005

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables evaluadas. Para PV las SG1 fueron 10% más pesadas que las SG3. Trabajos realizados por Holm *et al.* (2009) y Dickinson *et al.* (2019) establecen que un mayor PV previo al primer servicio de vaquillas se relaciona con los mejores grados de SG. Las hembras con SG1 presentaron diferencias con respecto a las SG3, sin embargo, SG2 no difirió con los otros grupos.

Las hembras de SG1 también presentaron diferencias significativas en CC medio

punto superior que SG2 y SG3, respectivamente. Dickinson *et al.* (2019) observaron un mejor grado de desarrollo reproductivo en vaquillas con CC ≥ 5 . La Universidad de Kansas utilizando un sistema de tres puntos (lista, intermedia y problema) considera como ideal aquellas clasificadas como “listas”, las cuales presentan un adecuado PV, CC ≥ 5 y cíclicas (Larson *et al.*, 2016).

Los resultados de la preñez general y según tipo de servicio se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de preñez según score genital y tipo de servicio en vaquillas cruce cebú, en el sureste de la provincia del Chaco.

Score genital			p-valor
1 (n 19)	2 (n 38)	3 (n 85)	
68(13/19)	55(21/38)	52(44/85)	0,3131
50(3/6)	82(14/17)	32(13/41)	
84	92	67	0,0073

IATF: Inseminación artificial a tempo fijo.

No se encontró asociación debidas al tipo de servicio (IATF y toros) y SG, al igual que lo informado por Prieto *et al.* (2014) con dos grupos de vaquillas uno SG ≥ 3 llamadas A y grupo B con SG ≥ 2 , al igual que Dickinson *et al.* (2019) quienes no reportaron diferencias debidas al tipo de servicio cuando se incorpora al mismo vaquillas con score 4 y 5 (escala de Anderson *et al.*, 1991).



En cuanto al SG se observa que hay mayor cantidad de vaquillas con SG3, le sigue las SG2 y una mínima proporción con SG1, distinto a lo que informaron Corgniali *et al.* (2019) donde la proporción fue SG2, SG1 y SG3 al momento de la realización del preservicio. Según Holm *et al.* (2009) y Dickinson *et al.* (2019) a medida que mejora el SG aumenta la preñez como lo ocurrido en nuestros resultados.

Conclusión

En las condiciones en que se realizó el presente trabajo se puede concluir que las vaquillas de reposición cruza cebú de 22 a 24 meses de edad con score genital 1 y 2 tuvieron un mejor desempeño reproductivo, presentando además mayor peso vivo, condición corporal. Asimismo no se encontró asociación según score genital y tipo de servicio en el porcentaje de preñez.

Bibliografía

ANDERSON, K.J.; LEFEVER, D.G.; BRINKS, J.S.; ODDE, K.G. (1991). Reproductive tract score in beef heifers. *Agri-Practive* Vol. II No. 6.

ANDREO, N.; SCANDOLO, D.; MACIEL, M. (2009). De la crianza al servicio. Informe del Módulo de Recría de Vaquillonas en el marco del Proyecto

Lechero del Centro Regional Santa Fe del INTA: 2-5.

CAPELLARI, A. Y VELÁZQUEZ, R. (2015). Sistema de cría bovina. *Fac. Cien. Vet. UNNE*. <https://produccionbovina.files.wordpress.com/2015/05/sistemas-de-cria-bovina-2015.pdf>

CARRILLO, J. (2008). Manejo de un rodeo de cría. Buenos Aires Argentina. Ed. Hemisferio sur. p 194.

CORGNIALI, M.; CAPOZZOLO, M.C.; CRUDELI, S.M. Y OBREGON, H.J. (2019). Efecto del crecimiento y desarrollo sobre la preñez en vaquillas. Ediciones INTA.

DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M. Y ROBLEDO, C.W. (2020).

InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba. DICKINSON, S.E.; ELMORE, M.F.; KRIESE ANDERSON, L.; ELMORE, J.B.; WALKER, B.N.; DYCE, P.W. Y BIASE, F.H.

(2019). Evaluación de la edad, peso al destete, puntaje de condición corporal y puntaje del tracto reproductivo en novillas de carne preseleccionadas en relación con el potencial reproductivo. *Revista de ciencia animal y biotecnología*. 10 (1), 1-7.

EVERSOLE, D.E.; BROWNE, M.F.; HALL, J.B. Y DIETZ, R.E. (2009). Evaluación de la condición corporal de las vacas de carne.

HOLM, D.E.; THOMPSON, P.N. Y IRONS, PC. (2009). El valor de la puntuación del tracto reproductivo como predictor de los resultados de fertilidad y producción en



novillas de carne. Revista de ciencia animal. 87 (6), 1934-1940.

LARSON, R.L.; WHITE, B.J. Y LAFLIN, S. (2016). Desarrollo de la novilla de carne. Clínicas veterinarias: práctica de alimentos para animales, 32 (2), 285-302.

MACIEL, M.; SCANDOLO, D. Y SALADO, E.E. (2008). Desempeño reproductivo de vaquillonas Brangus de 17 meses de edad con diferente score genital. Revista Argentina de Producción Animal, 28(supl 1), 143-175.

PRIETO, N.; STAHRINGER, C.R. Y VISPO, P.E. (2014). Exploración de variables predictoras de preñez en vaquillas de carne. Revista Veterinaria 25(1):50-53.

SAMPEDRO, D. (2007). El peso de entore de la vaquilla de primer servicio. EEA Mercedes Ctes. Noticias y comentarios N° 428. 3p. ISSN N° 0327-3059.

SARAVIA, A.; CÉSAR, D.; MONTES, E.; TARANTO, V. Y PEREIRA, M. (2011). Manejo del rodeo de cría sobre campo natural. Revista Plan Agropecuario, 76. p 26-27.

SIGSA. Sistema Integrado de Gestión de Sanidad Animal. (2018). Distribución de existencias bovinas por categoría. Marzo 2018. Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales. Dirección Nacional de Sanidad Animal. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.

STAHRINGER, R.C.C. (2003). Cartilla descriptiva del grado de condición corporal en vacas de cría. EEA-INTA Colonia Benítez, Chaco.

VIÑOLES, C.; JAURENA, M.; DE BARBIERI, I.; DO CARMO, M.MONTOSI, F. (2013). Effect of creep feeding and stocking rate on the productivity of beef cattle grazing grasslands. New Zealand Journal of Agricultural Research Submitted.

Financiamiento

El presente trabajo fue financiado mediante Beca Estimulo a las Vocaciones Científicas del Consejo Interuniversitario Nacional (EVC-CIN) en la categoría PREGRADO Resolución Res. N.º 1518/20. Bajo el marco del Proyecto de Investigación "Uso de herramientas tecnológicas en sistemas de producción de carne bovina del NEA" Resolución N.º 1100/18. PI:18B002. Director: Dra. Capellari Adriana. Aprobado por la Secretaria General de Ciencia y Técnica -UNNE, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Nordeste.

Atenuación del virus Mayaro (MAYV)
mediante el enriquecimiento en CpGs



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



D.38. Virología molecular

Atenuación del virus Mayaro (MAYV) mediante el enriquecimiento en CpGs

Autor: Ferreiro Fernández, Irene; irefefe@hotmail.com

Profesor/a guía: Fajardo, Álvaro; afajardo@fcien.edu.uy ; Moratorio, Gonzalo;
moratorio@pasteur.edu.uy

Laboratorio de Evolución Experimental de Virus

Institut Pasteur de Montevideo

Laboratorio de Virología Molecular, Centro de Investigaciones Nucleares, Facultad de
Ciencias

Universidad de la República

Resumen

Dada la emergencia y reemergencia de arbovirus como el virus Mayaro (MAYV) en la región y la presencia de su principal vector a nivel urbano, el mosquito *Aedes aegypti*, Uruguay se encuentra en riesgo constante. Por esta razón, es de interés hallar estrategias de atenuación de estos virus con el fin de generar candidatos vacunales.

Estudios previos evidencian que, a diferencia de los arbovirus (que replican alternadamente en insectos y vertebrados), los virus que únicamente infectan mosquitos presentan genomas con altas frecuencias relativas de CpGs. Además, se ha reportado que el incremento de la frecuencia de este dinucleótido puede activar de forma más eficiente la respuesta inmune en vertebrados, lo cual explica su sub-representación en virus ARN que infectan solamente vertebrados.

Teniendo en cuenta esta información, en este trabajo se abordó una estrategia de atenuación viral basada en mutaciones sinónimas, con el objetivo de generar cepas de MAYV con altas frecuencias de CpGs, restringiendo su evolución hacia los hospederos invertebrados y dificultando su replicación en células de mamífero. Para esto se partió de un clon infeccioso wild type (WT) y se diseñaron tres clones infecciosos mutantes de MAYV, aumentando sus índices de CpGs en: toda la región codificante (FG+), exclusivamente en la



región no estructural (NS+) y exclusivamente en la región estructural (S+). Se compararon las curvas de crecimiento (título viral vs. tiempo) en células A549 a una alta y baja multiplicidad de infección (MOI) y los resultados obtenidos mostraron valores mayores a un orden de diferencia entre WT y FG+, siendo WT el que mayores títulos virales presentó. Esto demuestra un cambio de fenotipo: el aumento de CpGs dificulta su replicación en células A549.

Palabras clave: arbovirus, atenuación, Mayaro Virus

Introducción

Uruguay se encuentra en un contexto de inminente riesgo de emergencia o re-emergencia de diversos arbovirus, debido a la repetida ocurrencia de brotes de los virus Dengue, Zika, Chikungunya y Mayaro en la región, así como a la extendida presencia del principal vector de estos agentes a nivel urbano, el mosquito *Aedes aegypti*. Los arbovirus cuentan con genomas de ARN, lo que les confiere una gran variabilidad genética que, sumada a sus altas tasas de replicación y grandes tamaños poblacionales, les brinda un gran potencial adaptativo a diferentes vectores y hospederos (Bennet et al., 2010; Brault et al., 2007; Malkinson et al., 2002; Messer, Gubler, Harris, Sivananthan y de Silva, 2003; Moudy, Meola, Morin, Ebel y Kramer, 2007). Estas características dificultan y comprometen el diseño de vacunas eficientes y seguras contra los arbovirus.

Las vacunas vivas atenuadas (VVA) contra enfermedades virales humanas se encuentran entre las intervenciones más exitosas y rentables en la historia médica, siendo responsables de la erradicación de la viruela y la disminución significativa de casos de sarampión y poliomielitis a nivel mundial (Minor, 2015). Asimismo, se ha demostrado su efectividad en provocar una protección duradera a través de respuestas humorales y celulares, requiriendo menos dosis que otras estrategias vacunales (Jang y Seong, 2012). En los últimos años se han explorado diferentes abordajes para el desarrollo y la mejora de VVA mediante la atenuación viral, con el objetivo de reducir al mínimo el potencial de reversión de las mismas (Bull, Smithson y Nuismer, 2018). Por esta razón, es de importancia analizar y desarrollar nuevas estrategias de atenuación y evaluar su potencial como nuevos candidatos vacunales.



En el presente trabajo se abordó una estrategia de atenuación viral del virus Mayaro (MAYV). MAYV, al igual que el virus chikungunya (CHIKV), pertenece al género Alphavirus, dentro de la familia *Togaviridae*. Este es artritogénico, causante de un síndrome tipo-dengue, asociado con una poliartralgia debilitante grave y persistente que puede afectar la calidad de vida del individuo (Levi y Vignuzzi, 2019), lo cual hace de gran importancia su estudio.

La estrategia de atenuación utilizada en este trabajo se basa en mutaciones sinónimas, las cuales son generalmente consideradas selectivamente neutrales debido a que no cambian la secuencia de aminoácidos de una proteína. El sesgo en el uso de codones sinónimos de los virus, puede ser resultado de selección por eficiencia traduccional, sesgos mutacionales, requisitos de apareamiento de bases en las estructuras de ARN o incluso por selección contra dinucleótidos específicos por efectores inmunes innatos (Jorge, Mills y Lauring, 2015).

Estudios *in silico* realizados previamente en nuestro laboratorio sugieren que existe una influencia de los diferentes hospederos (mamíferos/aves/insectos) y vectores (mosquitos/garrapatas), en la composición genómica de distintos

Flavivirus. Esto se traduce en perfiles genéticos diferenciales de acuerdo al mecanismo de transmisión de los mismos. Trabajos previos evidenciaron que, a diferencia de los arbovirus (que replican alternadamente en insectos y vertebrados), los virus que únicamente infectan mosquitos presentan genomas con características composicionales particulares, en especial, altas frecuencias relativas de CpGs (Simón, Fajardo, Sónora, Delfraro y Musto, 2017). Este dinucleótido ha sido sugerido como un blanco de respuestas del sistema inmune en vertebrados, razón por la que está sub-representado en virus ARN que infectan estos organismos, pero no en especies específicas de artrópodos, debido a la ausencia de este efecto antiviral y a la presencia de una inmunidad basada en ARN de interferencia (Cheng *et al.*, 2013). Se ha reportado que un incremento en la frecuencia de CpGs puede activar más eficientemente la respuesta inmune en vertebrados (Tulloch, Atkinson, Evans, Ryan y Simmonds, 2014). Por consiguiente, dado que esta característica representa una firma genómica asociada a virus que replican exclusivamente en insectos, este trabajo tuvo como objetivo la generación de cepas de MAYV con índices de CpGs aumentados, como estrategia para su atenuación en



vertebrados , restringiendo su evolución hacia los hospederos invertebrados.

Objetivos

Objetivo general

Limitar la replicación de MAYV en células de mamífero mediante el enriquecimiento del dinucleótido CpG.

Objetivos específicos

1. Generar clones infecciosos de MAYV con enriquecimiento en CpGs.
2. Producir stocks virales a partir de los clones infecciosos wild type y con enriquecimiento en CpGs.
3. Realizar curvas de crecimiento viral para cada cepa en líneas celulares de mamíferos.

Materiales y métodos

Diseño de clones infecciosos

Para generar los clones infecciosos enriquecidos en CpGs, se re-codificó un clon infeccioso de MAYV (llamado JW). Este consiste de un plásmido que contiene el genoma wild type completo de MAYV, precedido por un promotor de citomegalovirus (CMV), lo cual permite la transcripción dentro de células eucariotas. Adicionalmente, tiene una señal de polyA de SV40 río abajo del genoma de MAYV que indica la terminación de la

transcripción y el agregado de la cola polyA en cultivo celular. Además, posee un gen de resistencia a ampicilina, lo cual permite seleccionar colonias bacterianas transformadas con este plásmido.

La re-codificación de JW se realizó con el fin de generar tres genomas sintéticos distintos de MAYV, aumentando sus índices de CpGs en: 1) toda la región codificante (FG+), 2) exclusivamente en la región no estructural (NS+) y 3) exclusivamente en la región estructural (S+).

Esta re-codificación se llevó a cabo mediante la clonación de fragmentos sintéticos (gBlocks), sintetizados en Integrated DNA Technologies, USA. Para diseñar estos gBlocks, se analizaron todas las secuencias de MAYV disponibles en las bases de datos de forma tal de incluir CpGs ya existentes en la naturaleza. Asimismo, estos CpGs se incluyeron en los casos en que la modificación de un único nucleótido en el clon JW diera lugar a este dinucleótido, siempre y cuando esta mutación no generara un cambio aminoacídico. De esta forma, los constructos generados contenían CpGs extras, sin cambiar su identidad aminoacídica con respecto a la secuencia wild type presente en JW. Cabe destacar



que los CpGs agregados debían estar en dos o más secuencias de la base de datos para ser tomados en cuenta, de forma tal de descartar posibles errores de secuenciación.

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, los mutantes NS+, S+ y FG+ diseñados contienen 83, 46 y 129 CpGs agregados con respecto al wild type respectivamente.

Se sintetizaron 3 gBlocks en total: los primeros dos correspondientes a la primera y segunda mitad de la región no estructural del genoma de MAYV y el tercero correspondiente a la región no estructural. Estos fragmentos se diseñaron de forma tal de estar parcialmente solapados.

Generación de clones infecciosos

La clonación de los gBlocks de interés en JW se realizó mediante in-fusion cloning, utilizando el kit In-Fusion® HD EcoDry™ Cloning Kit (Takara Bio, USA) según las indicaciones del fabricante. Para poder clonar con esta metodología, se amplificó previamente por PCR cada gBlock y la región backbone de interés (proveniente de JW) con primers complementarios a los extremos del backbone/fragmento sintético adyacente. Estas PCR se

realizaron con Platinum™ SuperFi™ PCR Master Mix (Invitrogen, USA) y se verificó el tamaño de banda esperado por electroforesis en geles de agarosa al 1% en TAE 0,5X y teñidos con SYBR® Safe (Invitrogen, EE.UU), con el marcador de peso molecular 1 Kb Plus DNA Ladder (Thermo Scientific, USA) . Seguido de esto, los productos de PCR se purificaron a partir del gel con el kit Zymoclean Large Fragment DNA Recovery Kit (Zymo Research, USA).

Luego de realizar el método de in-fusion cloning, se transformaron los plásmidos generados (NS+, S+ y FG+) y JW en bacterias *E. coli* quimiocompetentes (NEB® Turbo Competent *E. coli*) mediante shock térmico según el protocolo de alta eficiencia de NEB. Estas se plaquearon en placas de petri con medio LB agar y ampicilina (concentración final 100 ug/mL) y se incubaron a 37°C overnight (o.n).

Al día siguiente, se seleccionaron 4 colonias de cada placa y se crecieron o.n a 37°C en 5 mL de medio LB con ampicilina en una concentración final 100ug/mL. Seguido de esto, se procedió a realizar la extracción de los plásmidos NS+, S+, FG+ y JW con el kit Zyppy Plasmid Miniprep Kit (Zymo Research, USA).



Los plásmidos obtenidos se secuenciaron de forma completa por secuenciación de Sanger (Macrogen, Corea del Sur) con el fin de verificar la obtención de los clones infecciosos de interés (NS+, S+, FG+ y JW (wild type)).

Producción de stocks virales

Los clones infecciosos wild type (WT), NS+, S+ y FG+ fueron transfectados en células Vero (riñón de mono verde africano, ATCC CCL-81) con el fin generar una progenie viral inicial (p0). Esta transfección se realizó sobre células con un 70% de confluencia, en placas de 6 wells con Lipofectamine™ 3000 Transfection Reagent (Invitrogen, USA), de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Al observar efecto citopático (48 horas post transfección), se recuperó el medio celular continente de p0. Esta p0 se utilizó para infectar células Vero en monocapa en frascos T75 de forma tal de generar una progenie p1 y, a partir de esta, se generó una progenie p2. Para cada pasaje, se utilizaron 500 uL de la progenie anterior y se colectó el medio celular al observar efecto citopático. Todas las progenies generadas se conservaron en alícuotas de 500 uL a -80°C.

La p2 generada para cada virus (WT, NS+, S+ y FG+) es la que se utilizó de stock viral para todos los experimentos posteriores, por lo que se tituló mediante plaque assay en células Vero, según los métodos de Moratorio *et al.* (2017). Adicionalmente, a partir de cada una de las p2, se extrajo ARN con el kit QIAamp Viral RNA Mini Kit (QIAGEN, Alemania). A partir de estos ARN se realizó una retrotranscripción con el kit Maxima H Minus First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Scientific, USA) y su Oligo(dT)₁₈ Primer para generar un ADNc del genoma viral completo. Seguido de esto, se amplificó por PCR, con Platinum™ SuperFi™ PCR Master Mix (Invitrogen, USA), un amplicón de 2888pb perteneciente a la región limitante entre la región estructural y no estructural de MAYV. Estos productos de PCR se purificaron con el kit DNA Clean & Concentrator-25 (Zymo Research, USA) y se utilizaron para verificar, mediante secuenciación de Sanger (Macrogen, Corea del Sur), que los stocks virales generados eran los de interés. los protocolos utilizados para estos ensayos fueron los recomendados por el fabricante.

Curvas de crecimiento en células A549



Se infectaron células A549 (carcinoma pulmonar humano, ATCC CCL-185) en placas de 6W a partir de los stock virales generados de MAYV (wild type y mutantes) con dos multiplicidades de infección (MOI) distintas (MOI=3 y MOI=0,01). Seguido de esto, se recolectaron 150 uL de medio de cultivo de las células infectadas a las 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas post-infección. Estas muestras tomadas a distintos tiempos se titularon en células Vero mediante plaque assay según los métodos de Moratorio *et al.* (2017).

La curva de crecimiento para cada mutante y wild type se realizó graficando el título viral vs. tiempo. Cabe destacar que para realizar la curva de cada virus a analizar, las infecciones en A549 se realizaron por triplicado.

Mantenimiento celular

Tanto las células vero como las células A549 fueron mantenidas con medio de cultivo DMEM con 10% de suero fetal bovino (SFB), 100 µg/mL de estreptomina, 100 unidades/mL de penicilina previo a ser infectadas. Luego de las infecciones se utilizó medio DMEM con 2% de SFB y las mismas concentraciones de estreptomina y penicilina anteriores.

Condiciones de bioseguridad

Todo trabajo realizado en cultivo celular a partir de estos clones infecciosos se realizó en condiciones de bioseguridad nivel 2.

Resultados y discusión

Los estudios de la cinética de replicación del virus WT y de los virus mutantes NS+, S+ y FG+ a alta y baja MOI mostraron los siguientes resultados:

1) El punto con mayor título viral de todos los virus evaluados (mutantes y WT) a una MOI=3 ocurrió a las 24 horas post-infección, mientras que el mayor título viral a una MOI=0.01 sucedió a las 72 horas post-infección. Esto indica que, ante una MOI baja, la cinética de replicación de todos los virus analizados fue tardía, con respecto a la de una MOI alta. Además, los mayores títulos virales alcanzados a una MOI=0.01 (cerca de 10^7 PFU/mL) fueron más altos que los alcanzados a una MOI=3, (siendo el más elevado de 10^6 PFU/mL) (Figura 1). Esto se podría explicar por la definición técnica de multiplicidad de infección (MOI), que refiere, en este caso, al número de partículas infectivas por célula. En el caso de la MOI=3, el objetivo era que todas las células fueran infectadas al inicio, lo que provocó la muerte celular total en un



tiempo menor. Por otro lado, cuando se realizó la infección con una $MOI=0.01$, no todas las células fueron infectadas al inicio, permitiendo así que las células no infectadas siguieran creciendo y replicándose, dando la posibilidad de que se formara un mayor número de partículas virales infectivas en un tiempo más prolongado.

2) Al observar las curvas de crecimiento viral a una MOI alta, se detectó una diferencia mayor a un orden entre el título viral de WT y FG+ a las 24h horas post-infección, siendo WT el que presentó un mayor título viral. Adicionalmente, los títulos de NS+ y S+ se ubicaron en medio de estos dos, siendo NS+ el de menor título. Este resultado indica un cambio de fenotipo entre el virus wild type y los mutantes, siendo mayor la diferencia a medida que aumenta el número de CpGs agregados. Este mismo patrón se puede observar las 48 horas post infección con una MOI baja, aunque la diferencia entre los títulos virales es menor.

Conclusiones

Dados los resultados obtenidos, se puede concluir que el aumento de CpGs en MAYV dificulta su replicación en células A549, generando un fenotipo atenuado.

Perspectivas

Adicionalmente a estos estudios, se realizó la puesta a punto de una qPCR específica para MAYV que permitirá, además de ser utilizada para el diagnóstico, cuantificar los genomas presentes en cada punto en el tiempo durante estas curvas de crecimiento y calcular su infectividad específica. Esto también será de utilidad para verificar las diferencias entre los virus mutantes y wild type descritas en este trabajo.

Estos resultados se enmarcan dentro de un proyecto en el cual se evaluará el crecimiento del virus wild type y los mutantes generados con alta frecuencia de CpGs en varias líneas celulares de mamíferos, incluyendo células Vero, HeLa y HepG2, además de las A549 utilizadas en este trabajo. Adicionalmente, se están realizando estudios con infecciones de alta y baja MOI en la línea celular de mosquito C6/36. Los resultados de estos estudios serán un complemento de los presentados en este trabajo y podrán aportar al análisis de esta estrategia de atenuación de MAYV como una candidata vacunal.

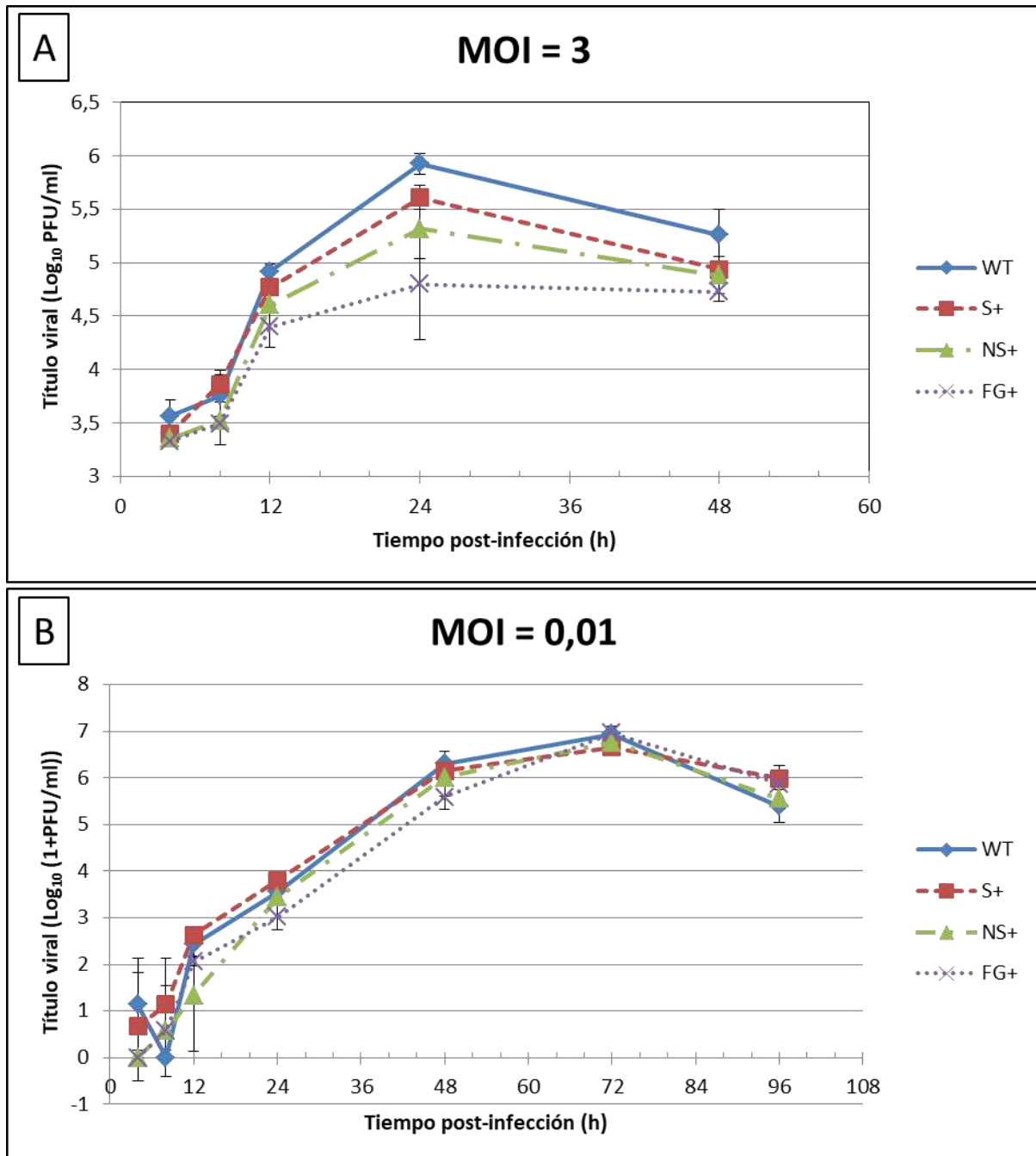


Figura 1. Curvas de crecimiento viral a alta y baja MOI en células A549. Células A549 fueron infectadas con MAYV wild type (WT) y los mutantes NS+, S+ y FG+ con una MOI=3 (A) y una MOI=0.01 (B). Se tomaron alícuotas del medio celular a las 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas post-infección. El título viral se determinó por plaque assay en células Vero. Los puntos en cada gráfico representan la media de tres réplicas independientes y las barras de error representan el desvío estándar.



Bibliografía

Bennett, S. N., Drummond, A. J., Kapan, D. D., Suchard, M. A., Muñoz-Jordán, J. L., Pybus, O. G., Holmes, E. C., & Gubler, D. J. (2010). Epidemic dynamics revealed in dengue evolution. *Molecular biology and evolution*, 27(4), 811–818.
<https://doi.org/10.1093/molbev/msp285>

Brault, A. C., Huang, C. Y., Langevin, S. A., Kinney, R. M., Bowen, R. A., Ramey, W. N., Panella, N. A., Holmes, E. C., Powers, A. M., & Miller, B. R. (2007). A single positively selected West Nile viral mutation confers increased virogenesis in American crows. *Nature genetics*, 39(9), 1162–1166.
<https://doi.org/10.1038/ng2097>

Bull, J. J., Smithson, M. W., & Nuismer, S. L. (2018). Transmissible Viral Vaccines. *Trends in microbiology*, 26(1), 6–15.
<https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.09.007>

Cheng, X., Virk, N., Chen, W., Ji, S., Ji, S., Sun, Y., & Wu, X. (2013). CpG usage in RNA viruses: data and hypotheses. *PloS one*, 8(9), e74109.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074109>

Jang, Y. H., & Seong, B. L. (2012). Principles underlying rational design of live

attenuated influenza vaccines. *Clinical and experimental vaccine research*, 1(1), 35–49.

<https://doi.org/10.7774/cevr.2012.1.1.35>

Jorge, D. M., Mills, R. E., & Lauring, A. S. (2015). CodonShuffle: a tool for generating and analyzing synonymously mutated sequences. *Virus evolution*, 1(1), vev012.
<https://doi.org/10.1093/ve/vev012>

Levi, L. I., & Vignuzzi, M. (2019). Arthritogenic Alphaviruses: A Worldwide Emerging Threat?. *Microorganisms*, 7(5), 133.
<https://doi.org/10.3390/microorganisms7050133>

Malkinson, M., Banet, C., Weisman, Y., Pokamunski, S., King, R., Drouet, M. T., & Deubel, V. (2002). Introduction of West Nile virus in the Middle East by migrating white storks. *Emerging infectious diseases*, 8(4), 392–397.
<https://doi.org/10.3201/eid0804.010217>

Messer, W. B., Gubler, D. J., Harris, E., Sivananthan, K., & de Silva, A. M. (2003). Emergence and global spread of a dengue serotype 3, subtype III virus. *Emerging infectious diseases*, 9(7), 800–809.
<https://doi.org/10.3201/eid0907.030038>



Minor P. D. (2015). Live attenuated vaccines: Historical successes and current challenges. *Virology*, 479-480, 379–392. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2015.03.032>

Moratorio, G., Henningsson, R., Barbezange, C., Carrau, L., Bordería, A. V., Blanc, H., Beaucourt, S., Poirier, E. Z., Vallet, T., Boussier, J., Mounce, B. C., Fontes, M., & Vignuzzi, M. (2017). Attenuation of RNA viruses by redirecting their evolution in sequence space. *Nature microbiology*, 2(8), 17088. <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2017.88>

Moudy, R. M., Meola, M. A., Morin, L. L., Ebel, G. D., & Kramer, L. D. (2007). A newly emergent genotype of West Nile virus is transmitted earlier and more efficiently by *Culex* mosquitoes. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 77(2), 365–370.

Simón, D., Fajardo, A., Sónora, M., Delfraro, A., & Musto, H. (2017). Host influence in the genomic composition of flaviviruses: A multivariate approach.

Biochemical and biophysical research communications, 492(4), 572–578. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.06.088>

Tulloch, F., Atkinson, N. J., Evans, D. J., Ryan, M. D., & Simmonds, P. (2014). RNA virus attenuation by codon pair deoptimisation is an artefact of increases in CpG/UpA dinucleotide frequencies. *eLife*, 3, e04531. <https://doi.org/10.7554/eLife.04531>

Financiamiento

Fondo Clemente Estable - Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA).

Agradecimiento

Se agradece al Msc. Diego Simón, la Dra. Marianoel Pereira y la Dra. Pilar Moreno por sus aportes constructivos durante el desarrollo de este trabajo.

Detección de *Acanthamoeba polyphaga* mimivirus (APMV) en aguas de diferentes regiones del Uruguay



D.38. Virología molecular

Detección de *Acanthamoeba polyphaga mimivirus* (APMV) en aguas de diferentes regiones del Uruguay

Autor: Bargas, María Belén; mbargas0708@gmail.com

Co-autor(es): Cedrés, Camila; camila.cedres.nova@gmail.com; García, Mateo; matugarcia15@gmail.com; Pereira, Martina; martina.pereira1209@gmail.com; Robert, Romina; rominarobert09@gmail.com

Profesora Guía: Ramos, Natalia; nramos@fcien.edu.uy

UdelaR

Los Mimivirus son "virus gigantes", que a diferencia de los virus que comúnmente conocemos, presentan una estructura muy compleja y su tamaño permite observarlos al microscopio óptico. Por 10 años fueron confundidos con bacterias gram positivas y recién en 2003, gracias a la microscopía electrónica que permitió observar su estructura icosaédrica, se determinó que se trataba de un virus. Se lo denominó *Acanthamoeba polyphaga mimivirus* (APMV) por su habilidad de infectar a las amebas de ese género (su principal hospedero) e "imitar" a bacterias. El objetivo del trabajo fue realizar por primera vez en el Uruguay un relevamiento de la presencia de APMV en 100 muestras de agua (arroyos, lagos, playas), recolectadas en distintos puntos del país. Utilizando una herramienta de biología molecular, la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), fue posible amplificar y secuenciar un pequeño segmento del genoma del virus a partir de una muestra recolectada en el Arroyo Vizcaíno. Una vez que este hallazgo fue confirmado mediante el análisis de la secuencia, la muestra de agua positiva por PCR se observó al microscopio electrónico de transmisión, observándose estructuras con características similares a la partícula de APMV. Además, se buscó aislar el virus en cultivos de amebas. Al inocular amebas con muestras de agua de dicho lugar, pudimos observar cambios morfológicos en las células característicos de una infección con Mimivirus. El crecimiento del virus en el cultivo pudo confirmarse al detectar genoma viral en el cultivo inoculado utilizando una PCR en tiempo real. Este proyecto nos permitió identificar un virus gigante en Uruguay y se realizarán más estudios para conocer en profundidad sus características.

Palabras clave: Mimivirus, detección, Uruguay



Introducción

Los virus son entidades infecciosas simples que dependen de la célula hospedera para replicarse, carecen de maquinaria para la producción de energía y de traducción, y consisten en un ácido nucleico (ADN o ARN) envuelto por una cubierta proteica simétrica denominada cápside (Lwoff, 1957).

Históricamente los virus han sido relegados de la microbiología tradicional por tener dichas características y por no poder ser visualizados al microscopio óptico debido a su pequeño tamaño que oscila entre 20 y 300 nm (Prescott, 2010). Sin embargo, en el año 2003, se descubrió la existencia de virus gigantes que infectan amebas, los cuales presentan cápsides complejas de un tamaño de 750 nm aproximadamente y genomas de gran tamaño que codifican alrededor de 900 proteínas (La Scola et al., 2003; Raoult et al., 2004). Este descubrimiento fue muy importante ya que generó un cambio en el paradigma de la virología. Particularmente, este gran tamaño permite la visualización de las partículas virales por microscopía óptica, mediante la utilización de la técnica de tinción de Gram (Colson et al., 2017).

Los virus gigantes se clasifican dentro del grupo de los virus nucleocitoplasmáticos de ADN de gran tamaño (NCLDV) y el primero

en ser descubierto fue denominado *Acanthamoeba polyphaga mimivirus* (APMV), perteneciente a la familia *Mimiviridae* (Campos et al., 2014). Fueron llamados así debido a que su hospedero principal son las amebas de vida libre del género *Acanthamoeba* y al observarlos al microscopio óptico con tinción de Gram, "imitan" a una bacteria Gram positiva. Esto se debe a que los Mimivirus poseen fibras que se proyectan desde su cápside y están cubiertas de peptidoglicanos, compuesto que retiene el cristal violeta de la tinción de Gram (Colson et al., 2017).

Estos "nuevos virus" fueron aislados por primera vez en 1992 a partir de un brote de neumonía en Bradford, Inglaterra. Aparecieron analizando muestras de agua pertenecientes al aire acondicionado de un hospital. En principio, al ser confundidos con bacterias gram positivas se denominaron cocos-Bradford. Años más tarde, debido a que luego de varios intentos no se logró amplificar el ADN ribosomal 16S, se realizó un análisis por microscopía electrónica que reveló la forma icosaédrica de su cápside y su parecido a una iridovirus gigante (Colson et al., 2017). Por otra parte, se realizó un estudio de su curva de replicación en amebas que evidenció la fase de eclipse característica de los virus (Raoult et al., 2014).



Las partículas virales de APMV presentan una estructura muy compleja que le confiere estabilidad ante condiciones ambientales adversas, donde la integridad del genoma es vital. Estos virus han sido encontrados en una amplia variedad de entornos cercanos al agua, tanto en fuentes artificiales como pueden ser sistemas de refrigeración, como en ríos, lagos y océanos (Tan et. al., 2018). De hecho, se consideran virus ubicuos en los ambientes acuáticos e incluso, debido a su abundancia, no se requiere de métodos de concentración de agua para su identificación (Campos et. al., 2014).

Los Mimivirus están compuestos por un core dentro del cual se empaqueta el genoma de ADN y numerosas proteínas que intervienen en la replicación y transcripción. El core se encuentra rodeado de membranas internas y estas por una cápside externa de la cual se proyectan fibras de 120-140 nm que forman una capa densa muy glicosilada. La cápside tiene simetría pseudo-icosaédrica ya que posee una estructura en forma de estrella en una de sus caras, denominada *stargate*, importante en la etapa de liberación del genoma dentro de la ameba (Campos et al., 2014).

Además de su gran tamaño y características estructurales, los APMV

tienen características genómicas particulares que no se habían descrito en los virus antes de su descubrimiento, por ejemplo, su extenso genoma compuesto por ADN de doble hebra que presenta una longitud de 1.2 Mpb, siendo incluso mayor que el genoma de algunas bacterias (Colson et al., 2017). A su vez, el estudio del genoma evidenció la presencia de genes no observados en ningún otro virus y que hasta entonces se creían exclusivos de organismos celulares (Raoult et al. 2004). Estos genes codifican para proteínas que intervienen en la traducción como ser factores de traducción y aminoacil ARNt sintetasas, y para diversos ARNt. El hecho de presentar repertorios genéticos que codifican para componentes de la traducción contradice algunas características de los virus establecidas hasta el momento. Sin embargo, es de gran importancia recalcar que la ausencia de ribosomas separa a los virus gigantes de los demás dominios de vida (Colson et al., 2017).

Otra característica importante que diferencia a los Mimivirus de otros virus es que estos presentan un amplio rango de hospedero dado que su mecanismo de entrada es a través de fagocitosis y no mediante receptores virales específicos que interactúan con un receptor celular. Además, son parasitados por otros virus



denominados virofágos, y en el transcurso de su historia evolutiva han desarrollado mecanismos de defensa contra los mismos (Colson et al., 2017).

El descubrimiento del APMV impulsó la búsqueda de otros virus gigantes, que se han aislado en diversos nichos ambientales (Chatterjee et al., 2019). Si nos centramos en el origen del descubrimiento de este virus tan particular, podemos notar que ha estado involucrado como posible agente de neumonía en animales, especialmente en los seres humanos. Por lo tanto, pueden considerarse como un potencial patógeno y requieren una investigación detallada que permita identificarlos y caracterizarlos (Raoult et al., 2007). Asimismo, el descubrimiento de los virus gigantes ha abierto un debate sobre el origen y evolución de los virus. Algunos autores consideran que estos virus han adquirido su enorme arsenal genético por transferencia horizontal de otros virus y organismos celulares (Yutin et al., 2014), mientras que otros sugieren que estos virus gigantes tienen un ancestro común mucho más complejo y representan un cuarto dominio entre los seres vivos (Raoult, 2013).

Profundizar en el estudio de los Mimivirus en diferentes ambientes acuáticos de distintas partes del mundo aportará

información útil al conocimiento de estos nuevos virus. Particularmente, en Uruguay, hasta el momento no hay información disponible sobre la presencia de estos virus gigantes.

Objetivos

General

- Realizar un relevamiento de la presencia de APMV en muestras de agua de diferentes regiones del Uruguay.

Específicos

- Generar un muestreo de 100 muestras de agua, donde se vean representados ríos, playas, y lagunas de diferentes regiones de nuestro país.
- Detectar la presencia de APMV en muestras de agua utilizando diferentes técnicas de identificación.



Materiales y métodos

Obtención de muestras

Se realizó la toma de 100 muestras de agua y se realizaron distintas salidas de campo con el fin de recolectar muestras de agua en distintos puntos del Uruguay.

Considerando los diferentes cuerpos de agua donde se ha detectado la presencia de Mimivirus en otros países, se tomaron muestras en el Río Negro (-33.242774, -58.029200), Río Uruguay (-32.310074, -58.099210), Arroyo Vizcaíno (-34.6167, -56.0333), Lago del Parque Rodó (-34.913118, -56.166880), playa Ramírez (-34.916532, -56.170227), Arroyo Solís (-34.778031, -55.397431), Termas del Daymán (-31.452500, -57.909389) y Río Rosario (-34.358117, -57.312695).

Las muestras fueron recolectadas en tubos de 1,5 ml, se mantuvieron refrigeradas durante su transporte y finalmente se llevaron al Laboratorio de Virología de la Facultad de Ciencias, donde se conservaron a -20°C hasta realizar los análisis correspondientes.

Detección molecular de APMV

Para el relevamiento de la presencia de APMV en muestras de agua, primeramente, se realizó la extracción de

ADN total por medio del método de fenol-cloroformo. Luego se procedió a cuantificar la concentración de ADN en un nanodrop, tomando en consideración una concentración de 100-300 ng/μL para realizar la detección molecular.

En cuanto a la técnica de detección se utilizó la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) mediante la utilización de cebadores específicos y un control positivo de APMV cedido por el Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad Federal de Minas Gerais. Esta técnica permite detectar una secuencia de 137 pb correspondiente a la cápside de APMV. Posteriormente se procedió al revelado del producto de la PCR por electroforesis en gel de agarosa.

Microscopia electrónica de transmisión

Observamos una muestra de agua con resultado de PCR positivo en el microscopio electrónico de transmisión (MET) mediante tinción negativa. Se colocaron 10μl de agua en una grilla, se drenó el exceso y se agregó uranio al 2% por dos minutos, luego se expuso la muestra al microscopio.



Aislamiento en cultivos de amebas de una muestra positiva por PCR

Utilizamos la técnica de aislamiento viral y visualización de efecto citopático característico de APMV en amebas *Acanthamoeba Castellanii*. Para ello, sembramos amebas en una placa de cultivo de 96 pocillos y colocamos directamente en el pocillo las muestras de agua. Incluimos en el ensayo un control positivo de APMV también cedido por la Universidad Federal de Minas Gerais y un control sin infectar. Se realizó la visualización a diario del efecto citopático mediante un microscopio óptico invertido. La identificación del efecto citopático en la muestra se realizó por comparación con los controles empleados.

El aislamiento viral servirá como insumo futuro para profundizar en la caracterización de los virus identificados.

Resultados y discusión

Fue posible llevar a cabo un relevamiento de la presencia de APMV en un total de 100 muestras de agua de diferente origen, recolectadas en distintos puntos del país (figura 1), por lo que el objetivo principal de este proyecto fue cumplido. Como resultado relevante, se identificó la presencia del genoma de APMV en una de

estas muestras mediante la técnica de PCR convencional. Una vez obtenida la secuencia luego de la amplificación por PCR, se realizó el análisis mediante la herramienta BLAST (por su sigla en inglés Basic Local Alignment Search Tool) del NCBI (National Center for Biotechnology Information). Esta herramienta fue utilizada para la búsqueda de similitud entre la secuencia obtenida y secuencias ya presentes en la base de datos. Se obtuvo un porcentaje de identidad de 98.56% con Mimivirus Bombay y Samba Virus, entre otros, (figura 2), siendo estos últimos identificados en India y Brasil, respectivamente. Este resultado permitió confirmar que la secuencia identificada corresponde a un fragmento del genoma de APMV. Según la bibliografía, Samba Virus pertenece al linaje A de la familia *Mimiviridae* (Campos et. al. 2004), por lo que es posible inferir que la secuencia detectada está más emparentada con dicho linaje que con los linajes B y C.

Además, a partir de la muestra de agua con resultado de PCR positivo logramos observar al MET estructuras con características similares a una partícula de APMV (figura 3).

Posteriormente, decidimos aislar el virus en amebas. Debido a que la muestra original en un principio fue calentada, era posible

que se hubiese afectado la viabilidad de las partículas virales, lo cual impediría el crecimiento del virus en amebas. Por tal motivo, recolectamos más muestras en el lugar donde obtuvimos la primera muestra positiva. Al inocular amebas con dichas muestras pudimos observar cambios morfológicos en las células que se correlacionan con el efecto citopático esperable en una infección con Mimivirus (figura 4). Como paso posterior, analizamos estas muestras mediante qPCR y obtuvimos un resultado muy similar al control positivo (fig. 5). Los resultados obtenidos coinciden con los resultados esperados por el equipo. La cantidad de muestras recolectadas y analizadas era importante para aumentar las posibilidades de identificar alguna muestra positiva. En este trabajo se pudo identificar una secuencia de APMV por primera vez en nuestro país y se obtuvieron datos preliminares de su aislamiento en cultivo de amebas.

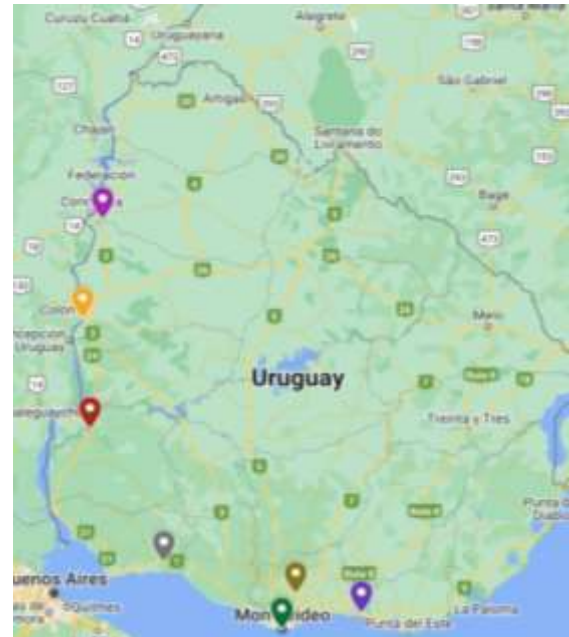


Figura 1. Mapa del Uruguay con los 8 puntos geográficos en donde se realizó la recolección de las muestras de aguas analizadas en este trabajo.



Accession number	Accession number	Score	Max. Ident. Pos.	Ident. Pos.	E-value	Query coverage	Accession number	Accession number	Score	Max. Ident. Pos.	Ident. Pos.	E-value	Query coverage
U000000000	U000000000	100	100	100	0.000000	100	U000000000	U000000000	100	100	100	0.000000	100
U000000000	U000000000	99	99	99	0.000000	99	U000000000	U000000000	99	99	99	0.000000	99
U000000000	U000000000	98	98	98	0.000000	98	U000000000	U000000000	98	98	98	0.000000	98
U000000000	U000000000	97	97	97	0.000000	97	U000000000	U000000000	97	97	97	0.000000	97
U000000000	U000000000	96	96	96	0.000000	96	U000000000	U000000000	96	96	96	0.000000	96
U000000000	U000000000	95	95	95	0.000000	95	U000000000	U000000000	95	95	95	0.000000	95
U000000000	U000000000	94	94	94	0.000000	94	U000000000	U000000000	94	94	94	0.000000	94
U000000000	U000000000	93	93	93	0.000000	93	U000000000	U000000000	93	93	93	0.000000	93
U000000000	U000000000	92	92	92	0.000000	92	U000000000	U000000000	92	92	92	0.000000	92
U000000000	U000000000	91	91	91	0.000000	91	U000000000	U000000000	91	91	91	0.000000	91
U000000000	U000000000	90	90	90	0.000000	90	U000000000	U000000000	90	90	90	0.000000	90

Figura 2. Resultado del análisis de la secuencia donde se observa la búsqueda de similitud entre la secuencia obtenida y secuencias presentes en la base de datos mediante la herramienta BLAST.

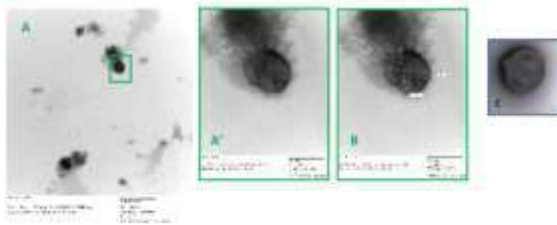


Figura 3. Imágenes obtenidas mediante microscopía electrónica de transmisión. A, A' y B) tinción negativa de muestra de agua con resultado de PCR positivo C) Fotografía de una MET (tinción negativa) de una partícula de APMV (James Van Etten. (2008). Lesser Known Large dsDNA Viruses, Springer).



Figura 4. Crecimiento de APMV en cultivo de amebas. A) Control negativo sin infectar. B) Control positivo a las 24 horas de infección. C) Efecto citopático obtenido al inocular con la muestra de agua luego de un segundo pasaje y observado a las 48 horas post-infección.

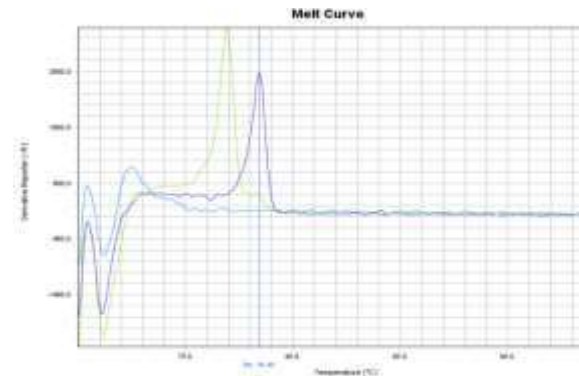


Figura 5. Representación de la curva de melting resultante de la qPCR. En color verde se observa la muestra analizada, en color azul el control positivo utilizado como referencia y en celeste el control negativo.

Conclusiones

Identificamos por primera vez en Uruguay a APMV en aguas del arroyo Vizcaíno dado que detectamos una pequeña secuencia de su genoma y se obtuvieron datos preliminares de su aislamiento en cultivo de amebas.

Asimismo, obtuvimos un muestreo amplio de aguas del Uruguay el cual puede utilizarse para detectar virus gigantes con técnicas moleculares más sensibles como la qPCR.

Este trabajo es el punto de partida para profundizar en investigaciones sobre este virus en nuestro país. Se realizarán futuros estudios para conocer sus características genómicas y biológicas.



Bibliografía

- Campos, R. K., Boratto, P. V., Assis, F. L., Aguiar, E. R. G. R., Silva, L. C. F., Albarnaz, J. D., Dornas, F. P., Trindade, G. S., Ferreira, P. P., Marques, J. T., Robert, C., Raoult, D., Kroon, E. G., La Scola, B., & Abrahão, J. S. (2014). Samba virus: a novel mimivirus from a giant rain forest, the Brazilian Amazon. *Virology Journal*, 11(1), 95.
<https://doi.org/10.1186/1743-422x-11-95>
- Chatterjee, A., Sicheritz-Pontén, T., Yadav, R., & Kondabagil, K. (2019). Genomic and metagenomic signatures of giant viruses are ubiquitous in water samples from sewage, inland lake, wastewater treatment plant, and municipal water supply in Mumbai, India. *Scientific Reports*, 9(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-40171-y>
- Colson, P., La Scola, B., Levasseur, A., Caetano-Anollés, G., & Raoult, D. (2017). Mimivirus: leading the way in the discovery of giant viruses of amoebae. *Nature Reviews Microbiology*, 15(4), 243-254.
<https://doi.org/10.1038/nrmicro.2016.197>
- James Van Etten. (2008) *Lesser Known Large dsDNA Viruses*, Springer.
- Lwoff, A. (1957). *Journal of General Microbiology* (Vol. 17).
- Raoult, D. (2004). The 1.2-Megabase Genome Sequence of Mimivirus. *Science*, 306(5700), 1344-1350.
<https://doi.org/10.1126/science.1101485>
- Raoult, D. (2007). Mimivirus et l'histoire du vivant. *Antibiotiques*, 9(2), 77-82.
[https://doi.org/10.1016/s1294-5501\(07\)88771-1](https://doi.org/10.1016/s1294-5501(07)88771-1)
- Raoult, D. (2013). TRUC or the Need for a New Microbial Classification. *Intervirology*, 56(6), 349-353.
<https://doi.org/10.1159/000354269>
- Scola, B. L. (2003). A Giant Virus in Amoebae. *Science*, 299(5615), 2033.
<https://doi.org/10.1126/science.1081867>
- Tan, Y. F., Lim, C. Y., Chong, C. W., Lim, P. K. C., Yap, I. K. S.,



Leong, P. P., & Voon, K. (2018). Isolation and Quantification of Mimivirus-Like and Marseillevirus-Like Viruses from Soil Samples in An Aboriginal (Orang asli) Village in Peninsular Malaysia. *Intervirology*, 61(2), 92-95.
<https://doi.org/10.1159/000491602>

- Willey, J. M., Sherwood, L. M., & Woolverton, C. J. (2010). Prescott's Microbiology (5.a ed.). McGraw-Hill.
- Yutin, N., Wolf, Y. I., & Koonin, E. V. (2014). Origin of giant viruses from smaller DNA viruses not from a fourth domain of cellular life. *Virology*, 466-467, 38-52.
<https://doi.org/10.1016/j.virol.2014.06.032>

Financiamiento

El proyecto fue financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) en marco del Programa de Apoyo a la Investigación Estudiantil (PAIE) perteneciente a la Universidad de la República (UdelaR).

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Rodrigo Araújo y Dr. Jônatas Abrahão, Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil; al lugar de ejecución del proyecto la Sección de Virología Facultad de Ciencias, UdelaR y a la Dra. Gabriela Casanova y MSc. Magela Rodao, Unidad de Microscopía Electrónica, Facultad de Ciencias, UdelaR.

Detección de la expresión de oncoproteínas E6/E7 de
los Virus de Papiloma Humano de alto riesgo en el
screening de lesiones precancerosas y Cáncer de Cuello
Uterino



D. 38 Virología molecular

Detección de la expresión de oncoproteínas E6/E7 de los Virus de Papiloma Humano de alto riesgo en el screening de lesiones precancerosas y Cáncer de Cuello Uterino

Autor: Flores, Betsy; beflopa_1@hotmail.com

Co-autores: Choque, María Elena elenachoque7@gmail.com ; Farfán, Marcela mfarfancrispin@gmail.com ; Siñani, María Ángela mariangelasimichel@gmail.com ;

Zambrana, Sergio sgzb4sgzb134@gmail.com

Profesor/a guía: Terán, Carolina; teran_carolina@hotmail.com

Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Medicina

RESUMEN

Introducción: El Cáncer de cuello uterino (CC) es una de las causas más importantes de mortalidad por cáncer en la mujer, está relacionado a la infección por los Virus de Papiloma Humano de alto riesgo oncogénico (VPH-AR), así como a la producción de oncoproteínas E6/E7 indicativas de progresión a cáncer. **Objetivo:** Evaluar la detección la expresión oncoproteínas E6/E7 de los 8 tipos de (VPH-AR) y su papel en el screening de lesiones precancerosas o cancerosas en mujeres mayores de 30 años del municipio de Sucre dentro del Estudio ESTAMPA, gestión 2022. **Metodología:** Estudio descriptivo transversal analítico, se incluyeron mujeres de 30 a 64 del estudio ESTAMPA con resultado VPH + mediante HC2 en un total de 195 mujeres, se recogió datos como edad, inicio de relaciones sexuales y nro. De parejas sexuales. Se aplicó el Test para Onco E6/E7™ según Protocolo de Arbor Vita Corporation USA

2020, identificando la expresión de las oncoproteína E6/E7 de los VPH-AR y se realizó el examen colposcópico y biopsias en caso de ser necesario a todas ellas, con posterior análisis de base de datos en Excel y Epidat. **Resultados.** La edad media fue de 43 años, colposcopia reporta 102 mujeres alteraciones, histología reveló 25 mujeres con resultado negativo, 24 con NIC1, 22 con NIC2, 20 con NIC3 y 2 CACU. La prevalencia de NIC2+ en mujeres VPH+ fue del 22%. Las oncoproteínas tuvieron una positividad en 69 mujeres con mayor frecuencia para los genotipos 31, 33, 16, 52 y 18. Para la detección de neoplasias de alto Grado el Onco E6/E7 tuvo una sensibilidad de 52,22% y una especificidad del 77,55%. **Conclusión** La Detección de oncoproteínas E6/E7 podría servir como candidato prometedor para optimizar la detección del cáncer de cuello uterino. **Palabras clave:** Cáncer de cuello uterino, Infección por Virus de Papiloma Humano de alto riesgo, Onco-proteína E6/E7.



INTRODUCCION

Cáncer de cuello uterino en el mundo y Bolivia

El cáncer es una de las condiciones patológicas más mortales a nivel mundial. En particular el cáncer de cuello uterino es considerado como el cuarto cáncer más común en las mujeres y como el segundo en países en desarrollo, esto podría ser mayormente asociado con el hecho que los países menos desarrollados presentan menor cantidad de recursos destinados a la prevención y tamizaje oportuno, lo que lleva a un diagnóstico tardío.

El cáncer de cuello uterino es una patología prevenible y curable a diferencia de otros cánceres pero que afecta con mayor frecuencia a países como el nuestro.(1)

En Bolivia el cáncer de cuello uterino representa un importante problema de salud pública, presentando las tasas más elevadas de incidencia y mortalidad de la región con datos de GLOBOCAN 2020, que muestran una incidencia de 36,6 y una mortalidad de 18,0 por cada 100 000 mujeres. Lo que nos lleva a desarrollar estrategias adecuadas para prevenir o anular tal afección.(2)

Infección por VPH y desarrollo de cáncer de cuello uterino

El virus de papiloma humano (VPH) es la infección de transmisión sexual más frecuente en el mundo y se presenta en algún momento hasta en el 75% de las mujeres sexualmente activas y aunque la infección este presente, no conocen que están infectadas por la ausencia de síntomas.

Es menos conocido que casi todos los cánceres de cuello uterino (99,7%) están directamente relacionados con una infección previa con uno o más de los tipos oncogénicos de los virus de papiloma humano de alto riesgo (VPH-AR).(3)

Según World Cancer Reports "la infección epitelial persistente de uno o más tipos oncogénicos de VPH pueden conducir a lesiones precancerosas que pueden progresar a cáncer de cuello uterino invasivo" (Stewart, 2014)

Se estima que por cada millón de mujeres infectadas, el 10% (alrededor de 100 000) desarrollará cambios precancerosos en el tejido cervical. De estos, el 8% desarrollará cáncer temprano in situ (CIS) y unos pocos desarrollarán cáncer invasivo, a menos que la lesiones precancerosos se detecten y traten.

De hecho, entre el 79% a 100% de los casos de cáncer de cuello uterino invasivo cuenta con la presencia de ADN pertenecientes a tipos de VPH de alto riesgo de los cuales el 70% están relacionados con VPH-16 y VPH-18.

La infección por VPH también puede presentar afecciones u otros tipos de cáncer a nivel anal, vaginal, vulvar, o cánceres de pene en mucho menor porcentaje.

Existen alrededor de 200 genotipos de VPH actualmente documentado; sin embargo solo algunos presentan el potencial cancerígeno, este hecho ha llevado a los científicos a clasificar cada tipo de VPH de acuerdo a la gravedad de los resultados clínicos, es decir por nivel bajo, intermedio y alto riesgo que son los que pueden inducir al desarrollo de células tumorales. (4)

Papel de las oncoproteínas E6/E7 y actividad transformadora

Los VPH tienen genomas de ADB de doble cadena circular que tienen un tamaño aproximado de 8Kb y codifican 8 genes, de los cuales las oncoproteínas E6/E7 tienen propiedades transformadoras.

Estas proteínas son necesarias para la conversión maligna, su capacidad de asociarse a las proteínas diana supresores

de tumores p53 y de proteína retinoblastoma (pRB), respectivamente, se han sugerido como mecanismos por el cuál las proteínas virales inducen tumores. Se sabe que ambas proteínas interfieren con la regulación del ciclo celular, afectando las vías de señalización para la reparación celular y la apoptosis. (5)

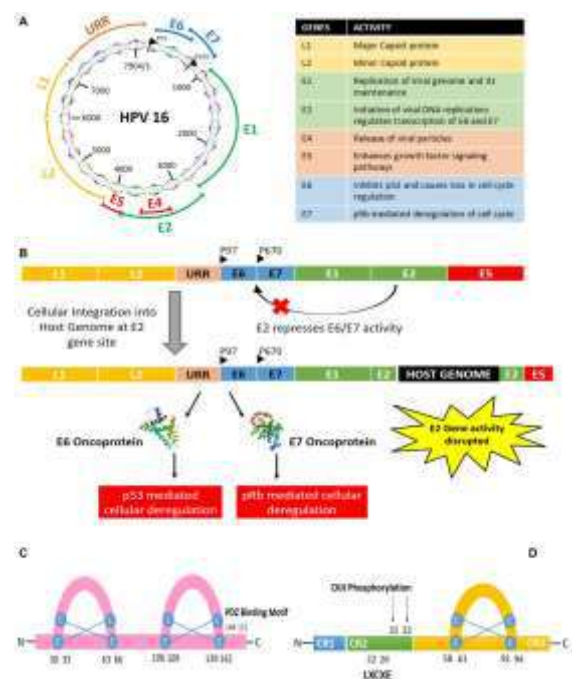


Figura 1. Estructura y organización del genoma del VPH16. Integración en el huésped y expresión de los oncogenes E6/E7

La E6 y E7 funcionan para estimular la proliferación celular y lo hacen al interferir con la función de las proteínas reguladoras en las células, incluidos los productos del gen supresor de tumores p53 y pRb. La proteína E6 del VPH de alto riesgo puede formar complejos con p53 y, como

resultado, promueve la ubiquitinación y degradación de p53. (6) Y la E7 forma complejos con miembros de la familia del retinoblastoma e inactiva sus funciones supresoras del crecimiento. Además, se ha demostrado que las proteínas E6 y E7 del virus del papiloma se unen a una variedad de otras proteínas celulares; es probable que algunas de estas otras interacciones también contribuyan a la transformación celular.

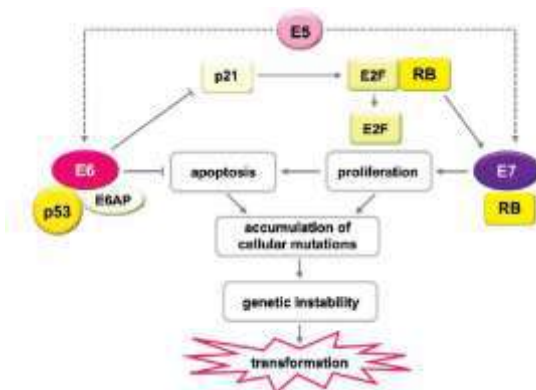


Figura 2. Las propiedades transformadoras de las oncoproteínas del virus de papiloma humano.

Con la evolución de la infección por VPH, el tejido cervical normal comienza a perder sus características normales y las células se vuelven más indiferenciadas. La progresión de la enfermedad conduce al establecimiento de neoplasia intraepitelial cervical (CIN), que puede ser leve (CIN1) o moderada (CIN2) y caracterizarse por anomalías citológicas en el tejido. Sin un tratamiento adecuado y como resultado de

infecciones persistentes, CIN2 puede evolucionar hacia lesiones de alto grado, como CIN grave (CIN3) o carcinoma invasivo. (7)

Por lo tanto, dada la cronología de la infección por VPH y la posible progresión a cuello uterino cáncer, es crucial detectar y tratar la infección por VPH antes de que evolucione a más condiciones serias.

Prevención de la infección del VPH y el cáncer de cuello uterino

Comprender el papel central del virus de papiloma humano en la carcinogénesis del cuello uterino ha dado lugar a estrategias principales para la prevención del cáncer de cuello uterino, con alta sensibilidad y reproducibilidad, la prueba de ADN del VPH se ha sugerido como método de detección primaria en el mundo. Como se tiene documentado, la mayoría de los VPH detectados la infección desaparecerá en 6 a 24 meses. Solo una pequeña fracción persistirá y progresará a lesiones preneoplásicas que pueden o no llegar a cáncer. (8)

Sim embargo la prueba de ADN por sí sola no puede distinguir fácilmente la infección transitoria, por lo que se requieren otras pruebas que mejoren el diagnóstico y manejo de las mujeres con la infección.



OBJETIVOS

El objetivo principal fue evaluar la detección la expresión oncoproteínas E6/E7 de los 8 tipos de (VPH-AR) y su papel en el screening de lesiones precancerosas o cancerosas en mujeres mayores de 30 a 64 años del municipio de Sucre dentro del Estudio ESTAMPA, como probables indicadores pronósticos del desarrollo del cáncer de cuello uterino.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población

Este estudio descriptivo transversal analítico, incluyó a mujeres de 30 a 64 del Programa ESTAMPA con resultado positivo en la Prueba de ADN del VPH (HC2), en la ciudad de Sucre, Bolivia gestión 2022, las mujeres no habían sido sometidas a ningún tratamiento, histerectomía ni estaban embarazadas además de cumplir con todos los criterios de elegibilidad.

Las pacientes dieron su consentimiento por escrito antes de ingresar al estudio y se les requirió algunos datos personales relevantes como edad, edad de inicio de relaciones sexuales y número de parejas sexuales.

Recolección y procesamiento de muestras

Inicialmente se recogieron muestras cervicales para la detección de ADN de VPH por HC2 (Qiagen), utilizando PreservCyt Solution (ThinPrep Test; Hologic Marlborough, MA, USA) se recogieron en viales que contenían 20ml, todas las muestras fueron procesadas dentro de las 2 semanas posteriores a la recolección, la prueba se usó para cuantificar el nivel de ADN del VPH usando la prueba estandarizada aprobada por la FDA US, para identificar los tipos de VPH: 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59 y 68.

En conjunto se obtuvo una muestra de frotis cervical con isopo de dacron seco, las mismas que se almacenaron a -80°C para luego ser genotipadas con el Test Onco E6/E7 TM (Arborbita Corporation) para 8 tipos. Las muestras se procesaron según Protocolo OncoE6/E7 Eight Types™ Cervical Test de (Arbor Vita Corporation USA) 2020, para identificar la expresión de las oncoproteína E6/E7 de los tipos de VPH de Alto Riesgo (16, 18, 31, 33, 35, 45, 52 y 58).

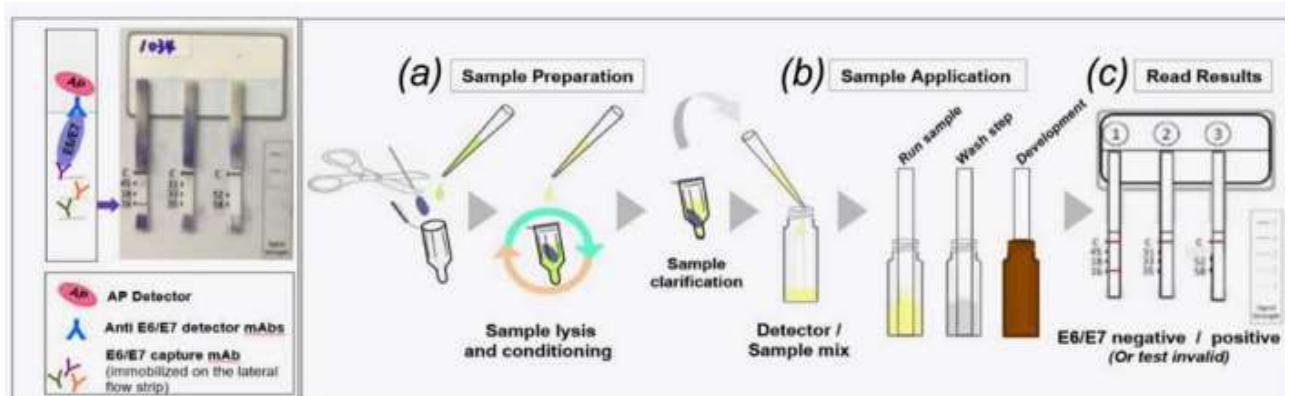


Figura 3. Principio de la prueba E6/E7 (8 tipos)

Evaluación colposcópica y diagnóstico histológico

Las mujeres positivas por prueba primaria de VPH fueron referidas al examen colposcópico, realizados de acuerdo con los estándares de rutina. Se tomaron biopsias si estaban clínicamente indicados a todas aquellas que presentaban alguna sospecha de lesión pre neoplásica o neoplásica.

Se tomaron en cuenta los casos de impresión colposcópica normal como Colposcopia normal/negativa para la enfermedad, en los que no se tomaron biopsias. Y las biopsias fueron factibles para aquellas pacientes con colposcopia anormal. El diagnóstico histológico fue realizado en portaobjetos teñidos con hematoxilina y eosina (H&E) por patólogos del Instituto de Anatomía Patológica de la

Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca.

El examen histológico de las biopsias de cuello uterino se consideró como el Gold Standar para el diagnóstico de cáncer de cuello uterino y aclarar la presencia de neoplasias intraepiteliales cervicales (NIC).

Alteraciones con NIC 2, NIC2+, NIC 3 y NIC3+ fueron usados como criterios de valoración de los resultados.

Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos descriptivos y analíticos se usaron la base de datos en Microsoft Excel, y paquete estadístico Epidat.

Se calculó edad, edad de inicio de relaciones sexuales y número de parejas sexuales y su relación con la positividad a ambas pruebas y la presencia de lesiones. Además se evaluó las tasas de positividad de cada prueba de triaje tanto como la detección del VPH así como la del Test de

Onco E6/E7 TM y se obtuvo la tasa de expresión de E6/E7 de los 8 tipos de VPH.

Se evaluó la relación entre la positividad de cada prueba con respecto a lesiones cervicales, la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN) para detectar NIC 2 o NIC2+ se calcularon con intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Un total de 195 mujeres que tenían resultado de virus de papiloma humano (VPH) positivo por HC2 fueron reclutadas para el presente estudio. Todas ellas remitidas a evaluación colposcópica.

Todas las pacientes eran mujeres de la ciudad de Sucre entre los 30 a 64 años. La edad media fue de 42,68 años. Del total de participantes el 60,00% tuvieron un inicio de relaciones sexuales entre los 15 a 19 años y en su mayor parte con un 84,10% solo tuvieron ente 1 a 3 parejas sexuales.

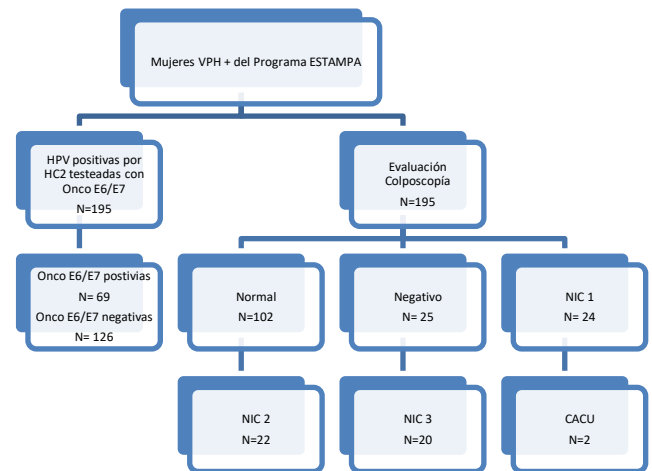


Figura 4. Resumen general de población de estudio

De las 195 mujeres se observó que 102 (52,31%) tenían una evaluación colposcópica normal sin presencia de alteraciones, y 93 (47,69%) presentaban colposcopia anormal, a las que se sometió a posterior confirmación histológica de la biopsia y/o cepillo endocervical, finalmente se reveló 25 (26,88%) resultados (Negativos), 24 (25,81%) casos (NIC 1), 22 (23,66%) casos (NIC 2), 20 (21,51%) casos (NIC3) y 2 (2,15%) casos de Cáncer.

La prevalencia bruta de NIC 2/NIC2+ en la población VPH positiva por HC2 fue del 22,56%.

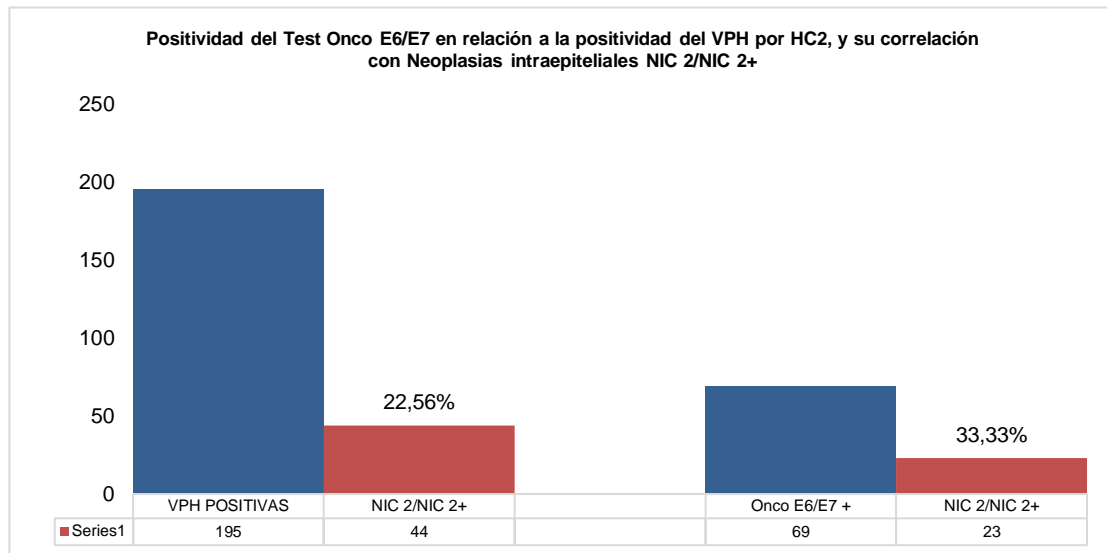


Grafico 1. Positividad del test onco E6/E7 en relación a positividad del VPH por HC2

En cuanto a la expresión específica de las oncoproteínas E6/E7 en muestras positivas de ADN-VPH. De las 195

muestras positivas solo 69 muestras dieron positivo para Onco E6/E7 Eight Types (8 tipos) con mayor frecuencia para los genotipos 31, 33, 16, 52 y 18.

TABLA 1. Características de las mujeres del estudio de acuerdo a diagnóstico histológico

	≥NIC 2 N=44	<NIC 2 N=49
Años	39,7	42,2
30 a 39	27(61,36%)	26 (53,06%)
40 a 49	12(27,27%)	15 (30,61%)
50 a 59	4 (9,09%)	6 (12,24%)
60 o más	1 (2,27%)	2 (4,08%)
HPV E6/E7 oncoproteínas		
Positivo	23 (52,27%)	11 (22,45%)
Negativo	21 (47,73%)	38 (77,55%)

Tabla 1. Características de las mujeres del estudio de acuerdo a diagnóstico histológico

Para el diagnóstico del NIC 2 o NIC 2+ aunque la sensibilidad de la oncoproteína E6/E7 es menor en relación a otras

pruebas, con 52,27% la especificidad fue mayor con 77,55%.



TABLA 2. Valor diagnóstico de la prueba de oncoproteínas E6/E7 del virus de papiloma humano VPH.

	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
Prueba diagnóstica HPV E6/E7 oncoproteínas				
HPV	52,27	77,55	67,65	64,41
E6/E7	(36,38-68,17)	(64,85-90,25)	(50,45-84,84)	(51,34-77,47)

Tabla 2. Valor diagnóstico de la prueba de oncoproteínas E6/E7 del virus de papiloma humano VPH.

Datos presentados como porcentaje (intervalo de confianza del 95%)

VPP: valor predictivo positivo

VPN: valor predictivo negativo

Sensibilidad= verdadero positivo/ (verdadero positivo + falso negativo)

Especificidad= verdadero negativo/ (verdadero negativo + falso positivo)

VPP= verdadero positivo/ (verdadero positivo + falso positivo)

VPN= verdadero negativo/ (verdadero negativo + falso negativo)

DISCUSIÓN

Las oncoproteínas del virus de papiloma humano se sobreexpresan después de la invasión del VPH en las células del cuello uterino en forma de ADN episomal del VPH y están directamente relacionados con el desarrollo de cánceres.

Hay un interés creciente en el uso de nuevo biomarcadores para orientar el manejo de las mujeres con positividad al VPH. Los resultados muestran que la expresión de las oncoproteínas E6/E7 es mayor en presencia de lesiones de alto grado, es importante valorar su sensibilidad y su mayor especificidad en el triaje haciendo más efectivo el seguimiento de las que realmente necesitarían seguimiento en caso de salir el VPH positivo. (9)

Los algoritmos de triaje actuales se basan principalmente en el uso de citología y combinación con algunas pruebas de biología molecular, estudios recientes han esbozado el uso de otros prometedores nuevo biomarcadores, por lo tanto la implementación de un triaje objetivo y preciso sigue siendo una prioridad sobre todo en nuestro país.

El reconocimiento del papel de las oncoproteínas E6/E7 ha motivado el desarrollo de una nueva generación de pruebas de VPH en lugar de solo mostrar la presencia del Virus. Es importante evaluar el valor de la especificidad mejorada de ambas pruebas.(10)



CONCLUSIONES

La detección de oncoproteínas E6/E7 pueden representar una mejor alternativa con superioridad en minimizar el número de referencias a colposcopia y proporcionar la evidencia objetiva que indique la existencia de lesión precancerosa o cancerosa.

Todo ello puede permitir mayor salud y recursos para centrarse en las mujeres que más lo necesitan, y no así en los seguimientos innecesarios a los falsos negativos, especialmente en áreas de alta prevalencia de VPH y bajos recursos. Se espera contar con mayores recursos para reforzar los resultados y evaluar la utilidad de las oncoproteínas E6/E7 para el cáncer de cuello uterino.

Cuando se busca la posible implementación de nuevas tecnologías a nivel de un país o población, las consideraciones financieras son de gran importancia.

La prueba basada en la oncoproteínas E6/E7 podría servir como una estrategia de triaje de muy bajo costo, por el uso de equipos muy básicos y de bajo mantenimiento, además esta prueba puede ofrecer ventajas en formación de profesionales en realización de prueba en un tiempo relativamente corto desde la

recolección de la muestra, efectivizando el recurso humano e instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Schiffman M, Doorbar J, Wentzensen N, (2016) Infección por el virus de papiloma humano. Nat Rev Dis Primers 2:16086.
2. IARC, CWHO. GLOBOCAN 2020: Incidencia estimada de cáncer, mortalidad y prevalencia, Worldwide en 2020. Globocan2012:16doi: 10.1002/ijc.27711
3. Torre LA, Bray F, Siegel RL, Global cancer statistics, (2020). CA Cancer J Clin 2020;65(2): 87–108.
4. Moscicki AB, Shiboski S, Broering J, et al. Historia natural del virus de papiloma humano. (1998) ;132: 277–84.
5. Zheng ZM and Baker CC. Papillomavirus genome structure, expression, and posttranscriptional regulation. Front Biosci 2006; 11: 2286–2302.
6. Benevolo M, Vocaturo A, Caraceni D, et al. Sensibilidad, especificidad y valor clínico del (HPV) E6/E7



- mRNA, Clin Microbiol (2011); 49: 2643–2650.
7. Schweizer J, Lu PS and Mahoney CW, et al. Feasibility study of a human papillomavirus E6 oncoprotein test for diagnosis of cervical precancer and cancer. J Clin Microbiol 2010; 48: 4646–4648.
 8. Massad LS, Jeronimo J, Katki HA, Schiffman M, National Institutes of Health/American Society for Colposcopy and Cervical Pathology (The NIH/ASCCP) Research Group. The Accuracy of Colposcopic Grading for Detection of High-Grade Cervical Intraepithelial Neoplasia. Journal of Lower Genital Tract Disease, 2009; 13(3):137-144
 9. Nalejska E, Małczyn´ska E, Lewandowska MA (2014) Prognostic and predictive biomarkers: tools in personalized oncology. Mol Diagn Ther 18:273–284. doi:10.1007/s40291-013-0077-9
 10. Wiesner C, Rincón L, Gamboa Ó, Piñeros M, González M, Ortiz N, et al. Barreras para la implementación de la prueba ADN-VPH como técnica de tamización primaria para cáncer de cuello uterino en un área demostrativa en Colombia. Rev Colomb Cancerol 2013; 17 (3): 93–102.

Vigilancia Epidemiológica Basada en Detección
Molecular de Virus Respiratorios en Pacientes con
Neumonía en el Hospital Manuel Ascencio Villarroel en
Cochabamba, Bolivia



D.38. Virología Molecular

Vigilancia Epidemiológica Basada en Detección Molecular de Virus Respiratorios en Pacientes con Neumonía en el Hospital Manuel Ascencio Villarroel en Cochabamba, Bolivia

Autor: Torrico Villarroel, Nattaly Grecia;
e.mail: nattalytorrico@gmail.com
Co-autor(es): Copana, Raul; e.mail:
l362s@gmail.com

Profesor/a guía: No corresponde

Universidad de origen: Universidad Mayor de San Simón

Resumen

La enfermedad por COVID-19 fue declarada pandemia por la OMS el 11 de marzo del 2020, ha presentado una tasa de infección más baja y un cuadro clínico más leve en niños, en Latinoamérica se ha reportado una forma más grave. El objetivo de este estudio fue describir el comportamiento epidemiológico de virus respiratorios en población pediátrica internada con neumonía en el Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel del departamento de Cochabamba. La población incluyó 41 pacientes de hasta 5 años de edad hospitalizados durante junio de 2021 a junio 2022. Se empleó la reacción en cadena de la polimerasa (RT-qPCR) para la detección molecular de SARS-CoV-2, Virus Sincitial Respiratorio (VSR) y Virus de la Influenza tipo A y B. En el 47,6 % de los pacientes se detectó VSR, en el 42,9 % SARS-CoV-2 y con el 9,5 %

se detectó coinfección entre SARS-CoV-2 y VSR, no se presentó casos de infección por virus de la Influenza. Se reportó principalmente con el 76,2% fiebre, con el 61,9 % tos y con el 42,9% dificultad respiratoria. El 14,3% de los pacientes ingresó a terapia intensiva, 2 pacientes fallecieron, uno presentó coinfección viral SARS CoV-2/ VSR y el otro paciente infección viral simple por SARS-CoV-2. Tras el desconfinamiento se encontró como agentes causantes de neumonías graves o muy graves al VSR y a SARS-CoV-2 con una frecuencia de circulación similar, los lactantes son la población más vulnerable, principalmente en junio y julio. La vigilancia epidemiológica es necesaria tras los reportes de circulación de variantes de virus respiratorios en nuestro medio de manera que se pueda brindar un oportuno diagnóstico y monitoreo del paciente, siendo esto fundamental para evitar complicaciones en poblaciones vulnerables.

Palabras clave: Neumonía, Virus, PCR

Introducción

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una infección del tracto respiratorio causada por un nuevo virus del grupo coronavirus. Se la llamó inicialmente novel coronavirus 2019 (2019 n Cov) y luego cambió a Síndrome Agudo Respiratorio



Severo 2 (SARS-CoV-2). Este virus comenzó en Wuhan provincia de Hubai (China) como un brote en diciembre 2019 en pacientes con neumonía multifocal severa inexplicable. En los primeros meses del 2020 se extendió rápidamente por el mundo declarándose pandemia por la OMS el 11 de marzo 2020 (Gebara & Fernandez, 2020).

Los datos de infección por SARS- CoV-2 en población pediátrica en todo el mundo han mostrado de manera consistente una tasa de infección más baja y un cuadro clínico más leve en niños. En una revisión de más de 70,000 casos de COVID-19, <1% eran niños menores de 10 años, con síntomas distintos y menos graves que en los adultos. Sin embargo, datos de más de 400 niños obtenidos en varios centros hospitalarios en Latinoamérica mostraron una forma más grave de COVID-19; 12,7% de los niños incluidos requirieron ingresar a la Unidad de cuidados intensivos y se diagnosticó una alta proporción de síndrome inflamatorio multisistémico pediátrico (MIS-C), indicando una forma más grave de la enfermedad en niños latinos/ hispanos o en niños provenientes de niveles socioeconómicos más bajos(Gray et al., 2021).

La población pediátrica no se ha visto tan afectada como otros grupos de edad, la mayoría de las infecciones han sido leves o asintomáticas, con un pequeño número de pacientes con formas clínicas potencialmente graves. Por ello, gran parte de la evidencia disponible, tanto la observacional como, especialmente la experimental, se refiere a población adulta (González Rodríguez et al., 2021), por otro lado en pacientes pediátricos, se han descrito otros síntomas gastrointestinales, no tan frecuentes en los adultos como son dolor abdominal, diarrea, náuseas y vómitos(Yang et al., 2020).

Aunque los pacientes pediátricos presentan un mejor pronóstico mostrando un periodo de recuperación de una a dos semanas, con síntomas leves, esto no significa que esta población sea menos vulnerable sino que en su mayoría no suele presentar síntomas severos, no obstante existen datos en registros de la infección por SARS-CoV-2 que indican que la incidencia en la edad pediátrica va en aumento, asimismo se han identificado ciertos factores de riesgo en los niños relacionados con una mayor vulnerabilidad como los casos de cardiopatías, diabetes, cáncer, tratamiento con inmunosupresores y asma severo entre otras. El riesgo de padecer la infección por coronavirus en la



edad pediátrica es bajo, pero se debe tener en consideración que los niños pueden actuar como portadores de la enfermedad y continuar la transmisión a otras personas de su entorno (Merino-Navarro & Díaz-periáñez, 2021).

Los niños tienen una activa y fuerte respuesta inmune innata a la agresión viral relacionada con la inmunidad asociada a vacunas a virus vivos atenuados y a las frecuentes infecciones virales que ocurren en la edad pediátrica (Kikkert, 2020) (Dhochak et al., 2020) permitiendo un precoz control de la infección en el sitio de ingreso además de crear una acción protectora cruzada con otros virus respiratorios en la mucosa de la vía aérea que podrían limitar el crecimiento del SARS-CoV-2 por interacción y competición directa virus con virus (Nickbakhsh et al., 2019), esto puede relacionarse con la menor o mayor carga viral y severidad de la infección por COVID-19 (Liu et al., 2020). Virus respiratorios como el rinovirus, virus sincicial respiratorio (VSR) y el virus de la influenza frecuentes en niños, podrían proveer protección contra la agresividad del COVID-19 (Kikkert, 2020). Los niños presentan, en general, menores factores de riesgo y comorbilidades: no tienen el hábito de fumar, son menos obesos que los adultos y poseen un tracto respiratorio más

sano, menos expuesto con menor compromiso respiratorio. Sin embargo, los niños con enfermedades preexistentes están en alto riesgo de infección severa por COVID-19 en forma similar a los adultos (Dhochak et al., 2020). Finalmente mencionar, que no se cuenta con datos acerca de la caracterización de otros virus respiratorios causantes de neumonía desde el inicio de la pandemia por COVID-19 en Bolivia, por lo que la información que aporta este estudio sobre la vigilancia epidemiológica a través de un diagnóstico diferencial con la detección molecular de virus respiratorios de importancia clínica en población hospitalizada, es de gran utilidad para mostrar la situación actual de las infecciones respiratorias agudas graves en nuestro medio contribuyendo a fortalecer la toma de decisiones y optimizar los servicios de salud que se ofrecen a esta población en lo que respecta a este problema recurrente de morbilidad y mortalidad en el Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel, hospital de tercer nivel de carácter referencial para la atención pediátrica en Cochabamba.

Objetivos

El objetivo general del presente estudio fue describir el comportamiento epidemiológico de virus respiratorios en población pediátrica internada con



neumonía en el Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel en el departamento de Cochabamba, Bolivia.

Los objetivos específicos de la presente investigación fueron: en primer lugar, determinar la frecuencia de circulación de SARS-CoV-2 (COVID-19), Virus Sincitial Respiratorio y el Virus de la Influenza tipo A y B como responsables de infección y coinfección viral en población pediátrica hospitalizada con diagnóstico de neumonía, en segundo lugar se tuvo como objetivo identificar las características clínicas más sobresalientes en pacientes con infección viral y finalmente determinar el grado de severidad de la enfermedad viral en pacientes pediátricos hospitalizados.

Materiales y Métodos

El presente estudio es de tipo descriptivo, prospectivo, transversal. El enfoque de la presente investigación es cualitativo.

La población de estudio incluyó a 41 pacientes pediátricos que fueron internados con neumonía grave sospechosa de etiología viral en el Hospital Manuel Ascencio Villarroel durante junio 2021 a junio 2022, los criterios de inclusión fueron: ser paciente pediátrico de hasta 5 años de edad cumplidos hasta la fecha de

internación, presentar cuadro clínico compatible con infección respiratoria aguda grave, de acuerdo a la definición de la OMS: tos, taquipnea, dificultad respiratoria. Dentro de los criterios de exclusión se encuentran los pacientes pediátricos que tenían más de 5 años de edad a la fecha de internación, que estuvieran bajo tratamiento antiviral en el momento de su internación, niños con agente etiológico previamente identificado o pacientes con datos clínicos de menor severidad a neumonía grave o de manejo ambulatorio.

Para el cumplimiento del primer objetivo específico, se realizó la recolección de muestras respiratorias a través de aspirados nasofaríngeos tomadas por el personal médico del servicio de infectología del Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel, bajo protocolo establecido, para que estas muestras puedan emplearse para la detección molecular de virus respiratorios en estudio: Virus SARS-CoV-2, Virus Sincitial Respiratorio, Virus de la Influenza tipo A y B. Las muestras fueron conservadas a 4°C y trasladadas dentro de las 24 horas, al Laboratorio de Biología molecular de la Facultad de Cs. Farmacéuticas y Bioquímicas de la Universidad Mayor de San Simón para su procesamiento. Se



realizó la extracción de ácidos nucleicos virales por el método de columna empleando el kit de extracción comercial con N° de catálogo: 52906 correspondiente a QIAamp® VIRAL RNA MINI KIT de la línea Qiagen. Posteriormente para la detección molecular por reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real múltiple (RT-qPCR) de los siguientes virus respiratorios: Sars-CoV-2, Virus Sincitial Respiratorio, Virus de la Influenza tipo A, Virus de la Influenza tipo B se empleó el kit comercial de la marca Seegene N° catalogo RV10259X : Allplex SARS-CoV-2/FluA/FluB/RSV Assay, empleando un termociclador de la línea BIORAD CFX-96. El kit comercial Allplex SARS-CoV-2/FluA/FLuC/RSV Assay es un ensayo de PCR en tiempo real múltiple que permite la amplificación y detección simultánea de ácidos nucleicos objetivo en los genes S, RdRP y N de SARS-CoV-2, Virus de la influenza tipo A (Flu A), Virus de la influenza tipo B (Flu B) y Virus Sincitial Respiratorio (VSR) con dos controles internos (Endogeno IC y exogeno IC). Para realizar la detección y amplificación múltiple brindando mayor exactitud en una sola reacción, este ensayo emplea las tecnologías patentadas DPO, TOCE y MuDT. La presencia de secuencias de genes específicos en la reacción se informa como un valor de Ct a través del

software de análisis de Seegene Viewer, a través del cual se realizó la interpretación de resultados de las pruebas moleculares. Para evitar que el producto de amplificación actúe como contaminante potencial, se utiliza el sistema Uracilo-ADN glicosilasa (UDG)-dUTP en el ensayo. El Sistema UDG-dUTP se utiliza a fin de eliminar los amplicones sobrantes usando escisiones por UDG de residuos de uracilo desde el ADN mediante la escisión del enlace N-glicosílico.

Para el cumplimiento del segundo y tercer objetivo específico se empleó la información disponible en las historias clínicas de los pacientes y también se usó como herramienta de recolección de datos la ficha epidemiológica frente a SARS-CoV-2 /COVID-19 dispuesta por el Ministerio de Salud, Bolivia.

La ficha epidemiológica para SARS-CoV-2 /COVID-19 incluye los siguientes aspectos:

- Datos clínicos: Sintomático o asintomático, presencia de tos seca, dolor de garganta, fiebre, dificultad respiratoria, mialgias, malestar general, cefalea, pérdida y/o disminución del olfato, pérdida y/o disminución del gusto.



- Estado actual del paciente al momento de la notificación: estable/leve, critico/grave, fallecido.
- Diagnóstico Clínico: Síndrome gripal/IRA/Bronquitis, IRAG/Neumonía u otro.
- Datos de Hospitalización y/o aislamiento.
- Enfermedad de Base o condiciones de riesgo: diabetes, enfermedad renal crónica, hipertensión arterial, enfermedad oncológica, enfermedad cardíaca, enfermedad respiratoria.

Consideraciones éticas: El estudio contó con la aprobación del comité de Bioética del Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel, que al ser un estudio observacional y no interferir en el manejo estandarizado de la neumonía, requirió solamente de un consentimiento informado al momento de la hospitalización, donde se especifica la aceptación de los padres o tutores para la realización de pruebas diagnósticas según los protocolos institucionales, además mencionar que se entregó los resultados de las pruebas de PCR (Panel viral respiratorio) para beneficio del paciente, el mismo que no tuvo ningún costo ni para el paciente ni para la institución de salud.

En cuanto al análisis estadístico, los datos epidemiológicos se registraron en una base de datos creada en Microsoft Office - Excel 2019. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS versión 25. Con los resultados obtenidos se calcularon porcentajes para la valoración de las frecuencias de las variables cualitativas y se calculó la media para las cuantitativas.

Resultados y Discusión

Para iniciar la presente investigación, se realizó inicialmente una revisión de los datos estadísticos epidemiológicos de morbilidad y mortalidad del Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel en pacientes internados de los últimos 6 años. Es así, que se encontró que entre 2016 y 2019 las neumonías graves o muy graves se ubicaban entre las tres principales causas de morbilidad, alcanzando hasta 157 casos por año (2016). No obstante, en la gestión 2020 se registraron solamente 28 casos de neumonía no específica, coincidiendo con el año que se determinó a nivel nacional la cuarentena rígida a causa de la pandemia por COVID-19, mostrando una disminución importante de casos por este diagnóstico, ubicándose en ese momento en el sexto lugar dentro de las causas de morbilidad, Ahora bien, en la

gestión 2021, hasta el mes de Julio ya se contaba con el registro de 53 pacientes hospitalizados por este diagnóstico.

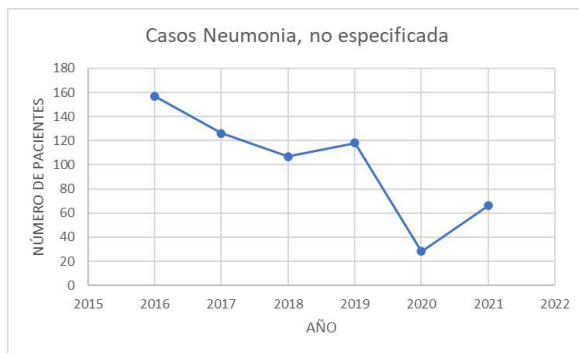


Gráfico 1. Frecuencia de casos de neumonía entre 2016 a 2021 en pacientes internados en el Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel.

Asimismo, dentro de las principales causas de muerte en los pacientes hospitalizados, se encontró que la neumonía grave o muy grave se encuentra entre el primer y segundo lugar en las gestiones 2016 a 2020 y en 2021 respectivamente.

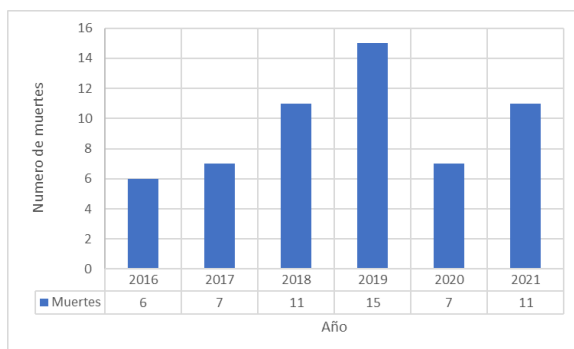


Gráfico 2. Mortalidad por casos de neumonía entre 2016 a 2021 en pacientes

internados en el Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel.

En la presente investigación realizamos un estudio descriptivo prospectivo transversal, que incluyó una población de 41 pacientes de hasta 5 años de edad que fueron internados entre junio de 2021 a junio de 2022 en el Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel, de esta población el 51,2 % dio un resultado positivo para infección viral por SARS-CoV-2, Virus Sincitial respiratorio o Virus de la Influenza, detección que fue realizada por RT-qPCR en tiempo real múltiple.

La edad media de la población estudiada fue de 19,93 meses, encontrándose pacientes hospitalizados desde 4 días de edad hasta los 5 años. El 51,2% de la población pediátrica internada estudiada fue de sexo femenino y el 48,8 % masculino.

En cuanto al tiempo en acudir a los servicios de salud desde el inicio de los síntomas, en dichos pacientes se registró lo siguiente: el 63,4 % (n=26) acudieron dentro de los 3 primeros días, el 24,4 % (n=10) entre los 4 a 7 días y el 12,2 % (n=5) acudió después de 1 semana.

En cuanto a la frecuencia de circulación de virus respiratorios en la población con infección viral estudiada se obtuvo que el agente más frecuente con el 47,6 % (n=10) fue el Virus Sincitial Respiratorio seguido de SARS-CoV-2 con el 42,9 % (n=9), sin embargo, no se detectaron casos positivos para el virus de la Influenza A ni B. Finalmente con el 9,5 % (n=2) se detectó coinfección entre SARS-CoV-2 y Virus Sincitial Respiratorio; estas coinfecciones se presentaron en pacientes entre los 4 y 5 años de edad.

En cuanto a la distribución por grupos etarios en los pacientes con infección viral confirmada se encontró que el 33,3 % (n=7) son menores de 6 meses, el 23,8 % (n=5) de 6 a 12 meses, el 14,3 % (n=3) son pacientes entre 13 a 24 meses y el 28,6% (n=6) son niños entre 2 a 5 años de edad. El 61,9 % de los pacientes con infección viral fueron mujeres. Las semanas epidemiológicas donde se registró un mayor número de casos positivos en los pacientes de estudio fueron entre las semanas 23 y 28, coincidentes con los meses de junio y mediados de julio, encontrándose el 57,14% de la totalidad de casos en este periodo.

En cuanto al umbral de ciclos o cycle threshold (Ct) obtenido en la ejecución de

la RT-qPCR, que genera un valor semicuantitativo inversamente relacionado con la cantidad de ARN de la muestra, se encontró que en el 80,95% de los pacientes con infección viral positiva diagnosticados por una PCR en tiempo real al momento de su internación presentaron un Ct menor a 30 para el agente viral identificado (Gráfico 3).

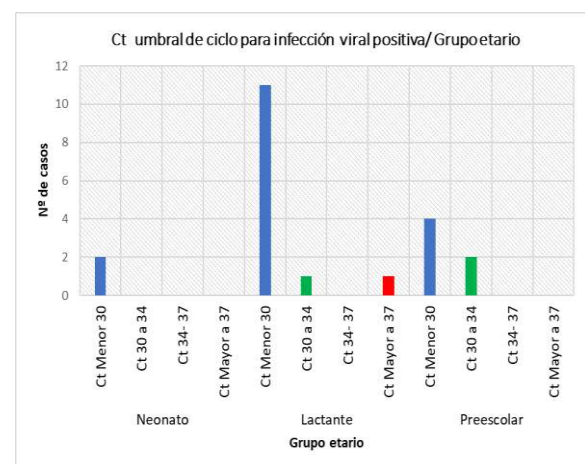


Gráfico 3. Distribución del resultado de Ct por RT-qPCR para el agente viral responsable (VSR y/o SARS-CoV-2) y su distribución por grupos etareos: neonatos (0 a 28 días), lactantes (28 días a 2 años) preescolar (3 a 5 años) en pacientes con infección viral internados en el Hospital Manuel Ascencio Villarreal, de acuerdo a estratificación del riesgo de contagiosidad según el valor Ct (Oba et al., 2021).

En cuanto al nexo probable de contagio, el 37,5 % es desconocido, el 31,3 % indica

que fue el padre o la madre, el 6,3 % el cuidador y el 25 % es otro contacto diferente. A pesar de que no se obtuvo ningún caso para infección viral por el virus de la Influenza en la población de estudio, el 93,8 % refiere que el paciente no cuenta con la vacuna frente a la misma.

Dentro de las características clínicas reportadas en los pacientes con infección viral en el momento de la internación, se reportaron principalmente fiebre con el 76,2 % y con el 61,9 % tos. Asimismo, el 42,9% presentó dificultad respiratoria (Gráfico 4). No hubo reporte de casos de pérdida o disminución del olfato o gusto. Por otra parte, durante la hospitalización el 87,5 % presentó una temperatura normal durante el desarrollo de la enfermedad, el 12,5 % presento sibilancias, el 68,8 % presento una frecuencia cardiaca normal, el 25 % presento taquicardia y solo el 6,3 % presento bradicardia (Signo de un severo compromiso cardiopulmonar secundario a una hipoxia prolongada). El 18,8 % presento cianosis, el 31,3 % presentó taquipnea, y el 12,5 % presentó convulsiones.

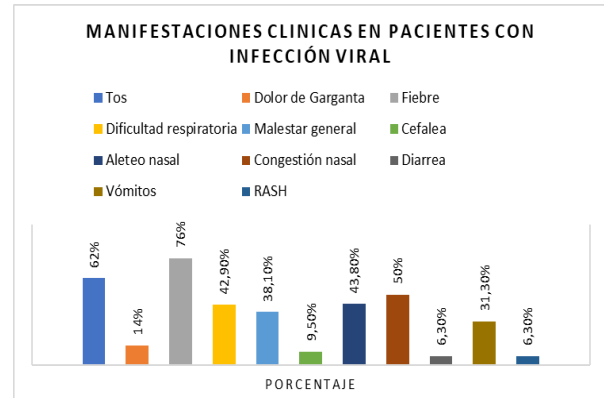


Gráfico 4. Manifestaciones clínicas reportadas en pacientes internados en el Hospital del Niño Manuel Ascencio Villaruel con un resultado positivo para infección viral

Finalmente, en cuanto a la descripción del grado de severidad de la enfermedad viral en pacientes pediátricos hospitalizados, se obtuvieron los siguientes resultados:

En cuanto al estado de salud en el momento de la internación, en los pacientes con infección viral confirmada el 71,4 % ingreso con un estado estable y el 28,6 % con un estado crítico/grave.

Aunque el 66,7 % de los pacientes no presentó enfermedad de base, hubo casos aislados de pacientes con desnutrición crónica, enfermedad cardiaca, síndrome Down, enfermedad oncológica o enfermedad renal.



En cuanto al tiempo de internación de los pacientes, el 62,5% fue de 4 a 7 días, el 31,3 % fue internado por más de 1 semana, y el 6,3% menos de 3 días. Asimismo, el tiempo promedio desde el inicio de los síntomas hasta el alta médica fue de 9,33 días.

El 14,3% (n=3) de los pacientes con infección viral ingreso a terapia intensiva. Dos pacientes con infección viral de la presente población fallecieron, uno de ellos presentó coinfección viral SARS-CoV-2/ VSR y el otro paciente infección viral simple por SARS-CoV-2, este último presentaba como enfermedad de base cardiopatía congénita y síndrome de Down.

En cuanto al requerimiento de oxígeno, el 75 % usó puntas nasales, el 12,5 % empleo mascarilla y en el 12,5 % se empleó asistencia respiratoria mecánica correspondiente a pacientes con neumonía grave o muy grave.

Para añadir, el 93,8 % de los pacientes con infección viral confirmada recibió antibioticoterapia durante su hospitalización y en el 50% de la población se empleó corticoides.

Antes del inicio de la pandemia por COVID-19 se hicieron diversos estudios de la

circulación de virus respiratorios en todo el mundo, siendo el Virus Sincitial Respiratorio uno de los principales agentes virales en causar infecciones respiratorias en población pediátrica hospitalizada, no obstante, ante la circulación del nuevo virus; SARS-CoV-2 y el inicio de la pandemia, se ha generado un impacto sobre la circulación habitual de los virus respiratorios. En nuestro estudio no hemos detectado ningún caso de infección por el virus de la Influenza, a pesar de que una gran mayoría de la población estudiada no contaba con la vacuna en el momento de la internación. Sin embargo, ha sido reportado que después de iniciada la pandemia por COVID-19, la actividad del virus de la influenza se ha mantenido por debajo de los niveles esperados en todas las regiones del mundo, inclusive de acuerdo a un informe presentado por la Organización mundial de la salud, este refiere que en África y el sur de Asia, la detección del virus de la Influenza fue esporádica o incluso nula en algunos países(Lucion et al., 2022).

Asimismo, en un centro pediátrico de referencia nacional en Argentina, se encontró en 2020 que Rinovirus fue el principal agente viral detectado en población hospitalizada y no el VSR como lo había sido en 2019. En 2020, el SARS-



CoV-2 fue el segundo agente predominante, no registrándose en ese año ningún caso de Infección respiratoria aguda baja por VSR ni FLU (Lucion et al., 2022), a diferencia de nuestra población donde el VSR en el periodo de estudio aun es el principal agente viral identificado, seguido de SARS-CoV-2.

En cuanto a las manifestaciones clínicas, es la tos y la fiebre las que se reportan con mayor frecuencia, Asimismo en un estudio realizado en Colombia en pacientes hospitalizados, a pesar de buscar síntomas de disgeusia y anosmia no se encontraron casos en los pacientes hospitalizados (Ruiz-Ponce de León et al., 2021), al igual que en nuestro estudio, mencionando que dichos síntomas en la población pediátrica en etapas de desarrollo preverbal (menores de 2 años) es difícil de determinar.

Las manifestaciones gastrointestinales como el vómito y la diarrea, en un estudio en Colombia mostraron 17 % y 22 % de frecuencia respectivamente (Londoño et al., 2021) y aunque en nuestra población de estudio se reportó vómitos en el 31,3 % y diarrea en el 6,3%, esto confirma que la sintomatología respiratoria es más frecuente que la gastrointestinal en pacientes con COVID-19. Por otra parte

mencionar que otros síntomas extra respiratorios de importancia son las convulsiones que afectan hasta el 12,5% de nuestros pacientes estudiados, muchas veces de manera primaria es decir sin una causa identificable (hipoxia, desequilibrios del medio interno), estos síntomas son más frecuente en la infección por SARS-CoV-2, que por otros virus respiratorios (Copanalmos et al., 2021).

En cuanto a la evolución de los pacientes pediátricos enfermos con COVID-19, se sabe que es más benigna que los enfermos adultos, así en China, un informe publicado de pacientes con situación grave por la enfermedad, solo 2,5 % correspondieron a población infantil, siendo los menores de 3 años el grupo más vulnerable. La diferencia en la distribución, maduración y función de los receptores virales es la razón que se menciona con mayor frecuencia para explicar la diferencia en la incidencia y su relación de acuerdo a la edad (Lee et al., 2020).

La afectación de la población pediátrica por COVID-19 muestra características que la diferencian de la pandemia ocurrida en 2009, causada por el virus influenza H1N1, en la cual los niños fueron los más afectados, incluso desplazando al virus sincicial respiratorio (VSR) como principal



agente de infecciones respiratorias durante el período de mayor circulación pandémica (Gentile et al., 2011; Lucion et al., 2022).

En cuanto a las coinfecciones virales, estudios realizados en Italia y Argentina, solo encontraron coinfecciones por SARS-CoV-2 con Rinovirus y CoV-NL63 (Calderaro et al., 2021; Ziallorenzo et al., 2021), a diferencia de nuestro estudio donde se encontró coinfecciones entre SARS-CoV-2 y VSR, terminando una de ellas en la muerte del paciente.

Conclusiones

En la población pediátrica estudiada tras el desconfiamiento después del inicio de la pandemia por COVID-19 se encontró como agentes causantes de neumonías graves o muy graves al Virus Sincitial Respiratorio y a SARS-CoV-2 con una frecuencia de circulación similar entre ellos, los lactantes son la población más vulnerable, principalmente en junio y Julio. Las manifestaciones respiratorias son más frecuentes en la población hospitalizada, mostrando en la mayoría un estado estable y una recuperación favorable desde el inicio de los síntomas en menos de 10 días. Sin embargo, ante el retorno a las actividades presenciales, el comportamiento en la circulación de virus

respiratorios, puede estar sujeta a cambios, siendo necesario una vigilancia epidemiológica constante en nuestro país reforzándose los programas de vigilancia epidemiológica departamentales para infecciones respiratorias en población pediátrica, ante la experiencia vivida tras el inicio de la pandemia por COVID-19.

Bibliografía

- Calderaro, A., De Conto, F., Buttrini, M., Piccolo, G., Montecchini, S., Maccari, C., Martinelli, M., Di Maio, A., Ferraglia, F., Pinardi, F., Montagna, P., Arcangeletti, M. C., & Chezzi, C. (2021). Human respiratory viruses, including SARS-CoV-2, circulating in the winter season 2019–2020 in Parma, Northern Italy. *International Journal of Infectious Diseases*, 102(January), 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.09.1473>
- Copana-olmos, R., Asturizaga, A., Villca, N., Cabrera, R., Mendoza, C., Roca, C., Aguilera-avendaño, V., Estrada-villarroel, C., Forest-yopez, M. A., Magne-calle, A. F., Foronda-rios, M. O., Toco, M., Peña-helguero, L. M., & Céspedes, M. (2021). Experiencia de manejo del COVID-19 pediátrico en 15 hospitales de Bolivia. *Respirar*, 13(2), 74–83.



- <https://alatorax.org/es/publicaciones/respirar/33/experiencia-de-manejo-del-covid-19-pediatrico-en-15-hospitales-de-bolivia>
- Dhochak, N., Singhal, T., Kabra, S. K., & Lodha, R. (2020). Pathophysiology of COVID-19: Why Children Fare Better than Adults? *Indian Journal of Pediatrics*, 87(7), 537–546. <https://doi.org/10.1007/s12098-020-03322-y>
- Gebara, E., & Fernandez, M. (2020). Impacto de la pandemia por Covid-19 en la medicina neonatal, perinatal y pediátrica. *Vida y Ética*, 21(1), 34–50.
- Gentile, Á., Bakir, J., Russ, C., Ruvinsky, S., Ensinck, G., Falaschi, A., Cané, A., Lución, F., Brunog, M., Moreno, R., & Bidone, N. (2011). Estudio de las enfermedades respiratorias por virus Influenza A H1N1 (pH1N1) en niños internados durante el año de la pandemia. Experiencia de 34 centros en la Argentina. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 109(3), 198–203.
- González Rodríguez, P., Pérez-Moneo Agapito, B., Albi Rodríguez, M. S., Aizpurua Galdeano, P., Aparicio Rodrigo, M., Fernández Rodríguez, M. M., Esparza Olcina, M. J., & Ochoa Sangrador, C. (2021). COVID-19: Critical appraisal of the evidence. *Anales de Pediatría*, 95(3), 207.e1-207.e13.
- <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2021.05.019>
- Gray, D. M., Davies, M.-A., Githinji, L., Levin, M., Mapani, M., Nowalaza, Z., Washaya, N., Yassin, A., Zampoli, M., Zar, H. J., & Vanker, A. (2021). COVID-19 y enfermedad pulmonar pediátrica: Experiencia en un centro de atención terciaria en Sudáfrica. *Kompass Neumología*, 3(2), 39–45. <https://doi.org/10.1159/000515615>
- Kikkert, M. (2020). Innate Immune Evasion by Human Respiratory RNA Viruses. *Journal of Innate Immunity*, 12(1), 4–20. <https://doi.org/10.1159/000503030>
- Lee, P. I., Hu, Y. L., Chen, P. Y., Huang, Y. C., & Hsueh, P. R. (2020). Are children less susceptible to COVID-19? *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 53(3), 371–372. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.02.011>
- Liu, Y., Yan, L.-M., Wan, L., & et al. (2020). Viral Load Disease Severity Covid. *The Lancet Infect Dis*, 20(January), 656–657.
- Londoño, J. P., Marin Castro, A. S., Albarracin Bohorquez, J. D., Baquero Castañeda, O. L., Diaz Nuñez, C. A., & Gutierrez Tobar, I. F. (2021). COVID-19 en niños hospitalizados:



- experiencia de un hospital pediátrico colombiano. *Pediatría*, 54(3), 88–94. <https://doi.org/10.14295/rp.v54i3.322>
- Lucion, M. F., Pejito, M. N., Orqueda, A. S., & Mistchenko, A. S. (2022). Impacto del COVID-19 en la circulación de virus respiratorios en un hospital pediátrico: una ausencia esperada. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 120(2), 99–105. <https://doi.org/10.5546/aap.2022.99>
- Merino-Navarro, D., & Díaz-periáñez, C. (2021). Prevención y tratamiento de la COVID-19 en la población pediátrica desde una perspectiva familiar y comunitaria: artículo especial. *Enfermería Clínica*, 31(January), 29–34.
- Nickbakhsh, S., Mair, C., Matthews, L., Reeve, R., Johnson, P. C. D., Thorburn, F., Von Wissmann, B., Reynolds, A., McMenamin, J., Gunson, R. N., & Murcia, P. R. (2019). Virus-virus interactions impact the population dynamics of influenza and the common cold. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(52), 27142–27150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1911083116>
- Oba, J., Taniguchi, H., Sato, M., Takamatsu, R., Morikawa, S., Nakagawa, T., Takaishi, H., Saya, H., Matsuo, K., & Nishihara, H. (2021). RT-PCR Screening Tests for SARS-CoV-2 with Saliva Samples in Asymptomatic People: Strategy to Maintain Social and Economic Activities while Reducing the Risk of Spreading the Virus. *The Keio Journal of Medicine*, 70(2), 35–43. <https://doi.org/10.2302/kjm.2021-0003-0a>
- Ruiz-Ponce de León, I., Cruz, S., & Rojas, J. P. (2021). Virus respiratorios detectados a través de biología molecular en niños hospitalizados por Infección respiratoria aguda en tiempos de SARS-CoV-2/COVID-19. *Infectio*, 26(1), 73. <https://doi.org/10.22354/in.v26i1.997>
- Yang, P., Liu, P., Li, D., & Zhao, D. (2020). Coronavirus Disease 2019, a growing threat to children? *Journal of Infection*, January, 684–685.
- Ziallorenzo, M., Palau, J., Eguiguren, M., Treviño, N., Aguero, S., Vescina, C., Vera, A., & Oderiz, S. (2021). Estudio de las Coinfecciones por otros patógenos respiratorios en pacientes pediátricos con diagnóstico de COVID-19. *Ludovica Pediatrica*, 24(2), 8–13.



“Generación de Conocimiento

con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Financiamiento

Instituto de Investigación de la Facultad de Cs. Farmacéuticas y Bioquímicas de la Universidad Mayor de San Simón.

Agradecimiento

Al personal de salud del Hospital del Niño Manuel Ascencio Villarroel: Dra. María E. Calderón López. Lic. Hirma Calle Cruz, Dra. Marcela Torrico. Asimismo, Al Dr. Rudy Parrado Vargas, Dra. Teresa Cardozo y a todas las autoridades y personal de la Universidad Mayor de San Simón que tras el inicio de la pandemia por COVID-19 contribuyeron en la gestión para la adquisición de recursos y la ejecución de la presente investigación.

Efecto Del Covid-19 sobre la Función Endotelial en Pacientes con Enfermedad Renal
Crónica en Hemodiálisis



D.36. Salud Humana

Efecto Del Covid-19 sobre la Función Endotelial en Pacientes con Enfermedad Renal Crónica en Hemodiálisis

Autor: Fernandez Serra, Rocío; rociofernandezserra@fm.unt.edu.ar

Co-autor(es): Alanoca, Saul, link13.spa@fm.unt.edu.ar

Profesor/a guía: Marañón, Rodrigo Oscar, maranon@fm.unt.edu.ar; Santos, Juan Carlos
Universidad Nacional de Tucumán

Resumen

Introducción. El COVID-19 está descrita, en parte, como una endoteliopatía que afecta a la población general. Sin embargo, pocos estudios han evaluado el efecto del COVID-19 sobre la función vascular en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis. **Objetivos.** Evaluar la función endotelial en una cohorte de pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis con COVID-19 leve. **Materiales y Métodos.** Pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis fueron divididos en dos grupos: sin COVID-19 (PHD; n=47) y cursando COVID-19 leve (PHDC19; n=11, criterios de OMS y PCR+). Se obtuvo consentimiento informado. Se evaluó presiones arteriales sistólica (PAS) y diastólica (PAD) y función endotelial (FE) por hiperemia reactiva. Además, se determinó parámetros antropométricos: peso seco, talla, índices de masa grasa y de masa muscular. **Resultados.** Ambos grupos presentaron aumento de la PAS sin diferencias significativas entre ellos (PHD: 145±2 vs PHDC19: 143±3 mmHg; p:NS). La PAD fue normal en ambos grupos (p:NS). La FE fue menor en los pacientes con COVID-19 (Δ -FE: PHD: 48±7% vs PHDC19: 21±8%, p<0.05). Se observó un aumento del IMC asociado a un incremento de la masa grasa y sin diferencias en el índice de masa muscular entre ambos grupos (X^2 :p:NS). **Conclusiones.** El presente estudio indica que el COVID-19 empeoraría la disfunción endotelial en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis. Esto no estaría relacionado al IMC aumentado ni a la presión arterial elevada. Sin embargo, son necesarias más investigaciones para determinar el rol del COVID-19 sobre la función vascular en esta población.

Palabras clave: COVID-19, Hemodiálisis, Función Vascular



INTRODUCCION

La pandemia de la enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19) ha afectado la salud y la economía en todo el mundo a una escala sin precedentes. Los pacientes tienen resultados clínicos diversos, pero aquellos con enfermedad cardiovascular preexistente, hipertensión y afecciones relacionadas tienen un desenlace desproporcionadamente peor. Los primeros datos clínicos indican que tanto la susceptibilidad como los resultados del COVID-19 están fuertemente asociados con la enfermedad cardiovascular (ECV) (Nishiga y cols, 2020). Se ha observado una alta prevalencia de ECV preexistente entre los pacientes con COVID-19, y estas comorbilidades se asocian con un aumento de la mortalidad. Además, el COVID-19 parece promover alteraciones cardiovasculares, como lesión miocárdica, arritmias, síndrome coronario agudo y tromboembolismo venoso. Sin embargo, cual es el impacto del COVID-19 en pacientes en hemodiálisis, y especialmente, en su función vascular aun no es claro. El denominador común de todas las enfermedades cardiovasculares es la disfunción endotelial (Dzau VJ y cols, 2006). Se sabe que el endotelio es crucial para mantener el tono vascular y la homeostasis; la disfunción se asocia con vasoconstricción, inflamación, permeabilidad y coagulación. En el caso de los pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) en hemodiálisis, la alta pre-

valencia y gravedad de la lesión cardiovascular se debe a factores de riesgo tradicionales y no tradicionales, de los cuales se resalta la importancia que cumple la disfunción endotelial (Moriyama y cols, 2011). En esta se encuentra una menor biodisponibilidad del óxido nítrico (NO) y a una mayor formación de radicales libres derivados del oxígeno. Asimismo, esos mismos parámetros están significativamente más alterados en pacientes en hemodiálisis, con una menor actividad del NO durante la hemodiálisis. Actualmente, una creciente evidencia indica que en pacientes sin ERC, el virus de COVID-19 empeora el curso y la severidad de la enfermedad cardiovascular y de la función endotelial (Podestà y cols, 2021). La lesión y la disfunción endotelial pueden ser el resultado de una infección directa por SARS-CoV-2 (Ej: al inducir estrés oxidativo intracelular)(Siddiqi y cols, 2021), así como debido a la respuesta inflamatoria sistémica intensa. A la luz de la posible asociación de COVID-19 con lesión endotelial, parece plausible que los pacientes con disfunción endotelial preexistente sean vulnerables a un curso de enfermedad más grave, dado el papel crucial de las células endoteliales en la homeostasis vascular y la perfusión de órganos. En este último caso, se encontrarían los pacientes en hemodiálisis donde la disfunción endotelial ya está presente en distinto grado. Sin embargo, se requiere mayores investigaciones para saber si la función endotelial en pacientes en hemodiálisis



empeora tras la infección por COVID-19. En la práctica clínica y los estudios de investigación, la técnica más común para evaluar la función endotelial es la vasodilatación mediada por flujo (FMD) de la arteria braquial (Laurent y cols, 1990). Estudios previos han demostrado que la función endotelial evaluada por este método se correlaciona estrechamente con los resultados medidos directamente en la arteria coronaria.

Por lo anteriormente expuesto, nosotros hipotetizamos que la infección con el SARS-CoV-2 (COVID-19), empeora la función endotelial de pacientes en hemodiálisis lo que posiblemente contribuya con un peor pronóstico para los pacientes en hemodiálisis.

OBJETIVOS

Determinar en pacientes en hemodiálisis que presenten COVID-19 la función endotelial a través de un método no invasivo de hiperemia reactiva.

MATERIALES Y METODOS

Estudios en pacientes bajo tratamiento de hemodiálisis

Se trabajó con pacientes con ERC en hemodiálisis, de ambos sexos, mayores de 18 años. Para las diferentes mediciones se utilizaron los equipos de protección personal correspondientes y se siguieron estrictamente los protocolos de bioseguridad.

Criterios de inclusión: Pacientes con insuficiencia renal crónica terminal (IRCT) con

más de seis meses de hemodiálisis, de ambos sexos y mayores de 18 años que estén padeciendo COVID-19 leve (criterios de la OMS) al momento del estudio, diagnosticados por test rápido para detección de AG o PCR.

Criterios de exclusión: enfermedad coronaria reciente, historia de accidente cerebro-vascular, o alteraciones del sistema vascular periférico (ej: pobre irrigación de miembro superior), enfermedades autoinmunes (lupus eritematoso sistémico, vasculitis, etc), diabetes tipo 1.

Aspectos Éticos/Consentimiento informado: cada participante del estudio participó voluntariamente y firmó el consentimiento informado correspondiente.

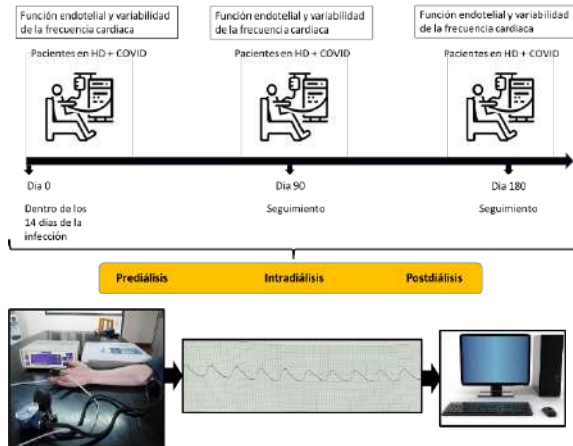
En cada paciente se realizaron las siguientes mediciones:

1. a. Determinaciones de función endotelial en pacientes en hemodiálisis

Preparativos en los sujetos: Luego de la anamnesis, se realizó la toma de la presión arterial en el brazo contralateral al que se encuentra la fístula vascular. Las condiciones correctas para la determinación de la presión arterial son las propuestas por las guías de la Sociedad Argentina de Hipertensión Arterial.

La función endotelial se midió por hiperemia reactiva usando un método fotoplestiométrico. La hiperemia reactiva se logró por oclusión de la arteria braquial con un esfigmomanómetro (50 mmHg supra sistólica) por 5 min y con un transductor digital

se midió la diferencia de amplitud de la onda de pulso luego de 5 min de oclusión.

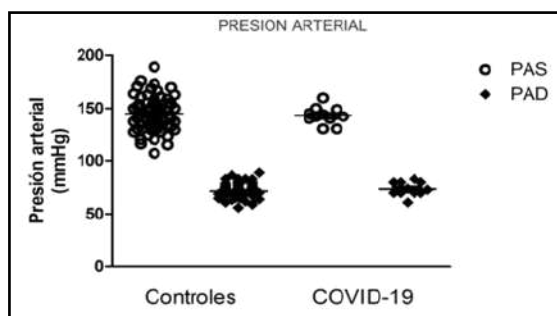


1.b. Otros parámetros

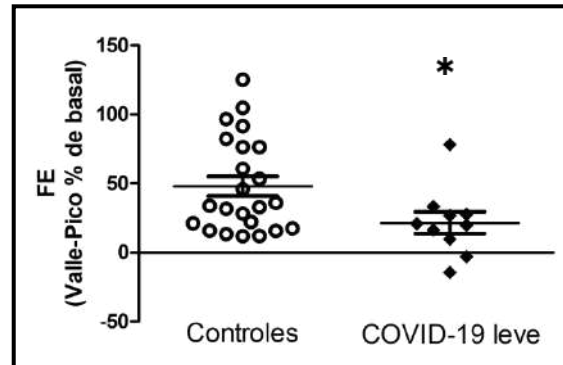
Se estudiaron presiones arteriales sistólica (PAS) y diastólica (PAD). Además, se determinó parámetros antropométricos: peso seco, talla, índices de masa grasa y de masa muscular (Health Monitor) y se calculó el índice de masa corporal ($IMC = \text{peso}/\text{talla}^2$).

RESULTADOS

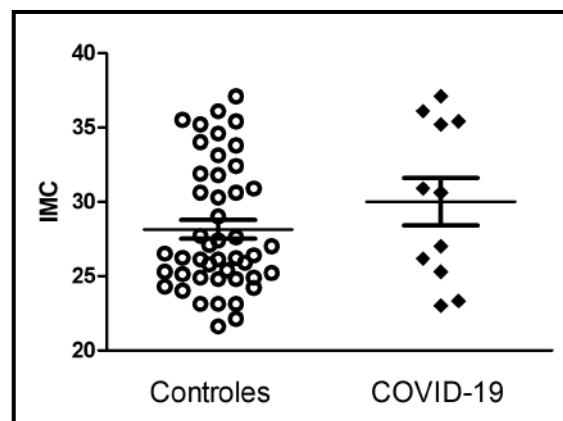
Ambos grupos presentaron aumento de la PAS sin diferencias significativas entre ellos (PHD: 145 ± 2 vs PHDC19: 143 ± 3 mmHg; p:NS). La PAD fue normal en ambos grupos (p:NS).



La FE fue menor en los pacientes con COVID-19 (Δ -FE: PHD: $48 \pm 7\%$ vs PHDC19: $21 \pm 8\%$, $p < 0.05$)*.



Se observó un incremento de la masa grasa, sin diferencias en el IMC y sin diferencias en el índice de masa muscular entre ambos grupos (χ^2 :p:NS).



DISCUSION

El principal hallazgo del presente estudio fue que la función endotelial está disminuida en los pacientes con ECR en hemodiálisis y COVID-19. Estos resultados coinciden con una investigación donde sugieren que el riesgo de desarrollar una forma grave de COVID-19 se debería a la disfunción endotelial. Además, se podría especular que, debido al entorno urémico, el paciente en hemodiálisis tiene una res-



puesta inmunitaria anormal y una mayor disfunción endotelial, lo que podría aumentar el riesgo de mortalidad (Stefan, G y Cols, 2020). Además los pacientes en hemodiálisis con COVID-19 son en su mayoría casos clínicos leves debido al deterioro de la función inmune celular y a la incapacidad de la tormenta de citocinas en aumento. Se debe prestar más atención a prevenir los eventos cardiovasculares, que pueden ser los impactos colaterales de la epidemia de COVID-19 (Yiqiong, M y Cols, 2020)

Se observó un aumento del IMC asociado a un incremento de la masa grasa y sin diferencias en el índice de masa muscular entre ambos grupos. En contraposición, hay datos de que los factores asociados con la enfermedad grave por coronavirus en esta categoría de pacientes son la obesidad ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$). En los pacientes con COVID-19 predominaron las siguientes complicaciones: trombosis de fístula arteriovenosa y fibrilación auricular. (Dudar, I. y Cols, 2021.) En un estudio de Nueva York de más de 5000 personas con COVID-19 encontró que la edad, el sexo masculino, la insuficiencia cardíaca, la ERC subyacente y un $IMC > 40 \text{ kg/m}^2$, eran fuertes predictores de ingreso hospitalario y enfermedad crítica. (Petrilli, C. M. y Cols, 2020)

Dada la naturaleza inmunocomprometida de la ERC y la alta carga de comorbilidad observada en pacientes con insuficiencia renal, los pacientes con ERC se encuentran entre las poblaciones más vulnera-

bles (Valeri, A. M., 2020), por este motivo creemos que es fundamental realizar más investigaciones donde se pueda determinar el rol del COVID-19 en la función endotelial y su relación con el riesgo cardiovascular.

CONCLUSIONES

El presente estudio indica que el COVID-19 empeoraría la disfunción endotelial en pacientes con enfermedad renal crónica en hemodiálisis. Esto no estaría relacionado al IMC aumentado ni a la presión arterial elevada. Sin embargo, son necesarias más investigaciones para determinar el rol del COVID-19 sobre la función vascular en esta población.

BIBLIOGRAFIA

1. (Nishiga M, Wang DW, Han Y, Lewis DB, Wu JC. COVID-19 and cardiovascular disease: from basic mechanisms to clinical perspectives. *Nature Reviews Cardiology* 17, 543–558 (2020))
2. (Dzau VJ y cols. The Cardiovascular Disease Continuum Validated: Clinical Evidence of Improved Patient Outcomes Part I: Pathophysiology and Clinical Trial Evidence (Risk Factors Through Stable Coronary Artery Disease), *Circulation*.2006; 114: 2850-2870.
3. Moriyama Y, Eriguchi R, Sato Y, Nakaya Y. Chronic hemodialysis patients with visceral obesity have a higher risk for cardiovascular events.



- Asia Pac J Clin Nutr 2011;20 (1):109-117.
4. Podestà MA, Valli F, Galassi A, Cassia MA, Ciceri P, Barbieri L, Carugo S, Cozzolino M. COVID-19 in Chronic Kidney Disease: The Impact of Old and Novel Cardiovascular Risk Factors. *Blood Purif* 2021;50:740–749.
 5. (Siddiqi HK, Libby P, Ridker PM. COVID19 – A vascular disease. *Trends in Cardiovascular Medicine* 31 (2021) 1–5)
 6. Laurent S, Lacolley P, Brunel P, Laloux B, Pannier B, Safar M. Flow-dependent vasodilation of brachial artery in essential hypertension. *Am J Physiol.* 1990 Apr;258(:H1004-11.
 7. Stefan, G. (2020, 13 diciembre). Clinical features and outcome of maintenance hemodialysis patients with COVID-19 from a tertiary nephrology care center in Romania. *Renal Failure*.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0886022X.2020.1853571>
 8. Yiqiong, M. (2020, 24 febrero). COVID-19 in hemodialysis (HD) patients: Report from one HD center in Wuhan, China. *MedRxiv*. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.02.24.20027201v3>
 9. Dudar, I. (2021, 27 febrero). COVID-19 in patients with chronic kidney disease stage 5. *Ukrainian Journal of Nephrology and Dialysis*. <https://ukrjnd.com.ua/index.php/journal/article/view/495>
 10. Petrilli, C. M. (2020, 22 mayo). Factors associated with hospital admission and critical illness among 5279 people with coronavirus disease 2019 in New York City: prospective cohort study. *Thebmj*. <https://www.bmj.com/content/369/bmj.m1966>
 11. Valeri, A. M. (2020, 31 julio). Presentation and Outcomes of Patients with ESKD and COVID-19. *Journal of the American Society of Nephrology*. <https://jasn.asnjournals.org/content/31/7/1409>

CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO SUBTERRÁNEO EN UN SECTOR DEL CINTURÓN
HORTÍCOLA DE LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA



D. 31. Aguas

**CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO SUBTERRÁNEO EN UN SECTOR DEL CINTURÓN
HORTÍCOLA DE LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA**

Autor: Dell' Arciprete, Daiana Denise; dellarcipretedaiana@fcnym.unlp.edu.ar

Profesoras Guías: Carretero, Silvina; scarretero@fcnym.unlp.edu.ar y Laurencena, Patricia;

pl Lauren@fcnym.unlp.edu.ar

Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Resumen

El recurso hídrico en el sector del Cordón Hortícola de La Plata (CHLP), que abarca las zonas de cabecera y media de los arroyos Pereyra, Carnaval, Martín, Rodríguez y El Gato, es utilizado para el consumo humano y la producción hortícola. El trabajo tiene como objetivo presentar la actualización del comportamiento hidrodinámico en un sector del CHLP a partir de una red de monitoreo ubicada en un área en donde se han identificado los diferentes usos del suelo y su relación con el acuífero del que se abastecen los agricultores. Se generó una encuesta en base a un criterio hidrológico, según el uso del suelo y del agua, para entrevistar agricultores y/o floricultores, entre septiembre de 2021 y abril de 2022. Se utilizaron las curvas de nivel de las cartas topográficas 3557-13-4 (Villa Elisa) y 3557-13-4 (Estación Gómez) para realizar el acotamiento de los niveles de agua tomados a partir de las perforaciones a escala regional. La información recopilada fue integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), generando un mapa base compuesto por la red hidrográfica del área, los partidos involucrados en la cuenca y las perforaciones de monitoreo. Se incorporaron también las curvas isopiezas del año 2018 censadas y publicada por otros autores. Se confeccionó un mapa de flujo para la zona del CHLP y se comparó con la situación de 2018. Se evaluaron un total de 36 perforaciones en la zona periurbana, la mayoría de las profundidades de las perforaciones oscilaron entre los 40 y 60 metros, y extraen agua del acuífero semiconfinado Puelche. Tres perforaciones con aproximadamente 30 metros de profundidad extraen el recurso hídrico a partir del acuífero Pampeano. En base a las características constructivas de cada perforación solo fue posible medir la profundidad del nivel del agua en 15 pozos. Las alturas hidráulicas calculadas varían entre -6,75 y 15,1 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) de 13 pozos que extraen agua del acuífero Puelche. Los filetes de flujo evidencian que las



aguas subterráneas presentan un movimiento desde el sector de cabecera de la cuenca hacia la zona media. Dentro de la cuenca del Arroyo Pereyra se presentan valores entre 2,75 y - 6,75 m.s.n.m.

Palabras clave: Hidrogeología, Comportamiento hidrodinámico, Cordón Hortícola de La Plata.

Introducción

La horticultura en la región de La Plata se ha incrementado significativamente a lo largo de los años. En la actualidad, la actividad productiva del CHLP se posiciona como la región hortícola más importante de la Argentina (García, 2011; Miranda, 2017).

El sector hortícola Platense se caracteriza por tener zonas de fronteras móviles y difusas entre el campo y la ciudad dentro de La Plata y municipios aledaños, expandiéndose del casco urbano Platense hacia el suroeste, ya que al noreste la ciudad limita con los polos industriales de Berisso y Ensenada. Esta zona es denominada periurbana, y refiere al espacio donde las explotaciones hortícolas se entremezclan con otros usos del suelo (residenciales, fabriles, comerciales, etc.) según Villulla, 2006.

La expansión de la urbanización y del desarrollo agrícola dan lugar a una competencia por el uso de la tierra y

consecuentemente por el uso del agua. El desarrollo urbano, la demanda de agua y la inhabilitación de algunos pozos por problemas de contaminación han dado lugar a la expansión del área de explotación para abastecimiento de agua potable (Laurencena, Deluchi, Rojo y Kruse, 2010).

En el CHLP coexisten diversos sistemas de producción (convencional bajo invernáculo, convencional al aire libre, orgánico bajo invernáculo y orgánico al aire libre), los cuales utilizan diferentes cantidades de agua para riego y generan diferentes impactos potenciales (Auge, 2005). Al no presentar un servicio de provisión de agua potable ni sistema cloacal, se utiliza el agua subterránea tanto para consumo como para la producción, obteniéndose a través de perforaciones y su posterior bombeo; a su vez se realizan pozos absorbentes para los líquidos cloacales.

En los últimos años se intensificó la adopción de invernáculos juntamente con



el riego por goteo, lo que produjo la impermeabilización de grandes superficies, favoreciendo el escurrimiento superficial de las precipitaciones sobre la infiltración (García, 2011; Laurencena et al., 2010). Por lo tanto, no sólo no se aprovecha el agua de lluvia para el riego, sino que también se le impide parcialmente su infiltración. Esto último dificulta la recarga del acuífero, de donde se extrae agua para el cultivo (García, 2011).

Existen cambios en la relación hidráulica entre el acuífero freático y el semiconfinado que se encuentran intensificados por la actividad hortícola (aumento en el número de quintas, de perforaciones y de la superficie bajo cubierta, con picos de extracción en la estación de verano). Estas modificaciones también, se producen por la instalación de nuevos sectores de bombes para el abastecimiento de agua a centros urbanos, que implican una mayor extracción del recurso (Laurencena et al., 2010). Tal es el caso del Parque Pereyra Iraola donde Moreyra et al. (2012) mencionan que los agricultores atribuyen la profundización del nivel piezométrico en verano a la explotación de agua subterránea a partir de pozos instalados en sus inmediaciones para abastecer a la población de Berazategui.

Kruse et al. (2014) manifiestan que al producir modificaciones en el suelo constantemente (actividades agropecuarias, desarrollo urbano y su infraestructura) se continuará variando la dinámica del agua superficial y subterránea. Estas variaciones se producen debido al aumento de las superficies impermeabilizadas, a la eliminación de la cubierta vegetal y al aumento de la extracción de agua de los acuíferos para riego.

Las características generales de las aguas subterráneas y los antecedentes históricos en el noreste de la provincia de Buenos Aires indican una situación crítica en cuanto a la disminución de las reservas y el deterioro de la calidad química del recurso, que afectan al acuífero Puelche (Kruse, 2015).

Objetivos

El objetivo del trabajo es realizar una actualización del comportamiento hidrodinámico en un sector del CHLP a partir de una red de monitoreo donde se han identificado los diferentes usos del suelo y su relación con el acuífero del cual se abastecen los agricultores.

Materiales y métodos



Se generó una encuesta estructurada y formulada en base a tres criterios: el hidrológico, el uso del suelo y el uso del agua. Se entrevistó a los agricultores y/o floricultores entre los meses de septiembre de 2021 y abril de 2022.

El criterio hidrológico se abordó consultando sobre el estado de las perforaciones utilizadas para extracción de agua en su terreno, la profundidad de éstas, caudal de extracción, características de las bombas trifásicas y monofásicas en uso y sistema de recolección de agua de lluvia.

El criterio utilizado para identificar el uso del suelo, se basa en el tipo y sistema de cultivo utilizado (bajo cubierta o al aire libre), pesticidas y/o agroquímicos usados y el espacio ocupado por invernáculos.

El criterio sobre el uso del agua se abordó consultando sobre las diferentes técnicas de riego, el uso industrial, para el consumo humano o de animales.

Se evaluaron un total de 36 perforaciones ubicadas en diferentes quintas del área de estudio. La elección de los pozos a utilizar consistió en corroborar el acceso a los mismos para medir la profundidad del agua subterránea.

Para realizar el acotamiento de los niveles de agua tomados a partir de las perforaciones a escala regional, se utilizaron las curvas de nivel de las cartas topográficas 3557-13-4 (Villa Elisa) y 3557-13-4 (Estación Gómez). La localización de cada perforación fue verificada en los recorridos de campo y se utilizaron las imágenes de Google Earth de mayo y junio de 2021 para mapear su ubicación.

La información recopilada fue integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), a partir del cual se generó un mapa base compuesto por la red hidrográfica del área, los límites de los partidos que se incluyen en la cuenca, la ubicación de las perforaciones de monitoreo y las curvas isopiezas elaboradas por García y Zanandrea (2018). Se confeccionó un mapa de flujo para la zona del CHLP y se comparó con la situación de 2018.

Resultados y discusión

Características generales de la región

El área de estudio se ubica en la región NE de la provincia de Buenos Aires, comprendiendo un sector de la cuenca hidrográfica del Río de la Plata, en los partidos de La Plata y Berazategui donde el CHLP abarca las zonas de cabeceras y zonas medias de las cuencas de los

arroyos: Pereyra, Carnaval, Martín, Rodríguez y El Gato (Figura 1). Estos arroyos presentan un rumbo general de escurrimiento SO-NE, los cuales desaguan en la planicie costera y no en el Río de la Plata. En general, determinan un paisaje conformado por suaves ondulaciones que se estructuraron siguiendo la pendiente regional y formando en sus desembocaduras amplios paleoestuarios durante el máximo transgresivo Holoceno.

En la actualidad, la mayoría de los cursos han sido rectificadas, profundizadas y ensanchados, existiendo casos en los que se han realizado canalizaciones para facilitar el escurrimiento ya que la gran mayoría de estas planicies de inundación han sido ocupadas por la población, despreciando el paisaje original de base.

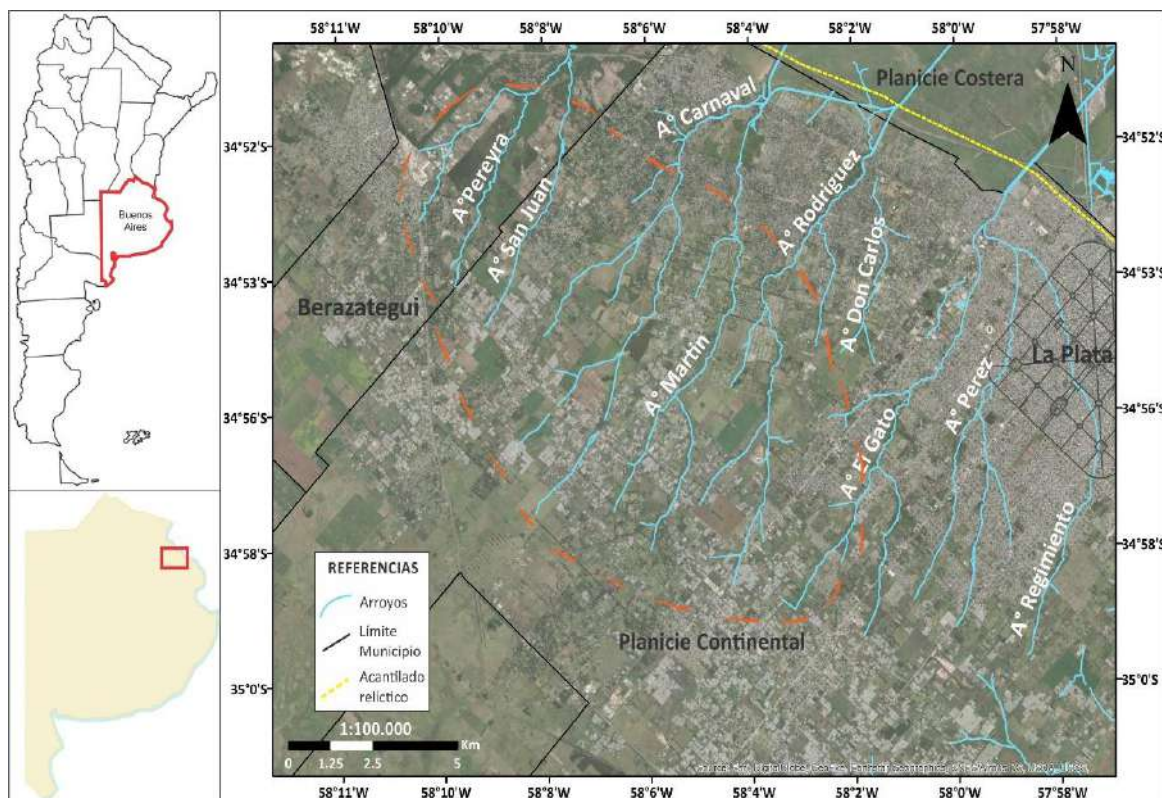


Figura 1. Ubicación del área de estudio delimitada con líneas punteadas anaranjadas.

El clima del área es de tipo templado - húmedo, con precipitaciones medias anuales de 1086 mm/año, una temperatura media anual de 17.2°C

(Zanandrea, 2019) y una humedad relativa de 77% (Kruse et al., 2014). De acuerdo con clasificación de Köppen (1936) el clima es del tipo templado (C), subtropical, sin



estación seca (pampeano) y con veranos cálidos (fa). La intensidad media anual de los vientos es de 12 km/h, predominando los provenientes del E y secundariamente los de NE y NO (Hurtado, et al., 2006).

Geomorfología e hidrología superficial regional

En el estuario del Río de la Plata, durante el Holoceno, ocurrieron eventos transgresivos y regresivos que fueron controlando la distribución de la sedimentación. Esto ha, generado una zona de origen poligenético reconociéndose, además del estuario, dos ámbitos geomorfológicos: la planicie continental, también denominada zona interior (Fidalgo y Martínez, 1983) y la planicie costera o llanura costera marginal, (Fidalgo y Martínez, 1983; Cavallotto, 1995). El límite entre ambas está representado por un acantilado relíctico, que en muchos casos ha sido parcialmente erosionado, que se sitúa aproximadamente a los 5 m.s.n.m.

La planicie costera se desarrolla desde la línea de costa hasta el paleoacantilado que lo separa de la planicie continental, presentando inflexiones hacia el continente allí donde el paleoacantilado es atravesado por los cursos de agua superficiales. Constituye

una franja de unos 4 a 8 km de ancho paralela al estuario del Río de la Plata, con una pendiente imperceptible (entre 0,06 a 0,1%) y formas cóncavas, sobre la cual se han desarrollado redes anárquicas y amplios bañados.

Particularmente la planicie continental, se extiende desde el acantilado relíctico hacia el interior de la región y se caracteriza por el desarrollo de cuencas fluviales con cauces bien definidos y buena integración, con divisorias en las que se desarrollaron hoyos o cubetas de deflación.

Geología e hidrología subterránea regional

La columna estratigráfica general del área se compone de base a techo por el basamento cristalino, formado por plutonitas y metamorfitas del Complejo Martín García, formando parte del sistema hidrolitológico como un acuífugo (Romanazzi, et al., 2012).

Por encima del basamento se encuentra la Formación Olivos, compuesta en su parte inferior, por gravas basales y arenas verdes a grisáceas medianas a gruesas que le otorgan un comportamiento de acuífero confinado. En la parte superior de esta unidad se reconocen arcillas pardo-rojizas de origen continental, las cuales



forman parte del acuífudo. Sobre la Formación Olivos, se encuentra la Formación Paraná, conformada en la base por arenas medianas a finas de origen marino cuyo comportamiento hidráulico corresponde a un acuífero. Hacia el techo se reconocen arcillas verdes a verde-azuladas con comportamiento de tipo acuífudo. Estas dos formaciones componen el sistema pasivo dentro del comportamiento hidrológico del sector (González, 2005).

En la parte superior de la columna estratigráfica, se encuentra lo que se denomina sistema activo según Romanazzi et al. (2012). El sistema está, conformado por la Formación Puelches correspondiente a arenas medianas a finas con características de acuífero semiconfinado, encontrándose aproximadamente entre los 44 y 63 m bajo el nivel del terreno (m.b.n.t.) (García, 2016). Por encima, se depositaron los Sedimentos Pampeanos cuya localización es entre 0 y 43 m.b.n.t, dependiendo de los desniveles topográficos y la posición del techo de la Formación Puelches (García, 2016). Los Sedimentos Pampeanos en la parte inferior se componen por limos arcillosos y arcillas limosas otorgando un

comportamiento de acuitado al sistema. En la parte superior se localizan los limos loessoides, limos finamente arenosos y calcáreos, que contienen la capa freática (acuífero freático) (González, 2005).

El techo de la secuencia estratigráfica está representado por los Sedimentos Postpampeanos, conformados por limos, arenas limosas y limos arcillosos con niveles de conchilla. Esta unidad contiene a la zona no saturada y parte del acuífero freático (González, 2005).

Usos del suelo y del recurso hídrico en el CHLP

El área comprendida en el trabajo se considera que coincide con la divisoria de aguas que separa la cuenca hidrográfica del Río de la Plata hacia el NE de la cuenca hidrográfica del Río Samborombón hacia el SO.

En el sector del área periurbana que abarca este estudio, que ocupa aproximadamente el 53 % de la superficie del partido de La Plata y el 31% de Berazategui, se ubicaron 36 pozos de agua (Figura 2) en terrenos donde predomina la actividad agrícola intensiva de horticultura y floricultura.

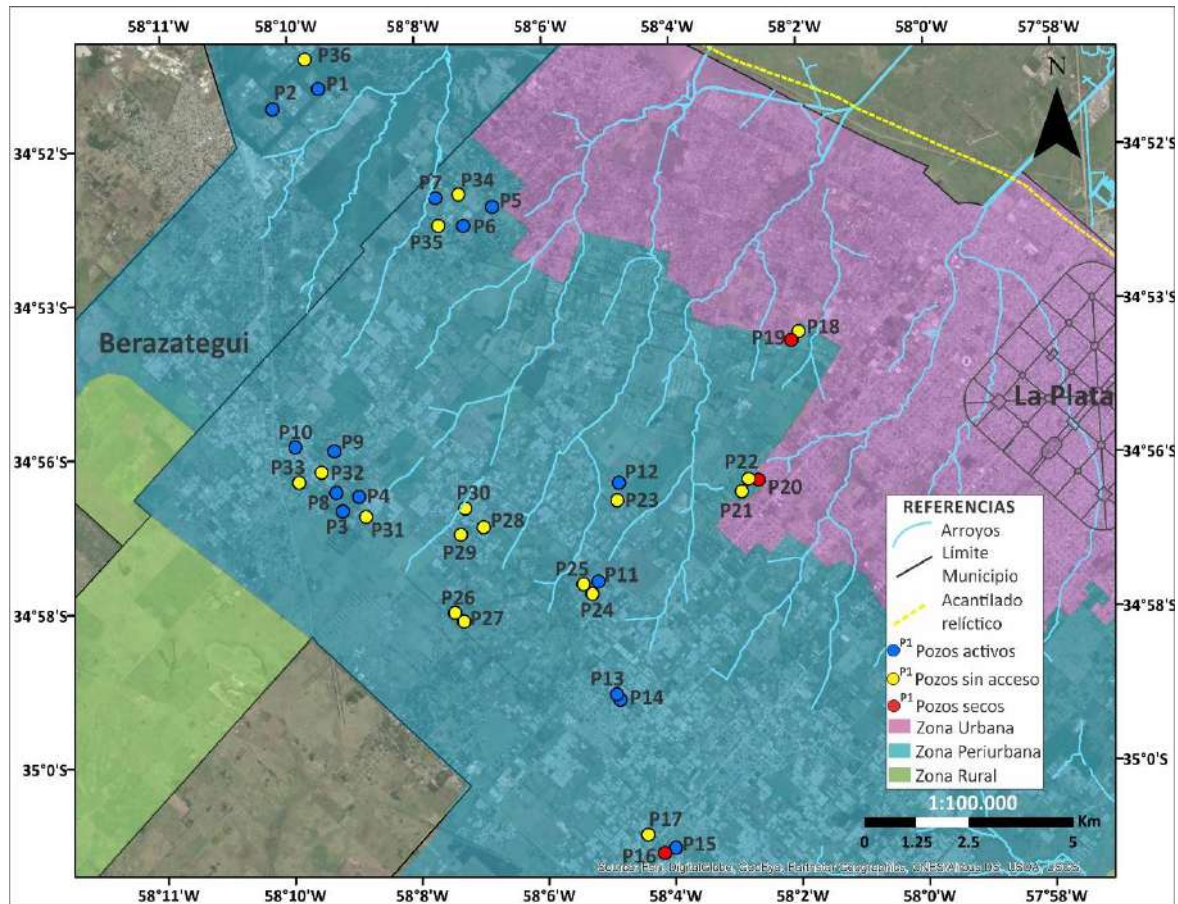


Figura 2. Discretización de usos del suelo y ubicación de los pozos de agua.

De los 36 pozos relevados, la mayoría corresponde a la extracción del recurso hídrico del acuífero Puelche; esto se conoce en función de la profundidad a la cual están realizadas las perforaciones, variando entre 40 y 60 metros según los datos proporcionado por los agricultores. La profundidad de este acuífero se define entre los 44 y 63 m.b.n.t. Se distinguieron 3 pozos con profundidades menores a 35 metros, interpretando que extraen el recurso del acuífero Pampeano, correspondiente a la formación que se

encuentra entre los 0 y 43 m.b.n.t. dependiendo de las características geomorfológicas de la región.

Los productores informaron que recientemente han tenido que realizar pozos nuevos o reperfilar los existentes, por escases del recurso particularmente durante el verano producto del desarrollo de las zonas periurbana y rural.

De acuerdo a las características constructivas de cada perforación solo fue posible medir la profundidad del nivel del

agua en 15 pozos (13 al Puelche y 2 al Pampeano) (Figura 2).

Las encuestas realizadas determinaron que, de las 78 hectáreas recorridas, aproximadamente un total del 60% de los terrenos presentan superficies impermeabilizadas por invernáculos, los cuales otorgan la posibilidad de regar por goteo. El 30% de los terrenos corresponde a superficies con cultivos al aire libre donde predomina el riego por agua de lluvia o por surcos (técnica de riego donde se riega de a un surco a la vez inundándose y haciendo circular el agua). El 10% restante se lo destina a la construcción de viviendas y galpones para almacenar las hortalizas y/o flores cosechadas.

En la Figura 3, se representa las curvas isopiezas realizadas por García y Zanandrea (2018) donde se evidencia la

influencia de la extracción de agua para consumo humano realizada en la periferia de la ciudad La Plata. En el noreste de la zona de estudio, los valores piezométricos varían entre 0 y -15 m.s.n.m. evidenciando la profundización de los niveles piezométricos del acuífero Puelche, resultado de una intensa explotación del recurso hídrico.

En las perforaciones medidas para el desarrollo de este trabajo, las alturas hidráulicas del Puelche varían entre -6,75 y 15,1 m.s.n.m. (Figura 3) con un flujo subterráneo desde el sector de cabecera de la cuenca hacía la zona media.

Dentro de la cuenca del Arroyo Pereyra se presentan valores entre 2,75 y -6,75 m.s.n.m. El flujo subterráneo en este sector se direcciona hacia el noroeste de cuenca.

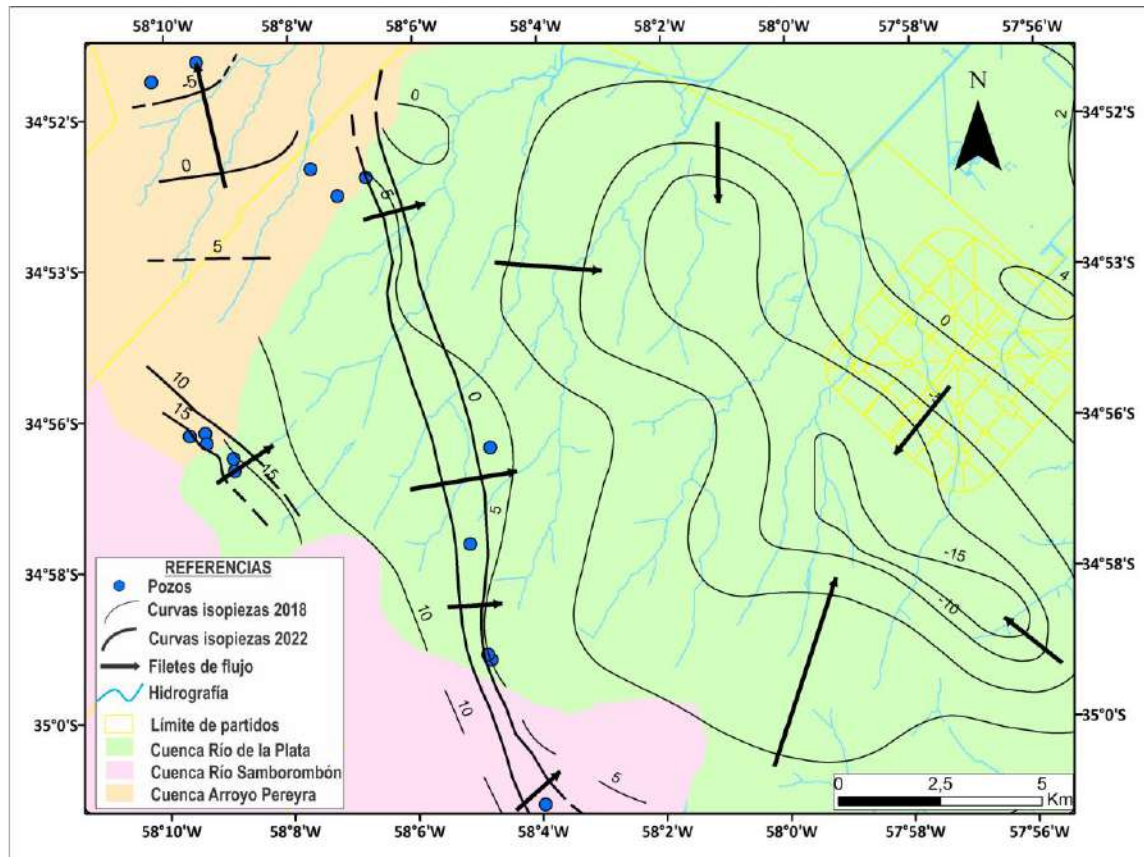


Figura 3. Mapa isopiezico del área de estudio modificado de García y Zanandrea 2018.

Conclusiones

Los pozos ubicados en sector NO del área de estudio registran niveles más profundos y direcciones de flujo que muestran la influencia de la extracción realizada en la localidad de Berazategui.

El sector de divisoria principal analizado, presenta direcciones de flujo que en general mantienen condiciones hidrodinámicas naturales.

El 60% de terrenos recorridos presentan superficies impermeabilizadas

por invernáculos, el 30% cubiertas por cultivos al aire libre y el 10% restante destinado a la construcción de viviendas y galpones.

La continuidad en el tiempo de la red de monitoreo generada permitirá conocer la evolución del recurso hídrico de acuerdo al desarrollo de área periurbanas y rural.

Este trabajo representa la primera etapa de una tesis doctoral, con el objetivo de evaluar la dinámica del agua



subterránea vinculada al balance hídrico del CHLP.

Bibliografía

Auge, M. P. (2005). Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. En Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino (pp. 293-312). La Plata.

Cavallotto, J. (1995). *Evolución Geomorfológica de la Llanura Costera del Margen Sur del Río de La Plata*. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Fidalgo, F. y Martínez, O. (1983). Algunas características geomorfológicas dentro del partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 38(2), 263-279.

García, M. (2011). El Cinturón Hortícola Platense: ahogándonos en un mar de plásticos. Un ensayo acerca de la tecnología, el ambiente y la política. *Theomai*, 23, 35–53. Recuperado de http://revistatheomai.unq.edu.ar/NUMERO%2023/contenido_23.htm

García, J. M. (2016). *Particularidades del Acuífero Puelche en la región de La Plata*. (Trabajo Final de Licenciatura). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

García, J.M. y Zanandrea, J.F. (2018). Evaluación de la dinámica hídrica del agua subterránea en la región del Gran La Plata. Recuperado de http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/12890/24-aguas-garca-juanmanuel-unlp.pdf

González, N. (2005). Los ambientes hidrogeológicos de la provincia de Buenos Aires. En: R.E. de Barrio, R. O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit.) *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires*. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Cap. XXII: 359–374. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Hurtado, M.; Giménez, J.; Cabral, M.; Silva, M.; Martínez, O.; Camilión, M.; Sánchez, C.; Muntz, D.; Gebhard, J.; Forte, L.; Boff, L.; Crincoli, A.; y Lucesoli, H. (2006). Análisis ambiental del partido de La Plata: aportes al ordenamiento territorial. CISAUA, Ministerio Asuntos Agrarios. Universidad Nacional de La Plata Ed. 124 p. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27046>

Köppen, W. (1936). Das Geographische Climate das System der Klimate. En: Köppen, W. & Geiger, R. *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936, 44 p.



Kruse, E. (2015). Uso del agua subterránea y desarrollo sostenible. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Secretaría de Investigación, Desarrollo y Transferencia. Centro de Edición y Diseño; Núcleos; 2; 8-2015; 30-36.

Kruse, E., Sarandón, R., Gaspari, F., Schnack, E., Del Cogliano, D., Fucks E., Perdomo, R., Guerrero, Borges V., Rodríguez, Vegaria, A., Pousa, J., Simontacchi, L., Carretero, S., Richter, A., Gómez, M.E., Bagu, D., Charó, M., Ainchil, J., Perdomo, S., Ruiz, M.S., Besteiro, S., Delgado, M.I., Laurencena, P., Mendoza, L., Nuccetell, G., Pisano, M.F., Rodríguez, Capítulo L., Tavarone, M.F., (2014). Impacto del cambio climático en el Gran La Plata. EDULP, Editorial de la Universidad de La Plata. La Plata. 105 p.

Laurencena, P., Deluchi, M., Rojo, A. y Kruse, E. (2010). Influencia de la explotación de aguas subterráneas en el sector periurbano de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 66 (4) p. 484 - 489 Número especial Geología Urbana, Ordenamiento Territorial y Teledetección.

Miranda, M. (2017). Riesgos ambientales asociados al cultivo bajo cubierta en el cinturón hortícola del gran la Plata. 1°

Encuentro Nacional sobre Periurbanos e interfaces críticas. Ciudad de Córdoba: INTA.

Moreyra, A., Puricelli, M., Mercader, A., Rey, M. I., Córdoba, J. y Marsans, N. (2012). El acceso al agua de los agricultores familiares de la región pampeana: Un análisis multidimensional. *Mundo agrario*, 12 (24).

Romanazzi, P. G., Bozzano, H. R., San Juan, G. A., Karol, J. L., Cirio, G. W., López, I., Mariñelarena, A. J., Tortorelli, M.C., Pessolano, B., Ruiz de Galarreta, V. A. y Banda Noriega, R. (2012). Evaluación de la infraestructura social básica en el marco de la regionalización de la provincia de Buenos Aires. Informe Final, Proyecto de Regionalización de la Provincia de Buenos Aires; UNLP, La Plata. 536p.

Villulla, J. M. (2006). *Cambios sociales y degradación de la producción en el cinturón hortícola platense*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Zanandrea, J. F. (2019). *Variaciones del nivel freático en la cuenca del Arroyo El Pescado. Periodo 2017–2018*. (Trabajo Final de Licenciatura). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



AÑOS

Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Financiamiento

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de la ANPCyT PICT 2016 – 2520, del proyecto perteneciente al Programa de Incentivos a los docentes-Investigadores (código N872) y del PPID/N032, estos últimos pertenecientes a la UNLP.

Agradecimiento

A los productores que permitieron el acceso a su lugar de trabajo y por participar de las encuestas realizadas.

Fluoruros en aguas de consumo de Minga Guazú y Ciudad del Este, 2022.



D.31.Aguas

Fluoruros en aguas de consumo de Minga Guazú y Ciudad del Este, 2022.

Autor: López Balmaceda, María Beatriz, mblbjm@gmail.com

Co-autor(es): Barrios Del Puerto, Nelson Gabriel, nelsoluchiha01@gmail.com; Caríssimo

Báez, Geysa Monserrat, geysacarissimo@gmail.com; Caballero, Zoraida,

zorycaballeros@gmail.com; Casartelli Mayans, Oscar Octavio,

Oscarcasartelli.12@gmail.com; Mendieta Gossen, Ana Paloma,

palomaxmgossen@gmail.com; Santacruz Aguilera, Rosa María,

aguilerasantacruzme@gmail.com; Santacruz Amarilla, Dejesús Hugo Daniel,

Chusantacruz13@gmail.com; Sosa, Gabriela gabyso.py@gmail.com;

Villamayor, Rodrigo, rodrigo22DVG@gmail.com

Profesor/a guía: Mereles Aranda, Eva Fabiana email: evitamereles80@gmail.com

Universidad Nacional del Este

Resumen

Introducción: El flúor se encuentra en forma de fluoruro en el suelo y en el agua, es necesario para mantener la salud bucodental, pero en exceso puede causar fluorosis y estar relacionado con afecciones como osteoporosis, afectaciones al sistema nervioso central, alteración del coeficiente intelectual en niños, trastornos del espectro autista, trastorno de hiperactividad con déficit de atención, entre otros.

Objetivo: Determinar los niveles de fluoruros en aguas de consumo de Minga Guazú y Ciudad del Este.

Materiales y métodos: Estudio descriptivo, de corte transversal. Se realizó análisis de agua para medir la concentración de fluoruros en 16 pozos artesianos de Minga Guazú y Ciudad del Este, en el Laboratorio de Aguas y Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Este, de marzo a mayo de 2022. La determinación de fluoruros se realizó por el método colorimétrico SPADNS*, que se basa en la decoloración de un complejo intensamente coloreado de circonio, y que reacciona cuantitativamente con los iones fluoruros disociando el complejo coloreado a un complejo incoloro de iones circonio y fluoruro. A medida que la concentración de fluoruros aumenta el color del complejo se torna más claro. Se emplearon porciones de 50 mL de muestras y soluciones estándar a las que se agregó 10 mL de reactivo combinado del reactivo ácido de circonilo-SPADNS, posteriormente se procedió a homogenización y lectura de la absorbancia a 570 nm, la cual fue contrastada con una curva de referencia de soluciones de fluoruros, con concentraciones entre 0 y 1,40 mg/L a partir de una solución estándar de fluoruro de sodio, para la cuantificación en las muestras ensayadas.

Resultados: de las 16 muestras analizadas 2 presentaron valores fuera de rango en Ciudad del Este, con valores superiores al normal de 1,50 mg/L establecido por la Norma Paraguaya.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Conclusión: Las aguas de las dos fuentes con valores de fluoruros fuera de rango, son consumidas por varias personas que corren el riesgo de desarrollar patologías como fluorosis dental, problemas en el sistema nervioso central y otras enfermedades crónicas. Se podría desarrollar un sistema de extracción de los fluoruros del agua y el monitoreo de rutina para este elemento.

Palabras clave: fluoruros, agua de consumo, fluorosis dental.

Introducción

El flúor es uno de los 118 elementos químicos registrados hasta hoy, debido a su alta reactividad, no se encuentra en su forma libre en la naturaleza sino como fluoruro (Raja Reddy, 2017). Como parte del ciclo biogeoquímico de los elementos químicos presentes en la naturaleza, cuando el agua pasa a través de las rocas y el suelo con minerales como la fluorita (CaF_2), criolita (Na_3AlF_6) y fluorapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) el fluoruro se disuelve e ingresa a las fuentes de aguas naturales por infiltración y percolación (Diez Pérez et al., 2019).

El fluoruro de sodio natural se encuentra en el océano, por eso la mayoría de los mariscos lo contienen, pero también se puede encontrar fluoruros en carnes, pollos, sardinas, quesos, leche, té, gelatinas y otros alimentos (Berg, J., Gerweck, C., Hujuel, P. P., King, R., Krol, D. M., Kumar, 2016).

La presencia de este elemento en aguas y alimentos provoca un consumo involuntario de un químico que no necesariamente requieren las personas (Romero, V., Norris, F. J., Ríos, J. A., Cortés, I., González, A., Gaete, L., & Tchernitchin, 2017)

El Comité de Nutrición y Alimentos del Instituto de Medicina (*Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine*) recomienda algunos valores como ingestas apropiadas (IA), no cantidades diarias recomendadas (CDR). Para bebés de 0 a 6 meses: 0.1 miligramos por día (mg/día) y 7 a 12 meses: 0.5 mg/día; en los niños de 1 a 3 años: 0.7 mg/día, 4 a 8 años: 1.0 mg/día y 9 a 13 años: 2.0 mg/día; en los adolescentes y adultos, para hombres de 14 a 18 años: 3.0 mg/día; para hombres de 18 años en adelante: 4.0 mg/día; y para las mujeres de 14 años en adelante: 3.0 mg/día (Berg, J., Gerweck, C., Hujuel, P. P., King, R., Krol, D. M., Kumar, 2016). Si consumimos mayor cantidad de fluoruros se podría producir patologías como fluorosis dental y variados efectos negativos en la salud humana, como serían trastornos digestivos, enfermedades metabólicas, absorción renal, diabetes, cardiopatías, daños enzimáticos en los labios, mandíbula y el paladar, alergias, daño teratogénico, así también fluorosis dental, aumento de riesgos en fracturas óseas, y un incremento de riesgo de cáncer óseo (Quinteros Cáceres and Quinteros Cáceres, 2019).

La caries dental constituye actualmente la enfermedad más frecuente en el ser

humano, teniendo en cuenta que el flúor constituye uno de los elementos utilizados en el tratamiento de esta enfermedad (Martin, 1960; Riverón, J. D. D. E., Quiñonez, J. A. P., & Fuentes, 2006) y otras enfermedades óseas, incluyendo algunas formas de osteoporosis establecida (Olivares and Bayona, 1995; Riaudel et al., 2011).

La fluorosis dental se caracteriza por la aparición de manchas blanquecinas o marrones en los dientes. A la larga puede llevar a la aparición de caries, sensibilidad dental, maloclusión e incluso baja autoestima por avergonzarse de la condición de su dentadura. Según estudios realizados en varios barrios de distintos departamentos de nuestro país, en niños de 12 años en adelante, se corroboró la prevalencia de la aparición de fluorosis dental en niños, con una frecuencia de 54% y en niñas en un 46% (Nuñez Mendieta, 2011). La gravedad de la fluorosis dental dependerá de la cantidad de flúor ingerido y de la duración del tiempo que esté en contacto con la pieza dentaria (Fernández, Vicente, Carmen, and Carreras-presas, 2017).

En todos los países latinoamericanos se encontró una frecuencia importante de

fluorosis dental en escolares con dentición permanente, en la ciudad de Corrientes (Puche and Rigalli, 2007)(31), Argentina se observó en el 48% de los examinados; inferior a lo hallado en la ciudad de Caldas en Colombia (Sánchez, Parra, and Cardona, 2005) (17) cuya proporción fue de 63,3%, superior a la hallada en la ciudad de Mérida, en Venezuela cuya proporción fue de 36%. (Arellano LA, Fleitas AT, 1998).

En México, en niños de 6 a 12 años, se encontró el 94,3% de 355 niños de Mexicacan que padecían de fluorosis dental, 5% de ellos con daño severo y 62% con riesgo de llegar al nivel anterior (Pérez PTJ, Scherman LRL, 2007). En los países en vías de desarrollo se han reportado en las últimas dos décadas, un incremento en la fluorosis dental y una disminución de la caries dental (Hernández et al., 1998).

La fluorosis también puede ser ósea o esquelética presentándose como una enfermedad grave que provoca cambios en la densidad ósea, deformando el esqueleto y provocando raquitismo, parálisis, discapacidad e incluso la muerte (Bhatnagar, M., Rao, P., Sushma, J., & Bhatnagar, 2002; Fernández et al., 2017).



Los cambios esqueléticos incluyen un aumento general de la masa ósea, la calcificación y osificación de ligamentos y fascias interóseas y la formación perióstica de hueso nuevo con el desarrollo de exostosis en huesos largos y osteofitos en la columna. Los osteofitos que se proyectan hacia el canal espinal y los agujeros intervertebrales pueden presionar la médula y las raíces espinales, lo que explica las características radiculomielopáticas que se observan en la fluorosis crónica (Raja Reddy, 2017).

también el flúor es tóxico para el sistema nervioso central (SNC), es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica y se acumula en las neuronas afectando los cambios citológicos, la actividad celular y el transporte de iones (por ejemplo, el transporte de cloro). Además, el flúor cambia la concentración de productos finales de glicación avanzada (AGE) no enzimáticos, el metabolismo de los neurotransmisores (que influyen principalmente en la neurotransmisión glutamatérgica) y el metabolismo energético de las neuronas por el transportador de glucosa alterado, GLUT1. También puede cambiar la actividad y provocar la disfunción de proteínas importantes que forman parte

de la cadena respiratoria. El flúor también afecta el estrés oxidativo, la activación glial y la inflamación en el SNC que conduce a la neurodegeneración. La exposición excesiva a este elemento puede causar efectos nocivos como daño permanente de todas las estructuras cerebrales, deterioro de la capacidad de aprendizaje, disfunción de la memoria y problemas de comportamiento. Una vez el flúor ha podido ingresar en el torrente sanguíneo cerebral, éste causa un daño oxidativo provocando especies reactivas de oxígeno (radicales libres) además de oxidarse los lípidos (grasas) que forman parte de la estructura del tejido cerebral. Esta afectación provoca una reducción de los mecanismos antioxidantes de las propias neuronas y células gliales. Concomitantemente, se ve un aumento de la producción de sustancias pro inflamatorias como IL, NF- κ B, etc alternándose a su vez la síntesis de neurotransmisores y la neuroplasticidad (Francesc Borrás, 2019).

Una exposición por mucho tiempo al flúor en el periodo prenatal y postnatal tiene un resultado tóxico en el metabolismo y fisiología de las neuronas y células gliales que a continuación se traduce en alteraciones de memoria y



aprendizaje. El flúor puede traspasar la placenta, la barrera hematoencefálica y afectar al feto. En modelos animales se apila en el hipocampo y afecta el aprendizaje y la memoria, esto se debe a la inmadurez de los mecanismos de defensa y elevación de la permeabilidad de la barrera hematoencefálica(Nuñez Mendieta, 2011).

En otro estudio se observó que la exposición a niveles elevados al flúor afectó de forma significativa el desarrollo de la inteligencia en niños. A mayor concentración de flúor en el agua de bebida menor coeficiente intelectual de los niños, independientemente de la región, edad o sexo (Thomas et al., 2016).

Se ha estudiado que la calcificación de la glándula pineal, por un excedente de flúor, inhibe la síntesis de melatonina; paralelamente se ha comprobado una disminución significativa de la producción de melatonina en individuos que padecen trastornos del espectro autista (TEA). Los TEA incluye: el síndrome de Rett, síndrome de Asperger, trastorno desintegrado infantil o síndrome de Heller y trastorno generalizado del desarrollo no especificado. Estudios observacionales destacan un ratio elevado de TEA en países con una elevada ocurrencia de

fluorosis dental(Strunecka and Strunecky, 2019). Existe una relación entre el aumento de prevalencia de TDAH y la exposición al agua fluorada. También existe una relación positiva entre la exposición prenatal al flúor y un aumento de la inatención entre niños de 6-12 años, y a mayor concentración de flúor en el agua de bebida aumenta el riesgo de ser diagnosticado con TDAH, además de incrementarse los síntomas de hiperactividad e inatención (Riddell, Malin, Flora, McCague, and Till, 2019).

Como el flúor es un disruptor endocrino con la capacidad de modificar la función de aquellos tejidos que son dependientes de yodo, si además coexiste con un déficit moderado a severo de yodo, el riesgo de padecer hipotiroidismo se eleva aún más (Peckham, Lowery, and Spencer, 2015). Se describió una elevación del 30% de prevalencia de hipotiroidismo en áreas donde los niveles del flúor en el agua de bebida sobrepasan de 0,3mg/L (Peckham et al., 2015).

En diferentes países del Sur de América como Brasil, Argentina y ciertas regiones de Paraguay se encontraron grandes niveles de fluoruros en aguas subterráneas, según el Ministerio de Salud el nivel de concentración adecuada de flúor en las aguas debería



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

ser de 0,3 mg/litro o, dicho de otra forma, 0,8 ppm (partes por millón) (Nuñez Mendieta, 2018).

En los Departamentos de Alto Paraná, Concepción, San Pedro y Paraguarí (Diez Pérez et al., 2019) se encontró concentraciones de fluoruro igual o mayor a 1,5 mg/L

Entre los métodos para detectar la concentración de flúor se encuentran; el método colorimétrico, potenciométrico de iones específicos, y de cromatografía de intercambio iónico, (Peckham et al., 2015).



El objetivo de este estudio es determinar los niveles de fluoruros en aguas de consumo de Minga Guazú y Ciudad del Este.

Materiales y métodos

El estudio es descriptivo, de corte transversal. Se realizó análisis de agua de los pozos artesianos de Minga Guazú y Ciudad del Este, en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional del Este, de marzo a mayo de 2022.

La determinación de fluoruros se realizó por el método colorimétrico SPADNS*, el cual se basa en la decoloración de un complejo intensamente coloreado de circonio, el cual reacciona cuantitativamente con los iones fluoruros disociando el complejo coloreado a un complejo incoloro de iones circonio y fluoruro. A medida que la concentración de fluoruros aumenta el color del complejo se torna más claro.

Se emplearon porciones de 50 mL de muestras y soluciones estándar a las

cuales se agregó 10 mL de reactivo combinado del reactivo ácido de circonilo-SPADNS, posteriormente se procedió a homogenización y lectura de la absorbancia a 570 nm, la cual fue contrastada con una curva de referencia de soluciones de fluoruros, con concentraciones entre 0 y 1,40 mg/L a partir de una solución estándar de fluoruro de sodio, para la cuantificación en las muestras ensayadas.

Resultados y discusión

De los 16 pozos analizados, el 12,5% (n=2) presentó resultados de fluoruros fuera del rango determinado por la Norma Paraguaya, a diferencia de un estudio realizado en México con un resultado de 3,5% de las muestras de agua que excedían en su concentración de fluoruro (Pérez PTJ, Scherman LRL, 2007).

Tabla 1. Resultados de fluoruros de pozos artesianos de Minga Guazú y Ciudad del Este, 2022

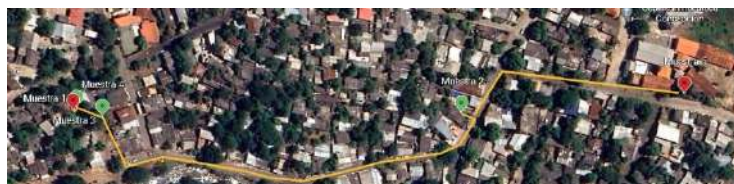
Pozos	Interpretación de la Norma Paraguaya Valor de referencia: hasta 1.50 mg/L	Resultados
1MG	Dentro del valor de referencia	0.45
2MG	Dentro del valor de referencia	0.48
3MG	Dentro del valor de referencia	0.55
4MG	Dentro del valor de referencia	1.04
5MG	Dentro del valor de referencia	0.36
6MG	Dentro del valor de referencia	0.41
7MG	Dentro del valor de referencia	0.36
8MG	Dentro del valor de referencia	0.14
9MG	Dentro del valor de referencia	0.24
10MG	Dentro del valor de referencia	0.11
11MG	Dentro del valor de referencia	0.03
1CDE	Dentro del valor de referencia	<0.2
2CDE	Dentro del valor de referencia	0.258
3CDE	Fuera del valor de referencia	4.75
4CDE	Dentro del valor de referencia	<0.2
5CDE	Fuera del valor de referencia	2.466

Referencias: MG: Minga Guazú; CDE: Ciudad del Este

En la Ciudad de Minga Guazú se midió la concentración de fluoruros en 11 pozos de la zona urbana y resultaron todos con valores dentro de los parámetros establecidos. Figura 1.



En Ciudad del Este se analizó el agua de 5 pozos de los cuales 2 presentaron valores elevados de fluoruros. Figura 2



Marcadores:

Verde: Los que presentan fluoruro dentro del valor de referencia

Rojo: Los que presentan fluoruro fuera del valor de referencia



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Conclusión

Las aguas de las dos fuentes con valores de fluoruros fuera de rango, son consumidas por varias personas que corren el riesgo de desarrollar patologías como fluorosis dental,

problemas en el sistema nervioso central y otras enfermedades crónicas. Se podría desarrollar un sistema de extracción de los fluoruros del agua y el monitoreo de rutina para este elemento.



Bibliografía

- Arellano LA, Fleitas AT, D. M. (1998). *Prevalencia de Fluorosis dental en áreas fluoruradas y no fluoruradas de la ciudad de Mérida, Venezuela*. Retrieved from <https://www.actaodontologica.com/ediciones/1998/3/art-9/>
- Barrett, J. R. (2017). *Low Prenatal Exposures to Fluoride: Are There Neurotoxic Risks for Children?* <https://doi.org/10.1289/EHP2289>
- Berg, J., Gerweck, C., Hujoel, P. P., King, R., Krol, D. M., Kumar, J. (2016). *Evidence-Based Regarding From Reconstituted Infant Register Clinical at the web Recommendations Formula and Enamel Fluorosis Results Clinical Implications*.
- Bhatnagar, M., Rao, P., Sushma, J., & Bhatnagar, R. (2002). *NOPR: Neurotoxicity of fluoride: Neurodegeneration in hippocampus of female mice*. Retrieved from <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/17383>
- Diez Pérez, D., López, M., Colmán, D., González, C., Navarro, N., Morínigo, M., ... Yubero, F. (2019). Concentración de fluoruro en agua subterránea y su relación con los niveles de calcio sérico en niños residentes en el distrito de Loreto, Concepción, Paraguay. *Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud*, 17(2), 24–35. <https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2019.017.02.24-035>
- Fernández, B., Vicente, B., Carmen, M., and Carreras-presas, M. (2017). La salud bucal en deportistas : puesta al día. *Cient. Dent.*, 14(2), 87–91.
- Francesc Borrás. (2019). Las desventajas del flúor | Francesc Borràs. Retrieved June 18, 2022, from <https://francescborras.com/2019/12/19/las-desventajas-del-fluor/>
- Hernández, J. C., Velázquez, I., Ledesma, C., Ureña, J. L., Jiménez, M. D., and Foullon, A. A. (1998). Concentración de flúor en la orina de niños radicados en la Ciudad de México. *Revista Mexicana de Pediatría*, 65(6), 236–241. Retrieved from www.medigraphic.com
- Takei, M., and Yoshikawa, M. (2015). Fluoride Exposure May Accelerate the Osteoporotic Change in Postmenopausal Women: Animal Model of Fluoride-induced Osteoporosis. *Advanced Techniques in Biology & Medicine*,



- 04(01).
<https://doi.org/10.4172/2379-1764.1000170>
- Luke J. (2001). *Fluoride deposition in the aged human pineal gland*.
- Martin, F. M. (1960). *Importancia del fluor en las aguas de bebida*.
- Nuñez Mendieta, H. A. (2011). *Vista de Fluorosis dental en niños de localidades del Paraguay con elevado tenor de flúor en las aguas de consumo humano*. Retrieved from <https://revistascientificas.una.py/index.php/RIIC/article/view/1685/1643>
- Nuñez Mendieta, H. A. (2018). Fluorosis endémica en localidades del Paraguay TT - Endemic fluorosis in localities of Paraguay. *Mem. Inst. Invest. Cienc. Salud (Impr.)*, 16(1), 3–5. Retrieved from <http://scielo.iics.una.py/pdf/iics/v16n1/1812-9528-iics-16-01-3.pdf>
- Olivares, R. B., and Bayona, J. N. (1995). Fluor. Beneficios Sobre La Salud Humana. *Gine-Dips*, 26(1), 48–52.
- Peckham, S., Lowery, D., and Spencer, S. (2015). Are fluoride levels in drinking water associated with hypothyroidism prevalence in England? A large observational study of GP practice data and fluoride levels in drinking water. *J Epidemiol Community Health*, 69(7), 619–624.
<https://doi.org/10.1136/JECH-2014-204971>
- Pérez PTJ, Scherman LRL, et al. (2007). Fluorosis dental en niños y fluor en el agua de consumo humano. Mexticacán, Jalisco, México. *Inv. Salud*, IX(3), 214–219. Retrieved from <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=18790&id2=>
- Puche, R. C., and Rigalli, A. (2007). El Flúor Alrededor Nuestro. *Ciencias Médicas. Santa Fe*, 3100(1), 6–9. Retrieved from <http://fluoridation.com>
- Quinteros Cáceres, M. E., and Quinteros Cáceres, M. E. (2019). Controversias del uso de agua potable fluorada. *Estudios Atacameños*, (62), 213–222.
<https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2019-0013>
- Raja Reddy, D. (2017). The element fluorine and its effects on human health including its neurological manifestations. *Neurology India*, 65(2), 238.
https://doi.org/10.4103/NEUROINDIA.NI_108_17
- Riaudel, T., Guillot, P., De Decker, L.,



- Gouraud-Tanguy, A., Pichierra, S., Chevalet, P., ... Berrut, G. (2011). Nutrition et ostéoporose chez le sujet âgé. *Geriatric et Psychologie Neuropsychiatrie Du Vieillessement*, 9(4), 399–408. <https://doi.org/10.1684/pnv.2011.0310>
- Riddell, J. K., Malin, A. J., Flora, D., McCague, H., and Till, C. (2019). Association of water fluoride and urinary fluoride concentrations with attention deficit hyperactivity disorder in Canadian youth. *Environment International*, 133(Pt B). <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2019.105190>
- Riverón, J. D. D. E., Quiñonez, J. A. P., & Fuentes, I. H. G. (2006). *Caries dental y ecología bucal, aspectos importantes a considerar*. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072006000100007
- Romero, V., Norris, F. J., Ríos, J. A., Cortés, I., González, A., Gaete, L., & Tchernitchin, A. N. (2017). *Consecuencias de la fluoración del agua potable en la salud humana*.
- Sánchez, H., Parra, J. H., and Cardona, D. (2005). Fluorosis dental en escolares del departamento de Caldas, Colombia. *Biomédica*, 25(1), 46. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v25i1.1326>
- Strunecka, A., and Strunecky, O. (2019). Chronic Fluoride Exposure and the Risk of Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18). <https://doi.org/10.3390/IJERPH16183431>
- Thomas, D. B., Basu, N., Martínez-Mier, E. A., Sánchez, B. N., Zhang, Z., Liu, Y., ... Téllez-Rojo, M. M. (2016). Urinary and plasma fluoride levels in pregnant women from Mexico City. *Environmental Research*, 150, 489–495. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.046>
- Vitoria Miñana, I. (2002). Flúor y prevención de la caries en la infancia . Actualización 2002. *Rev Pediatr Atención Primaria*, 15(463), 463–494. Retrieved from <http://www.pap.es/files/1116-249-pdf/256.pdf>

Monitoreo de COVID 19 en el municipio de La Paz mediante epidemiología basada en aguas residuales



D. 32 Medio Ambiente y Contaminación Ambiental

Monitoreo de COVID 19 en el municipio de La Paz mediante epidemiología basada en aguas residuales

Autor: Mamani, Abelardo; abelardohmt@gmail.com

Co-autor(es): Paco, Esther; Pozo, Joselyn; Zalazar, Daniel

Profesor guía: Álvarez, Teresa; mariateresa.alvarezaliaga@gmail.com ; Gutiérrez, Marcelo; chelodm@hotmail.com

Universidad Mayor de San Andrés - UMSA

Resumen

La epidemiología basada en aguas residuales (WBE) es una herramienta muy importante en la actualidad para el monitoreo de la enfermedad del covid-19 causada por el SARS-CoV-2, el monitoreo mediante WBE proporciona ventajas a comparación con la epidemiología proporcionada por las muestras clínicas ya que se puede detectar pacientes, aunque sean asintomáticos también es un método no invasivo.

Este estudio demuestra la utilidad que tiene la determinación de SARS-CoV-2 en los principales ríos de la ciudad de la paz mediante RT-qPCR para el monitoreo del COVID-19, encontramos que en el río La Paz, el cual es el río donde confluyen todas las aguas residuales almacena la mayor carga viral proveniente de la excreción fecal, convirtiéndose en una fuente de información epidemiológica, los demás ríos (ríos Irpavi, Achumani y Huayñajahuira) también presentan una tendencia parecida a la curva de infectados de acuerdo al distrito relacionado (Distrito Sur) , se puede observar que las determinaciones del virus muestran una predicción de la curva de contagios con una anticipación de hasta 2 semanas. Es importante tener en cuenta los factores ambientales como la lluvia, que representa el principal inconveniente debido a un aumento de la cantidad de agua seguida de una remoción del sedimento del río, ocasionando que el material genético llegue a ser indetectable.

Se validó un modelo predictivo que relaciona el número de personas infectadas con la determinación de partículas virales en las muestras, Obteniendo una herramienta valiosa para realizar el seguimiento de la prevalencia en las diferentes zonas. Es necesario para esta determinación, el contar con bases de datos actualizados por zona de estudio para poder calcular la prevalencia.

Palabras clave: SARS-CoV-2, Epidemiología Basada en Aguas Residuales, Modelo Predictivo



I. Introducción

En diciembre de 2019 se reportaron los primeros casos de neumonía en Wuhan, China por el nuevo SARS-CoV-2 causante de la enfermedad del COVID-19 y se expandió a nivel mundial, junto a la aparición de nuevas cepas identificadas como causantes de transmisión comunitaria. (Zhu et al., 2020)

El virus se propaga de persona a persona por las gotitas respiratorias que se liberan cuando una persona tose, respira o habla. Es así que se desencadena un daño multiorgánico por la distribución del receptor de enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) en el organismo. No obstante, la sintomatología no es contundente en todos los pacientes que cursan por la infección, es así que varias personas llegan a ser asintomáticas, posiblemente asociados a variaciones genéticas o al estado inmunológico que presenten. (Liu et al., 2020)

Varios estudios identificaron otras vías de transmisión del SARS-CoV-2, que se relacionaría con el tropismo que presenta el virus a nivel gastrointestinal, excretándose de esta manera en las heces fecales (Holshue et al., 2020) (Xiao et al., 2020). Durante el período de mayor diseminación entre los casos leves de

COVID-19, la tasa de eliminación del ARN del SARS-CoV-2 en las heces se informó en el rango de 2-8 log copias por cada gramo de heces, esta carga no solo fue identificada en pacientes sintomáticos, sino que además incluía a los asintomáticos. En general, las heces y la orina de algunos pacientes infectados con COVID-19 se vierten en los sistemas de alcantarillado y, posteriormente, ingresan a los sistemas y/o plantas de tratamiento de aguas residuales (Ahmed et al., 2020; Collivignarelli et al., 2020; Qu et al., 2020). Esto se puede considerar como la ruta principal de transmisión del SARS-CoV-2 al agua y las aguas residuales porque el SARS-CoV-2 puede seguir siendo infeccioso en las muestras mayores a 7 días a 20 °C. (Barcelo, 2020; Zheng et al., 2020).

Otra investigación demostró que la vida media del SARS-CoV-2 en las heces de las muestras de los pacientes fue de hasta 22 días (rango intercuartílico de 17 y 31 días), que fue notablemente superior al del SARS-CoV-1 (solo 4 días). El estudio también indicó que el SARS-CoV-2 puede sobrevivir más tiempo en las muestras de heces (22 días, 17 a 31 días) que en las vías respiratorias (18 días, 13 a 29 días) y en suero (16 días, 11 a 21 días) (Zhang et al., 2020).



Desde el año 2020 se han dirigido varias líneas de investigación con el propósito de proporcionar información respecto a la circulación del virus en la población. En la ciudad de La Paz la principal fuente de información al respecto se basa en la cantidad de muestras de hisopado nasofaríngeo realizadas por pacientes en los centros de salud, pero conforme el tiempo transcurrió, este sistema comenzó a presentar algunas deficiencias, debido a que tener una base epidemiológica a partir de análisis del antígeno viral es dependiente de la disponibilidad de la población de realizarse los análisis, por lo que mucha gente ya no acude a los centros de salud, si es que están enfermos optan por su tratamiento en casa, una automedicación o bien gracias a la inmunización por las vacunas las personas descansan en casa hasta recuperarse. Numerosos estudios han establecido la necesidad de vigilancia de aguas residuales SARS-CoV-2 para informar mejor las respuestas de salud pública. Se informó SARS-CoV-2 en desechos sólidos, incluidos los lodos fecales de sistemas de saneamiento in situ sin descarga en Italia, aguas residuales en los Países Bajos, agua cruda/sin tratar en Australia y suministro de agua potable en México.

La epidemiología basada en aguas residuales (WBE) consiste en la extracción,

detección, análisis e interpretación de compuestos químicos/biológicos (biomarcadores). Brindándonos de esta manera información sobre la salud de la comunidad y la exposición ambiental. (Mousazadeh et al., 2021)

Las principales ventajas del método WBE son: (i) la detección de pacientes asintomáticos y presintomáticos ; (ii) evidencia de circulación del SARS-CoV-2 para apoyar las medidas de salud pública y limitar la transmisión; (iii) ayuda a identificar puntos críticos para futuras intervenciones clásicas de vigilancia; y (iv) un método no invasivo, viable y casi en tiempo real (Mousazadeh et al., 2021). Es por eso que la epidemiología basada en aguas residuales puede desempeñar un papel importante en la identificación de casos "silenciosos" de Covid-19 y ya está siendo empleada en otros países como Australia, China, Francia, India, Japón, España, Israel, entre otros. (Kumar et al., 2021)

En la ciudad de La Paz, al no contar con una planta de tratamiento (PTAR) las aguas superficiales sirven de un lugar donde llegan a desechar aguas que provienen de los alcantarillados y otras aguas residuales. Las aguas superficiales están conformadas por los ríos lagunas que se encuentran distribuidos en las diferentes zonas del mundo.



La carga media de ARN viral registrada en las heces fue de 5623 copias/mL, con el título máximo más alto de 10^5 - 10^8 copias/mL. (Wiktorczyk-Kapischke et al., 2021).

El propósito de este estudio es analizar la cantidad de material genético proveniente del virus SARS-CoV-2 en las aguas provenientes de los principales ríos de la ciudad de la Paz para diseñar mapas de calor que proporcionen información epidemiológica a la población y también a los gobiernos correspondientes.

II. Objetivos

- Monitorizar la enfermedad del COVID-19 en el municipio de La Paz mediante técnicas de Epidemiología Basada en Aguas Residuales
- Estandarizar una metodología de detección y cuantificación de SARS-CoV-2 en aguas superficiales (ríos) de la ciudad de La Paz, mediante RT-qPCR
- Desarrollar metodologías de interpretación, modelación y simulación basadas en análisis de datos de determinación cuantitativa de SARS-CoV2 para establecer la vigilancia epidemiológica en aguas residuales.

- Establecer un SEMAFORO COVID 19 y mapas de calor “heat maps” a partir de la base de datos para poder facilitar cambios en la protección de la estructura del sistema de salud pública local en respuesta a la pandemia de COVID-19.

III. Materiales y métodos

A. Zona de estudio

Se diseñó la zona de estudio en los principales ríos de la ciudad de La Paz (río La Paz, río Achumani, río Irpavi y río Huayñajahuir) los puntos se diseñaron de tal manera que proporcionen información acerca de las zonas circundantes al río con el fin de realizar los mapas de calor correspondientes, también se tomó en cuenta la factibilidad de ingreso a los ríos para la toma de muestra.

B. Recolección de muestras

La recolección de las muestras fue dentro del horario de 8 a.m. hasta las 11:00 a.m. aproximadamente, se estableció este horario porque el representa el tiempo donde las personas acuden al baño para defecar, se recolectó las muestras en recipientes de plástico preferentemente que protegidos de la exposición a la luz ya que podría ocasionar interferentes al

momento de cuantificar la muestra. Se recolectaron las muestras directamente del río con ayuda de un balde y una cuerda, se enjuagó siempre el material usado para no tener una contaminación cruzada. Luego del muestreo, las muestras recolectadas se llevaron al laboratorio para su posterior procesamiento

C. Concentración de material genético

Primeramente, se realizó una comparación para optar el método de concentración para RNA más óptimo: con cloruro de aluminio, PEG 80 (Polietilenglicol), filtración por membranas de nitrocelulosa de 0.2 μm , filtración por papel filtro Whatman No 2, floculación salina en leche descremada, sedimentación y centrifugación. La

concentración de material genético se realizó mediante la técnica de centrifugación, de los 5 litros que se recolectaron se tomó 50 mililitros para la medición de los parámetros fisicoquímicos, el volumen restante se llevó a pasteurizar a 60°C por 90 minutos dentro de una incubadora, esto con el fin de eliminar a las bacterias circundantes en las muestras, luego de la pasteurización se llevaron las muestras a centrifugar a temperatura ambiente a 3500 revoluciones por minuto por 5 minutos, se decantó la fracción líquida del centrifugado y se extrajo el sedimento en un tubo de plástico de 50 mililitros para la cuantificación de material genético.

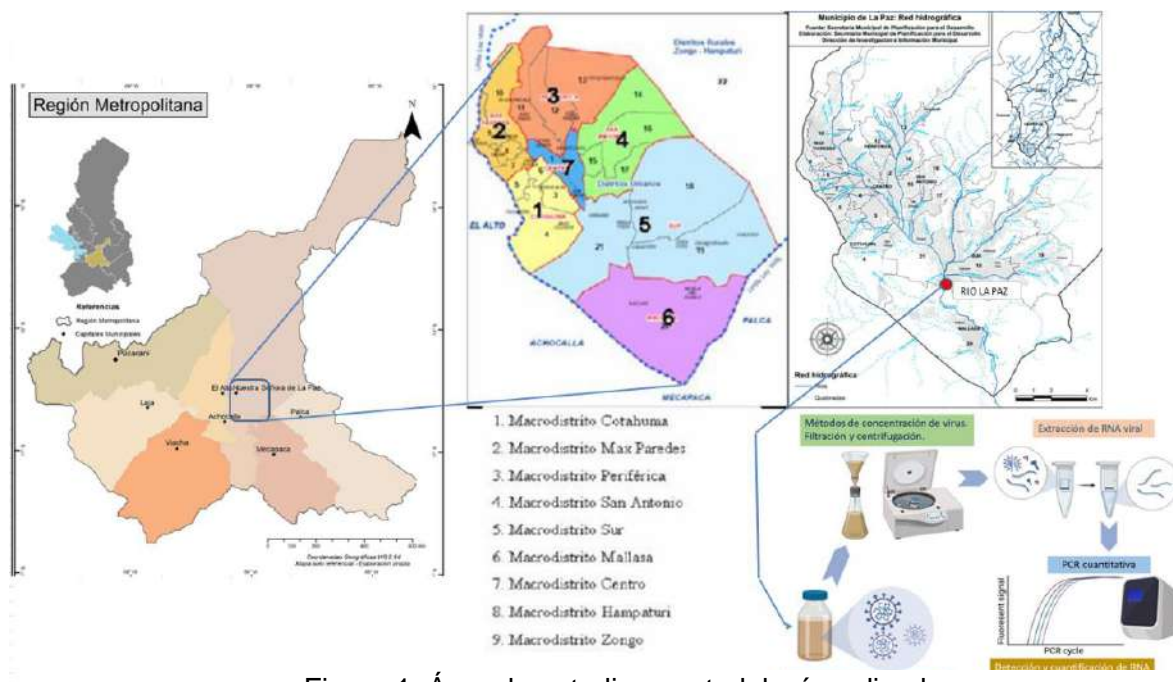


Figura 1. Área de estudio y metodología aplicada

D. Extracción de material genético de SARS-cov-2 y RT-qPCR

La extracción de material genético se deslizo con el kit comercial QIAmp VIRAL RNA 260Rx (QIA-GEN) basado en una separación por columna. Para realizar el procedimiento de RT-qPCR se realizaron dos pasos (TwoStep) para la reacción, el primer kit es el (FIREScript RT cDNA Synthesis KIT) encargado de la reverso-transcripción y el segundo kit (5x HOT FIREPol® Evagreen® qPCR) fue utilizado para la reacción en cadena de la polimerasa, se configuró 45 ciclos para la cuantificación del material genético de ARN viral con celadores diseñados para las regiones N1 y N2 de la nucleocápside del virus, también uso un control interno positivo la Ribonucleasa P, la cual indica la presencia de material genético proveniente de materia orgánica.

E. Análisis estadístico

Se uso la prueba de Kruskal-Wallis para determinar una variabilidad significativa entre los métodos de concentración. Los valores (CT's) obtenidos por el termociclador en tiempo real se convirtieron a copias de RNA por litro gracias a la curva de calibración. La elaboración del semáforo y los "heat maps" se realizó en Excel, comparando los datos obtenidos con datos proporcionados por el Observatorio de COVID-19 dependiente del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz

(<http://observatoriocovid19.lapaz.bo/observatorio/index.php>).

La validación del modelo predictivo para hallar el número de infectados por zona se realizó mediante la simulación de Montecarlo

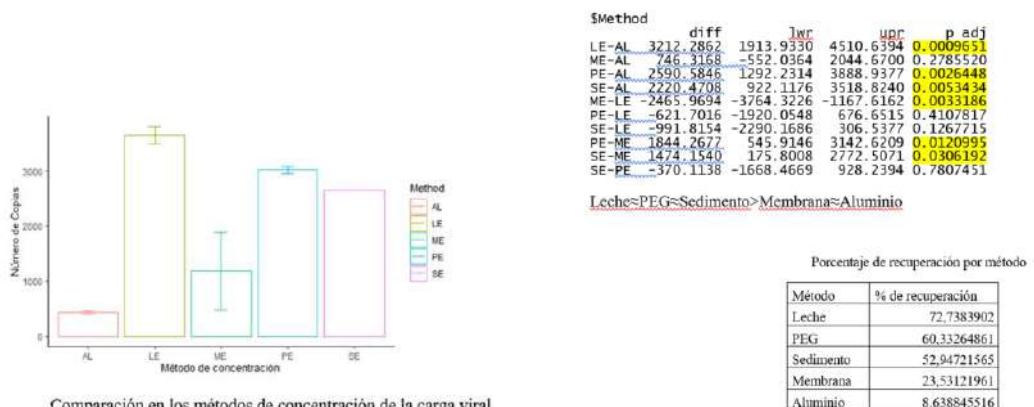


Figura 2. Comparación de los métodos de concentración de la carga viral y el porcentaje de recuperación en los distintos métodos

IV. Resultados y discusión

A. Optimización de métodos de concentración de partículas virales a partir de aguas residuales

De los diversos métodos de concentración de partículas virales descritos en la bibliografía se ha ensayado técnicas de concentración con cloruro de aluminio, PEG 80 (Polietilenglicol), filtración por membranas de nitrocelulosa de 0.2 μm , filtración por papel filtro Whatman No 2, floculación salina en leche descremada, sedimentación y centrifugación. La centrifugación de la muestra establecida a 5000 rpm por 5 minutos y, la sedimentación, determinaron porcentajes de recuperación de partículas virales del 52% y del 50%, respectivamente. Si bien no son las óptimas, constituyen las técnicas más robustas y fáciles de ser utilizadas en cualquier lugar sin

complejidades técnicas y con bajo costo de operación.

Se realizaron las primeras pruebas de colectas de aguas en función a la metodología de concentración de partículas virales, extracción de RNA viral y amplificación por RT-qPCR. Se compararon las muestras obtenidas de los hospitales municipales, como también las muestras colectadas de desagües cloacales que convergen en los ríos de las diferentes macrocuencas de la ciudad de La Paz.

Esta correlación permite establecer un monitoreo periódico de la carga viral presente en las descargas de las excretas domiciliarias, determinando una relación en cuanto a que a mayor gente infectada por SARS-CoV-2, se establece mayor carga viral determinada en el río La Paz. La figura 2 muestra incrementos en la carga viral desde el 3 de agosto al 10 de

Fecha	Muestra	Lugar	CT	Log No copias/ul	No de copias/ul	RT-qPCR	
						No de copias/L	
4-mar	Hosp la Portada	La Portada		38,3	-0,97859228	0,11	1,1E+05
11-mar	Hosp La Merced	Villa Fatima		35,5	-0,070385988	0,85	8,5E+05
19-mar	A- Calacoto	Calacoto		35	0,091793707	1,24	1,2E+06
19-mar	C-Auquisamaña	Auquisamaña		35,85	-0,183911774	0,65	6,5E+05
19-mar	E- Cota Cota	Cota Cota	ND	nd	-	nd	nd
26-mar	D- Obrajes	Obrajes		31,56	1,20759001	16,13	1,6E+07
26-mar	F-Achumani	Achumani		31,86	1,110282193	12,89	1,3E+07
26-mar	G-Irpavi	Irpavi		30,61	1,51573143	32,79	3,3E+07
1-abr	H-Miraflores	Cruce de Villas		32,86	0,785922802	6,11	6,1E+06
1-abr	I-Achachicala	Autopista	ND	nd	-	nd	nd
8-abr	J-Aranjuez	Río La Paz		35,96	-0,219591307	0,60	6,0E+05

Tabla 1. Comparación del número de copias de SARS-CoV-2 en los diferentes puntos del muestreo y 2 hospitales

noviembre de 2021, sin que haya una variación significativa en el incremento de casos clínicos reportados en las mismas fechas. De igual manera en el mes de marzo de 2022 se observa un incremento considerable en la carga viral determinada en las muestras del río La Paz, sin que el número de casos positivos reportados diariamente hayan sufrido similar incremento. Este fenómeno podría deberse al hecho de que la descarga de las excretas domiciliarias refleja la infección en la población que puede ser sintomática, asintomática u oligosintomática. Siendo que, en estos dos últimos casos, las personas ignoran estar infectadas, sin embargo, la descarga fecal nos da una relación cierta de la dinámica de la infección por SARS-CoV-2 en la población.

En función a la dinámica de la infección por SARS-CoV-2 determinada a través de la

cuantificación viral en muestras de agua de río a lo largo de un año, se ha determinado un sistema de alerta temprana “SEMAFORO COVID 19” que permite determinar el grado de alerta, que será explicado más adelante.

B. Establecimiento del modelo predictivo a través de la correlación de Monte Carlo

En función a la dinámica de la infección por SARS-CoV-2 establecida a través de la determinación de la carga viral por litro de agua de río, se establecieron simulaciones de Monte Carlo, temporales y espaciales correlacionando la carga viral por litro determinada por RT-qPCR, el volumen de agua residual por persona*día, los gramos de heces por persona*día, la concentración de RNA viral por gramo de heces. Luego del análisis de correlación a través de simulaciones de Monte Carlo se estableció

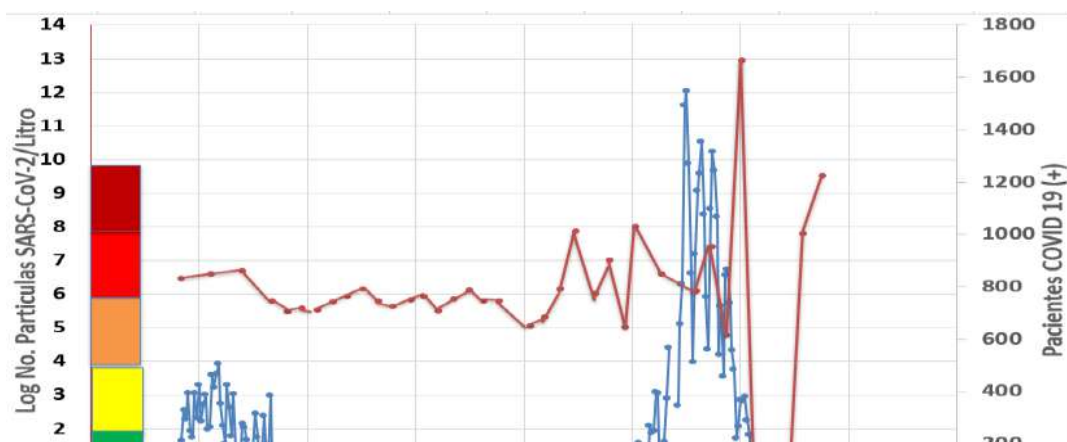


Figura 2. Monitoreo de SARS-CoV-2 en muestras de agua del río La Paz, Municipio de La Paz (La Paz – Bolivia) desde el 27 de mayo de 2021 al 23 de marzo de 2022. Correlación entre la carga viral determinada (copias de RNA SARS-CoV-2/Litro de agua de río) y los casos clínicos COVID-19 (+) reportados diariamente.

$$No. de personas infectadas = \frac{\left(\frac{copia\ de\ RNA\ SARS - CoV - 2}{Litro\ de\ agua\ de\ río}\right) * \left(\frac{Litros\ de\ agua\ residual}{día}\right)}{\left(\frac{gramos\ de\ heces}{persona * día}\right) * \left(\frac{copia\ de\ RNA}{gramo\ de\ heces}\right)}$$

Ecuación 1. Modelo propuesto por Ahmed W. et al., 2020 con algunas modificaciones

que la determinación de la carga viral por litro en aguas de río guarda una correlación significativa con el número de casos COVID-19 (+) reportados clínicamente, con los casos de pacientes COVID 19 (+) hospitalizados, con los casos graves internados en UTI y con el número de fallecidos.

A través de un modelo previamente planteado por (Ahmed et al., 2020), se establecieron simulaciones de Monte Carlo, temporales y espaciales.

En este sentido, copias de RNA de SARS-CoV-2 / L (carga viral) modeladas en una distribución uniforme entre el máximo y mínimo, flujo diario de aguas residuales estimada por la población 100 L / persona*día (Tschärke et al., 2019), el log₁₀ de g de heces fue modelado con una distribución normal de media de 2.386 y desviación estándar de 2.115 (Rose et al., 2015), número de copias por gramo de heces log₁₀-distribución uniforme desde 2.56 a 7.67 (Ahmed et al., 2020). El modelo fue corrido 10000 veces y se determinó la mediana.

A través de las simulaciones de Monte Carlo se estableció que la determinación de la carga viral por litro en aguas de río guarda una correlación significativa con 1) el número de casos COVID-19 (+) reportados clínicamente, 2) con los casos de pacientes COVID-19 (+) hospitalizados, 3) con los casos graves internados en UTI y 4) con el número de fallecidos.

De esta manera se estableció el modelo propuesto por Ahmed W. et al., 2020 con algunas modificaciones (Ecuación 1). A continuación, se describen en las figuras 3 a la 8, la validación del modelo propuesto, estableciendo que el mismo puede ser utilizado como una herramienta de estimación del número de personas infectadas en cada uno de los Macrodistrictos de la ciudad de La Paz en función al caudal de los ríos que recolectan las aguas cloacales domiciliarias de las zonas y barrios que circundan a los mismos.

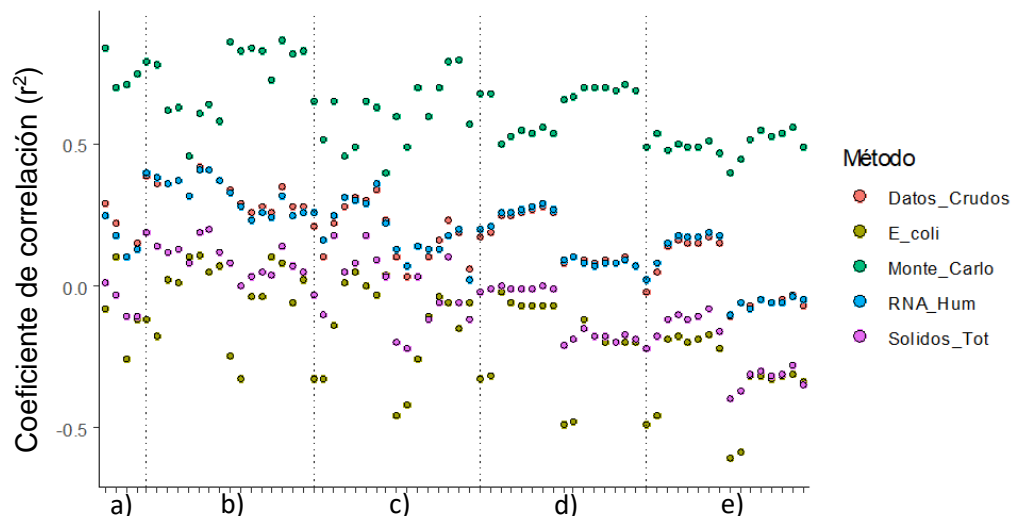


Figura 3. Coeficiente correlación a nivel espacial respecto a a) datos acumulados el día de toma de muestras y datos acumulados 15 días después, b) casos reportados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, c) número de fallecidos corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, d) número de hospitalizados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, e) casos en UTI corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores. Los datos de la carga viral fueron corregidos por el NMP/100 mL E.coli, por RNA humano, por solidos totales y el modelo Monte Carlo.

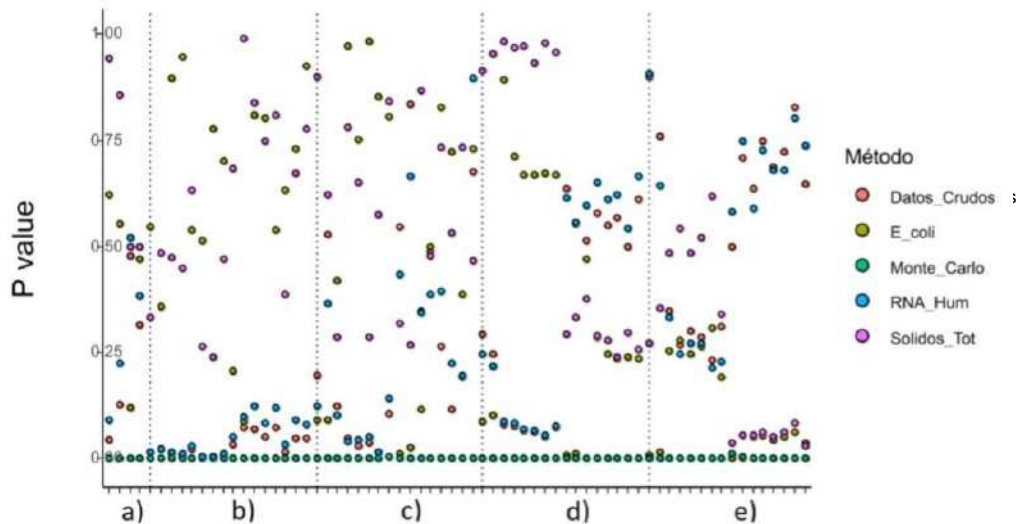


Figura 4. P value de la correlación a nivel espacial respecto a a) datos acumulados el día de toma de muestras y datos acumulados 15 días después, b) casos reportados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, c) número de fallecidos corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, d) número de hospitalizados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, e) casos en UTI corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores. Los datos de la carga viral fueron corregidos por el NMP/100 mL E.coli, por RNA humano, por solidos totales y el modelo Monte Carlo.

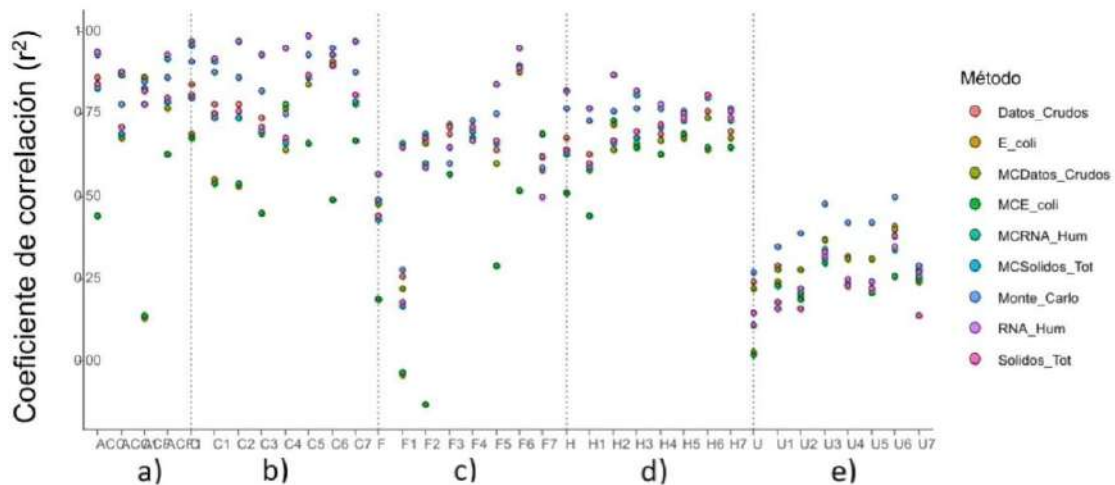


Figura 5. Coeficiente correlación a nivel temporal respecto a a) datos acumulados el día de toma de muestras y datos acumulados 15 días después, b) casos reportados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, c) número de fallecidos corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, d) número de hospitalizados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, e) casos en UTI corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores. Los datos de la carga viral fueron corregidos por el NMP/100 mL E.coli, por RNA humano, por sólidos totales y el modelo Monte Carlo.

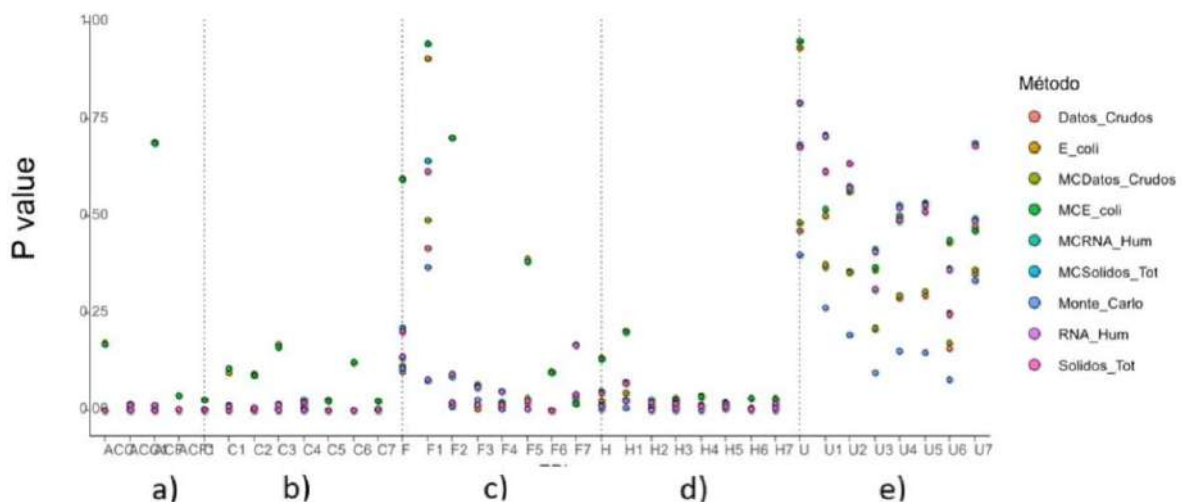


Figura 6. P value de la correlación a nivel temporal respecto a a) datos acumulados el día de toma de muestras y datos acumulados 15 días después, b) casos reportados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, c) número de fallecidos corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, d) número de hospitalizados corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores, e) casos en UTI corregidos por población y densidad poblacional desde el día de toma de muestras hasta 7 días posteriores. Los datos de la carga viral fueron corregidos por el NMP/100 mL E.coli, por RNA humano, por sólidos totales y el modelo Monte Carlo.

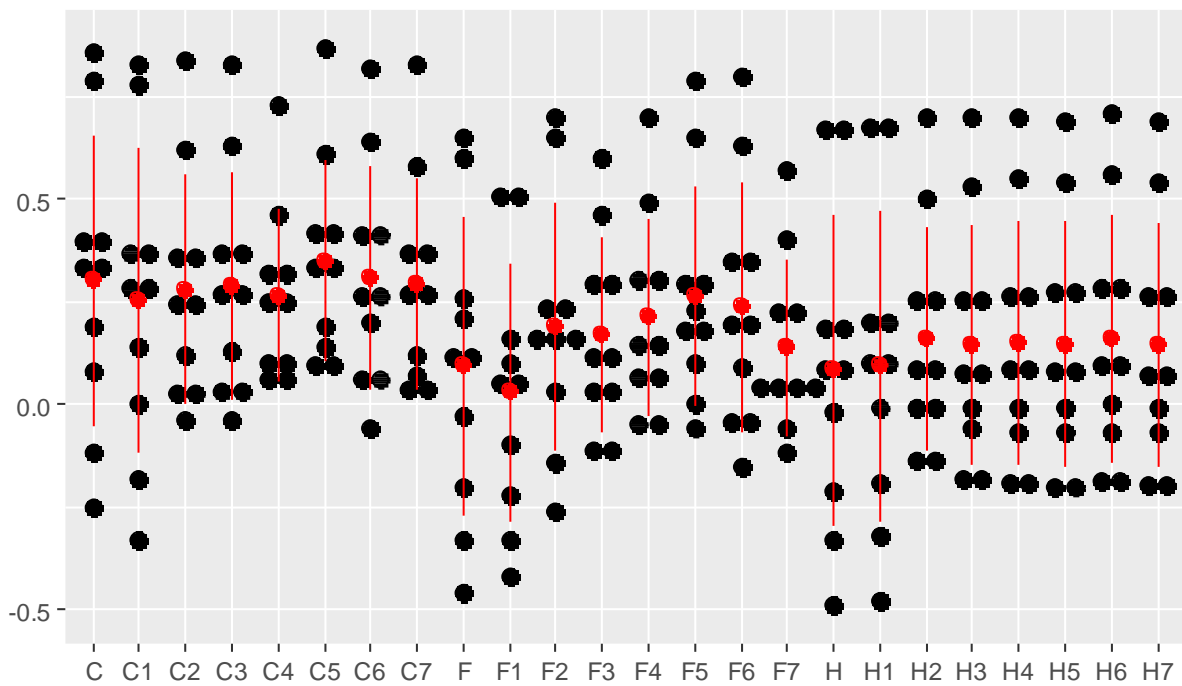


Figura 8. Promedio y desviación estándar de los coeficientes de correlación a nivel temporal respecto a los siete días de latencia en casos (C) fallecidos (F) y hospitalizados (h).

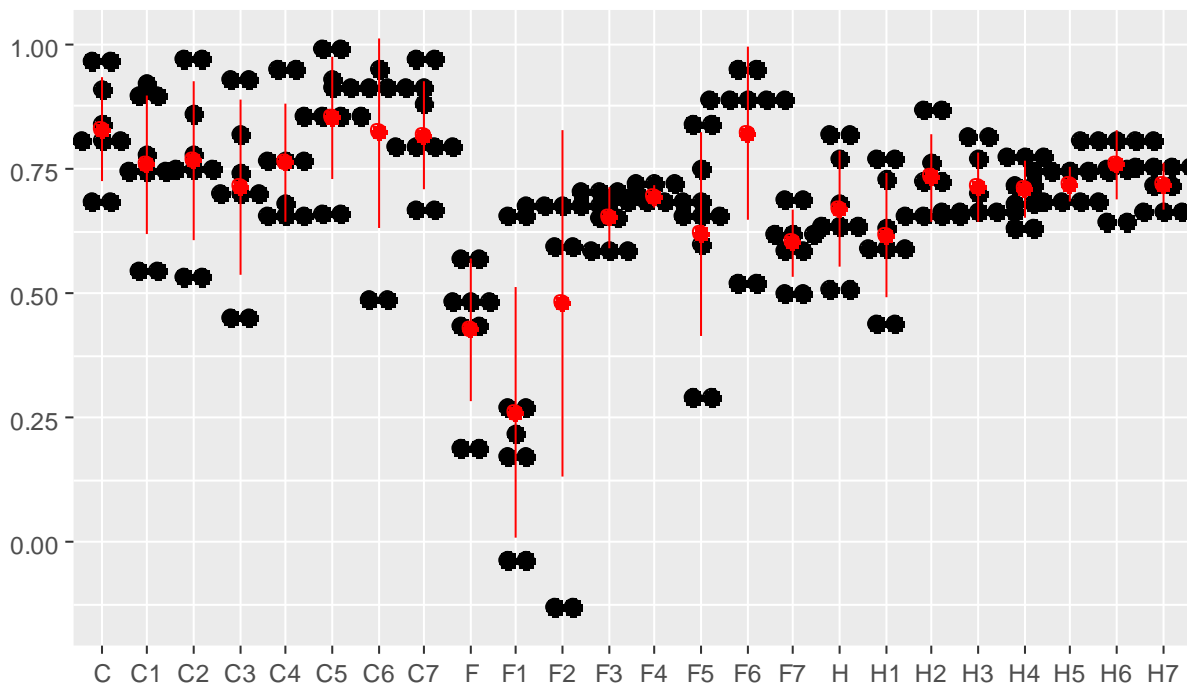


Figura 7. Promedio y desviación estándar de los coeficientes de correlación a nivel espacial respecto a los siete días de latencia en casos (C) fallecidos (F) y hospitalizados (h).

El modelo Monte Carlo, no toma datos puntuales sino simula cada variable de acuerdo a un máximo y un mínimo y en función a una distribución de probabilidad, con el objetivo de obtener una estimación precisa del número de personas infectadas a nivel temporo-espacial.

C. Semáforo de alerta temprana COVID-19 en función a la carga viral

El establecimiento del Semáforo de Alerta Temprana de COVID-19 para el municipio de La Paz constituye una herramienta de Alerta Temprana de la infección por SARS-CoV-2 establecida en función a la determinación de la carga viral determinada en muestras de agua de los ríos de La Paz.

Este sistema de alerta contempla la carga viral excretada en heces de personas sintomáticas, asintomáticas y oligosintomáticas, con lo que se tiene una aproximación más exacta de la dinámica de la infección por SARS-CoV-2 en la población del municipio de La Paz.

Se colectaron muestras de los ríos de La Paz: Choqueyapu, Orkojahuira, Irpavi, Achumani, Huayñajahuira y La Paz, durante la Tercera ola y Cuarta ola. Como se observa en la figura 9, existen diferencias en las cargas virales determinadas en los diferentes ríos,

Carga viral en heces	Referencia
$5 \cdot 10^3$ a $10^{7.6}$ copias/mL	(Foladori et al., 2020)
$10^{4.26}$ to $10^{4.78}$ copias/g, media $10^{4.52}$	(Li et al., 2021)
log-uniform distribution from 2.56 to 7.67	(W. Ahmed, Angel, et al., 2020; Wölfel et al., 2020)
median levels of 12,882 copias/g non-detection to 30,000,000	(Wu, Xiao, Zhang, Gu, et al., 2020)
6×10^5 and 30×10^6	(Wu, Xiao, Zhang, Gu, et al., 2020; Wu, Xiao, Zhang, Moniz, et al., 2020)
600,000 per ml stool	(Wu, Xiao, Zhang, Gu, et al., 2020).
$10^{4.7}$ / ml faeces	(Weidhaas et al., 2021)

Tabla 3. Valores aproximados de carga viral contenida en las heces

considerando que cada uno de ellos colecta las excretas de aproximadamente un numero constante de personas por río. La toma de muestras fue efectuada en época seca y en época húmeda, con lo cual la variación debido a la precipitación pluvial debe ser considera en esta última. En época de lluvias se debe determinar el caudal del río para poder corregir los datos de concentración viral en función a la dilución que haya afectado a la muestra de agua.

Existen claras diferencias de concentraciones virales tanto en el comportamiento en el tiempo en el mismo río, como también entre ríos en las mismas fechas. Esta variación permite establecer un sistema de alerta temprana en función a los cambios en los ordenes logarítmicos referentes a la concentración viral de SARS-CoV-2 por litro de agua. De esta manera se ha podido graficar mapas de calor “heat maps” que determinan el

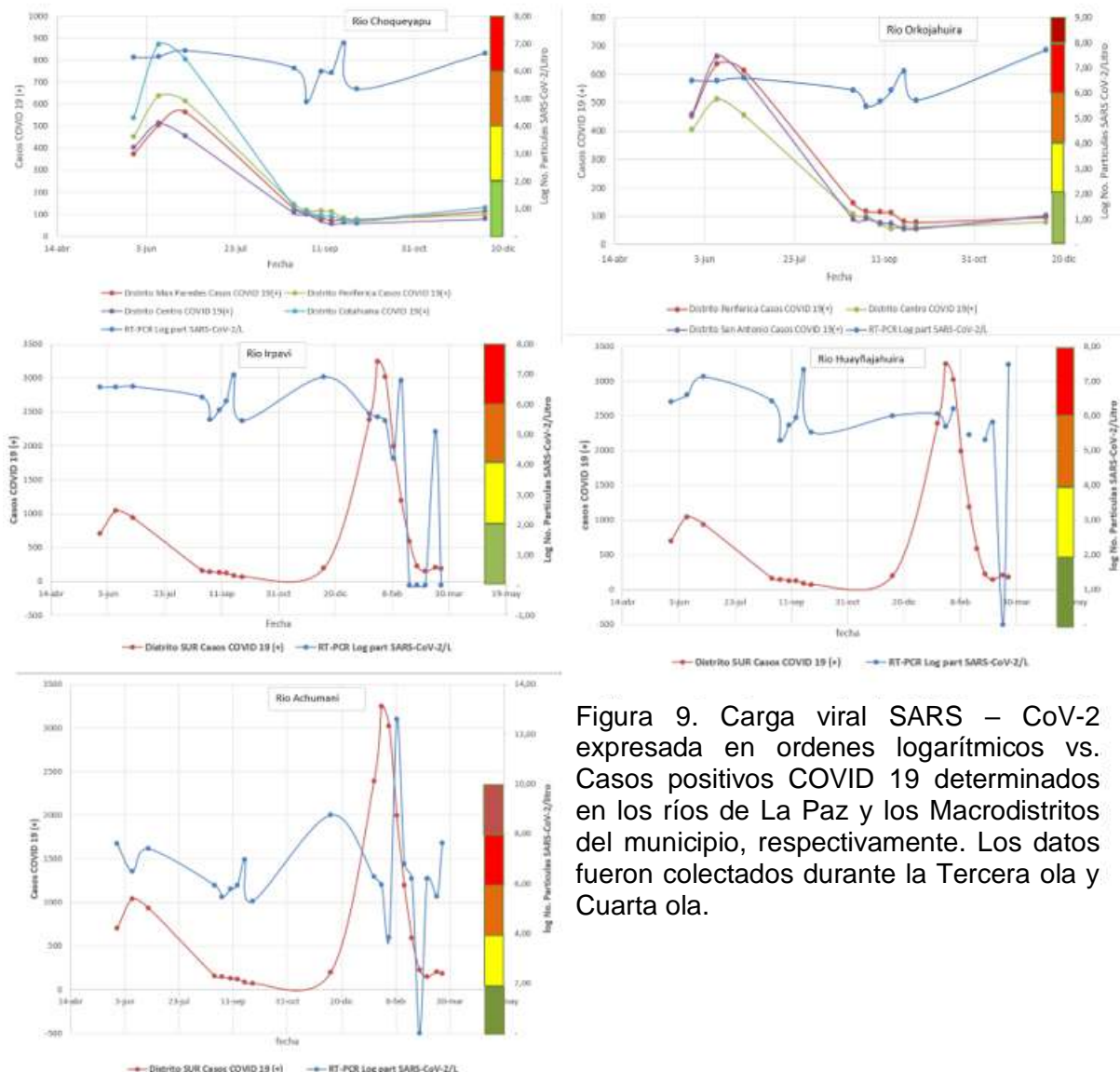


Figura 9. Carga viral SARS – CoV-2 expresada en ordenes logarítmicos vs. Casos positivos COVID 19 determinados en los ríos de La Paz y los Macrodistrictos del municipio, respectivamente. Los datos fueron colectados durante la Tercera ola y Cuarta ola.

cambio temporal y espacial de la concentración de la carga viral por macrocuencas de los ríos principales de La Paz.

Los mapas de calor diseñados periódicamente (semanalmente) podrían servir como un sistema de alerta temprana que permita tomar decisiones de índole preventivas y o bien hacer rastrijajes

zonificados para detectar infectados y asumir las políticas de salud pertinentes.

La figura 10 muestra los mapas de calor obtenidos en función a la variación de la carga viral (expresada en escala logarítmica). En los diferentes puntos de muestreo (diferentes ríos y zonificación) se observa un cambio temporal en cuanto a la carga viral determinada. Considerando que el mismo número de habitantes descarga

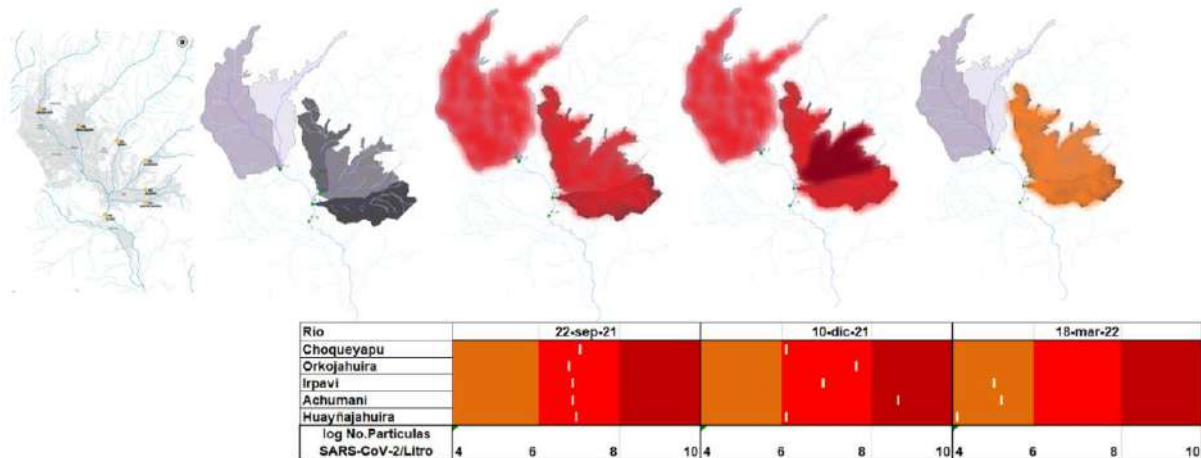


Figura 10. Mapas de calor "Heat maps" de la zonificación establecida en función a las macrocuencas de los ríos del municipio de La Paz. Las fechas de toma de muestras (22 de sept, 10 de dic de 2021 y 18 de mar 2022)

sus excretas que son conducidas al mismo río (punto de descargue), las variaciones en la concentración viral determinadas están en estrecha a relación al incremento o decremento del número de infectados (sintomático, asintomático u oligosintomático) estantes o habitantes de esa zona. De esta manera estos mapas de calor determinan variaciones entre zonas y en el tiempo. Por ejemplo, en septiembre la zona de Achumani tenía una alerta roja, tres meses después en diciembre presentaba una alerta muy alta (guindo) y finalmente en marzo 2022 presenta una alerta naranja.

V. Conclusiones

Gracias a la Epidemiología Basada en Aguas residuales se puede monitorear la presencia del virus SARS-CoV-2 en los

principales ríos del municipio de La Paz. Estandarizando la obtención de sedimento mediante centrifugación como un método robusto de concentración y realizando RT-qPCR se logró una detección y una cuantificación de material genético proveniente del virus SARS-CoV-2 en diferentes puntos de muestreo, tanto ríos como también hospitales municipales. Se logró obtener resultados satisfactorios en relación al tiempo observando una correlación entre la determinación cuantitativa de SARS-CoV-2 mediante RT-qPCR con la curva de pacientes positivos.

También se validó mediante simulaciones de Montecarlo un modelo predictivo capaz de relacionar las determinaciones cuantitativas de copias de RNA/ul mediante RT-qPCR con un numero aproximado de



pacientes positivos, este dato ayuda a la formulación de la prevalencia puntual por zona a partir de la epidemiología basada en aguas residuales, se recomienda para este propósito obtener una base de datos censales por zona de estudio.

Por último, se desarrolló un sistema de alerta temprana “Semáforo COVID-19” donde se muestra en escala logarítmica la cantidad de material genético de SARS-CoV-2 por litro presente en las aguas residuales, mostrando el grado de alerta de la enfermedad estando circulando en la población. Se desarrollo de la misma manera “heat maps” de acuerdo a diferentes zonas del Distrito Sur del Municipio de La Paz que ayudan a proporcionar información epidemiológica a la población.

VI. Bibliografía

Ahmed, W., Angel, N., Edson, J., Bibby, K., Bivins, A., O'Brien, J. W., Choi, P. M., Kitajima, M., Simpson, S. L., Li, J., Tschärke, B., Verhagen, R., Smith, W. J. M., Zaugg, J., Dierens, L., Hugenholtz, P., Thomas, K. V., & Mueller, J. F. (2020). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *The Science of the Total Environment*, 728, 138764.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>

Barcelo, D. (2020). An environmental and health perspective for COVID-19 outbreak: Meteorology and air quality influence, sewage epidemiology indicator, hospitals disinfection, drug therapies and recommendations. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 104006. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104006>

Collivignarelli, M. C., Collivignarelli, C., Carnevale Miino, M., Abbà, A., Pedrazzani, R., & Bertanza, G. (2020). SARS-CoV-2 in sewer systems and connected facilities. *Process Safety and Environmental Protection*, 143, 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.06.049>

Holshue, M. L., DeBolt, C., Lindquist, S., Lofy, K. H., Wiesman, J., Bruce, H., Spitters, C., Ericson, K., Wilkerson, S., Tural, A., Diaz, G., Cohn, A., Fox, L., Patel, A., Gerber, S. I., Kim, L., Tong, S., Lu, X., Lindstrom, S., ... Pillai, S. K. (2020). First Case of 2019 Novel Coronavirus in the United States. *The New England Journal of Medicine*, 382(10), 929-936. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001191>



- Kumar, M., Alamin, M., Kuroda, K., Dhangar, K., Hata, A., Yamaguchi, H., & Honda, R. (2021). Potential discharge, attenuation and exposure risk of SARS-CoV-2 in natural water bodies receiving treated wastewater. *Npj Clean Water*, 4(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00098-2>
- Liu, Y.-C., Kuo, R.-L., & Shih, S.-R. (2020). COVID-19: The first documented coronavirus pandemic in history. *Biomedical Journal*, 43(4), 328-333. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2020.04.007>
- Mousazadeh, M., Ashoori, R., Paital, B., Kabdaşlı, I., Frontistis, Z., Hashemi, M., Sandoval, M. A., Sherchan, S., Das, K., & Emamjomeh, M. M. (2021). Wastewater Based Epidemiology Perspective as a Faster Protocol for Detecting Coronavirus RNA in Human Populations: A Review with Specific Reference to SARS-CoV-2 Virus. *Pathogens*, 10(8), 1008. <https://doi.org/10.3390/pathogens10081008>
- Qu, G., Li, X., Hu, L., & Jiang, G. (2020). An Imperative Need for Research on the Role of Environmental Factors in Transmission of Novel Coronavirus (COVID-19). *Environmental Science & Technology*, acs.est.0c01102. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01102>
- Rose, C., Parker, A., Jefferson, B., & Cartmell, E. (2015). The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(17), 1827-1879. <https://doi.org/10.1080/10643389.2014.1000761>
- Tscharke, B. J., O'Brien, J. W., Ort, C., Grant, S., Gerber, C., Bade, R., Thai, P. K., Thomas, K. V., & Mueller, J. F. (2019). Harnessing the Power of the Census: Characterizing Wastewater Treatment Plant Catchment Populations for Wastewater-Based Epidemiology. *Environmental Science & Technology*, 53(17), 10303-10311. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03447>
- Wiktorczyk-Kapischke, N., Grudlewska-Buda, K., Wałęcka-Zacharska, E., Kwiecińska-Piróg, J., Radtke, L., Gospodarek-Komkowska, E., & Skowron, K. (2021). SARS-CoV-2 in the environment—Non-droplet spreading routes. *The Science of the Total Environment*, 770, 145260. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145260>
- Xiao, F., Tang, M., Zheng, X., Liu, Y., Li, X., & Shan, H. (2020). Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-



2. *Gastroenterology*, 158(6), 1831-1833.e3.

<https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.02.055>

Zhang, T., Wu, Q., & Zhang, Z. (2020). Probable Pangolin Origin of SARS-CoV-2 Associated with the COVID-19 Outbreak. *Current Biology*, 30(7), 1346-1351.e2.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.022>

Zheng, S., Fan, J., Yu, F., Feng, B., Lou, B., Zou, Q., Xie, G., Lin, S., Wang, R., Yang, X., Chen, W., Wang, Q., Zhang, D., Liu, Y., Gong, R., Ma, Z., Lu, S., Xiao, Y., Gu, Y., ... Liang, T. (2020). Viral load dynamics and disease severity in patients infected with SARS-CoV-2 in Zhejiang province, China, January-March 2020: Retrospective cohort study. *The BMJ*, 369.
<https://doi.org/10.1136/bmj.m1443>

Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G. F., & Tan, W. (2020). A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *The New England Journal of Medicine*, 382(8), 727-733.
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>

VII. Financiamiento

El proyecto conto con financiamiento de la Agencia Suiza Para el Desarrollo y Cooperación (COSUDE)

Simulación anidada con AERMOD y CFD para el estudio de la dinámica del material particulado en zonas mixtas industrial-residencial



D.32. Medioambiente y Contaminación ambiental.

Simulación anidada con AERMOD y CFD para el estudio de la dinámica del material particulado en zonas mixtas industrial-residencial

Aguilar Ferraro, Santiago, santiaguilarr@gmail.com

Del Sole, Micaela, mdelsole@exactas.unlp.edu.ar; Colman Lerner, Jorge Esteban,
jcolman@quimica.unlp.edu.ar

Sánchez, E. Yanina, yaninasanch@quimica.unlp.edu.ar

Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

La Plata – Buenos Aires - Argentina

Resumen

La presencia de zonas mixtas industrial-residencial constituye un escenario común en varios países sudamericanos, y ligado a ello la manifestación de conflictos ambientales. Un contaminante de interés es el material particulado (MP) respirable que es clasificado como carcinógeno tipo 1 por la Organización Mundial de la Salud. Este contexto promueve garantizar una adecuada gestión de la calidad del aire y para ello es necesario el uso conjunto de tres herramientas de evaluación interdependientes en alcance y aplicación (inventario de emisiones, modelos de dispersión y monitoreo). En este trabajo, se estudia la dinámica del MP₁₀ (material particulado menor a 10 micras) emitido desde las principales fuentes fijas del Gran La Plata a partir de la estimación de los caudales de emisión mediante el uso de los factores reportados en el documento AP 42. Se ejecuta una simulación multifuente con el sistema de modelado analítico AERMOD para identificar las zonas críticas de concentración ambiental, y mediante el modelado numérico Ansys CFD se profundiza en la descripción de escenarios complejos, aplicando un esquema anidado de simulación. Finalmente, una red de monitoreo existente en la zona contribuye a analizar los aportes de las fuentes estudiadas a los niveles ambientales de MP₁₀. Los resultados muestran que el aporte a los niveles ambientales registrados en los sitios de monitoreo, de las fuentes estudiadas, es inferior al 50%, destacando la necesidad de incluir a las fuentes móviles en futuros estudios. Además, la simulación CFD de los escenarios más desfavorables, permitió concluir que el diseño de la red de monitoreo en los entornos a la planta de coque amerita ser rediseñada.

Palabras Clave: Inventario de emisiones, material particulado; modelado de calidad de aire.



Introducción

El material particulado (MP) es considerado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un carcinógeno de tipo 1 (Loomis et al., 2013; WHO y IARC, 2016). En tal sentido resulta de relevancia la gestión adecuada de la calidad del aire, de manera de proteger a la población de los distintos efectos asociados a su exposición (WHO, 2013; Pope III y Dockery 2006; R ckerl et al., 2011; Lippmann et al., 2013). Una estrategia básica habitual consiste en monitorear la concentración y analizar el cumplimiento con los niveles que se establecen para proteger a la salud de la población y su bienestar. De la mano del avance en el conocimiento de los efectos de la contaminación del aire en la salud, se incorporan otros elementos para su evaluación, como lo es el desarrollo de inventario de emisiones y el modelado ambiental de las emisiones (Banerjee et al., 2011; Abhijith et al., 2015; Kumar et al., 2019).

Los sistemas de modelado analíticos son ampliamente utilizados en la gestión de la calidad del aire por su simpleza de uso y procesamiento de datos. AERMOD es un sistema de modelado detallado, de los más robustos y respaldados por las agencias internacionales. No obstante, la capacidad descriptiva de los escenarios es limitada frente a la potencialidad que ofrecen los modelos numéricos. Este último presenta la

capacidad de analizar prácticamente cualquier variable en cualquier punto del sistema, ofreciendo resultados sumamente descriptivos, pero con alto costo computacional y requerimiento de gran cantidad de datos de entrada. ANSYS CFD es un software de punta en simulación numérica y constituye una herramienta de base para este estudio. Varios autores han utilizado la modelización numérica con diversos softwares para realizar simulaciones de dispersión de contaminantes con gran nivel de descripción. Algunos ejemplos se encuentran en Lauriks et al. (2021), Foroutan et al. 2018, Tominagaa & Stathopoulosb 2018, Ma et al. 2017; Sánchez et al (2013). Si bien los modelos o software que los aplican, pueden ser una herramienta poderosa para interpolar, predecir y optimizar las estrategias de control, su calidad depende de la disponibilidad de datos confiables de entrada. (Alhajraf et al., 2005; Berri et al., 2010; Orcellet et al., 2016)

Todas las herramientas de evaluación son interdependientes en alcance y aplicación. Por lo tanto, deben ser concebidas como componentes interrelacionadas en todo enfoque integral para la toma de decisiones en lo referente a la gestión de la calidad del aire.

El principal aporte de MP se asocia a la quema de combustibles fósiles, pero su

composición puede variar según sus fuentes de emisión (WHO, 2016). Los distintos tamaños de partícula y su composición, pueden asociarse a fuentes específicas de emisión, permitiendo identificar las contribuciones particulares de cada una al total de MP determinado.

En los países en vía de desarrollo, debido al rápido crecimiento económico e industrial, en las últimas décadas se ha provocado una expansión de los tejidos urbanos hacia zonas industrializadas, así como también la instalación de industrias en áreas urbanas, acompañado como consecuencia, de un aumento en las emisiones de contaminantes atmosféricos (United Nations, 2017; Pereira et al., 2019). Esta situación se observa en particular en la ciudad de La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires de la República Argentina y región de estudio de este trabajo. La Plata cuenta con un aglomerado urbano denominado Gran La Plata, conformado por los municipios de La Plata, Ensenada y Berisso (Figura 1), con una población total de 799523 habitantes (INDEC, 2010).



Figura 1: Región de estudio conformada por los partidos de La Plata, Ensenada y Berisso.

En esta región, y principalmente en el municipio de Ensenada y alrededores, nos encontramos con reconocidas fuentes de emisión de MP, tales como una planta de coque (PC), una refinería (PQ) y centrales térmicas (CT), como se observa en la Figura 2, además de un notable parque automotor en constante aumento (Giuliani, 2020).

En la región de estudio se han instalado diversos monitores continuos que conforman una red para el monitoreo de calidad de aire (Fig. 2), a fin de cuantificar los niveles ambientales de MP₁₀. Registros históricos son presentados en el informe “Polvo de carbón en la región del Gran La Plata, Provincia de Buenos Aires” [Colman Lerner *et al*, 2021]. Estas medidas en campo resultan fundamentales a la hora de evaluar la contribución de cada fuente al total de las emisiones de material

particulado.



Figura 2: Principales instalaciones industriales del Gran La Plata (a saber: PQ: Petroquímica/refinería, PC: Planta de Coque: CT: Central Térmica), junto a la ubicación de las estaciones de monitoreo (puntos rosas).

Objetivo

Evaluar la dinámica del MP_{10} en Gran La Plata, Argentina, partiendo de un enfoque general mediante el modelado multifuente con AERMOD, y profundizando en la descripción con una simulación CFD, en los peores escenarios de contaminación.

Materiales y métodos

En respuesta al objetivo planteado, la explicación metodológica incluye, en primer lugar, el desarrollo del inventario de emisiones atmosféricas donde se estima el caudal de emisión de MP_{10} de todas las fuentes fijas involucradas a fin de introducirlas en el sistema de modelado AERMOD con el propósito de evaluar la dispersión y distribución de este

contaminante en la región. Mediante este paso también se detectan los peores escenarios de dispersión a fin de profundizar con mayor detalle, mediante el modelado numérico con ANSYS CFD, en la dinámica del material particulado en la zona de estudio.

De esta manera es posible estimar la concentración aportada por el conjunto de las fuentes fijas en los mismos puntos donde se encuentran monitores continuos, a fin de cuantificar el aporte al MP_{10} ambiental.

- Inventario de emisiones

Se estiman las emisiones de las fuentes fijas más relevantes de la zona de estudio aplicando la metodología que relaciona al factor de emisión (FE) con el factor de actividad (FA) de cada instalación, tal como se observa en la Ecuación 1. Dentro de esta metodología se adopta el enfoque bottom-up (de abajo hacia arriba), partiendo de información detallada, como la materia prima con la que cada instalación inicia sus procesos, por ejemplo, hasta llegar al dato de caudal másico de emisión. (Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas, 2017)

$$IEA = \sum_{i=1} (FE_{j,i} \times FA_{i,t}) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde IEA: significa inventario de emisiones atmosféricas

FE_{j,i} corresponde al factor de emisión de la sustancia (j) para la actividad (i)

FA_{i,t} factor de actividad de la actividad (i) durante el tiempo (t).

Se estiman las emisiones de forma conservadora, sin tener en cuenta los procesos de remoción de partículas, por ejemplo.

Con respecto al FA, este se calculó considerando el tiempo de operación de cada instalación y se necesita conocer, además, algún dato específico de cada empresa, como por ejemplo la *cantidad* de materia prima con la que inicia sus procesos (petróleo para la refinería, coque para la planta de coque y capacidad de generación eléctrica para las centrales térmicas)

Con respecto al factor de emisión (FE), para material particulado, se calcularon siguiendo el método AP-42 de la US EPA (1995). El FE relaciona cuánta cantidad de MP es emitido a la atmósfera en función del *tipo* de materia prima.

Ante la falta de factor de emisión que relacione la cantidad de MP₁₀ que emite una planta petroquímica (refinería), el inventario de emisiones se realizó para las emisiones de MP total (MPT, partículas menores a 100 micras), para todas las instalaciones, a fin de estandarizar los cálculos. Sin embargo, a fin de proteger la salud de las personas, se asume, para el análisis, a modo conservador, que el

caudal másico de emisión de las fuentes fijas calculado en este paso corresponde a MP₁₀.

La información utilizada para la confección del inventario se observa en la Tabla 1 en la sección Resultados, junto al dato de caudal másico de emisión.

- **Simulación de la dispersión del material particulado.**

- Modelado con AERMOD

Para evaluar la dispersión y distribución del MP₁₀ emitido por las diversas fuentes fijas sobre la región, se utiliza el sistema de modelado AERMOD (American Meteorology Society - Environmental Protection Agency Regulatory Model). Este sistema de modelado es un potente software recomendado por la US. EPA para estimar el impacto de fuentes contaminantes sobre los niveles de calidad del aire ambiental a distancias horizontales de hasta de 50 kilómetros (USEPA, 2019). En primer lugar, se configura AERMET, un preprocesador de datos meteorológicos que incorpora la dispersión del aire basada en la estructura turbulenta de la capa límite planetaria y conceptos de escala. En segundo lugar, AERMAP, un preprocesador de datos del terreno que incorpora terrenos complejos usando modelos de elevación digitales y le asigna la altura de elevación tanto a las fuentes de emisión como a cada cuadrícula de la grilla

de receptores. En esta línea, el sistema de modelado requerirá de: *Datos de emisión:* obtenido del inventario de emisiones, estimado en el primer paso, y de la búsqueda bibliográfica para los datos estructurales. *Datos meteorológicos de superficie horarios:* registros (2016-2020) de estación meteorológica AERO LP, brindados por Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Se utilizan 5 años de datos meteorológicos horarios a fin de lograr una base de datos robusta, tal como lo dispone el marco normativo al respecto y se establece una grilla de receptores con 50 m de resolución. Además, en este trabajo se consideran las edificaciones más relevantes que pueden representar obstáculos en la configuración espacial y favorecer la bajada de la pluma de dispersión al terreno, evidenciando así un escenario de exposición ambiental desfavorable.

- Modelado numérico CFD

Mediante el modelado numérico, se realizó un análisis más detallado sobre los peores escenarios registrados a nivel regional mediante los resultados del sistema de modelado AERMOD.

Para configurar el modelado numérico, se siguió la descripción metodológica realizada por Del Sole et al. (2021), para la generación de la geometría 3D, el mallado y la configuración del solver. Para la representación de la emisión, se usó un

modelado de fase discreta, con un diámetro de partícula de 10^{-4} m (MP_{10}). Para obtener una simulación más representativa, los perfiles verticales de la velocidad media del viento $u(z)$ se han interpolado con una ecuación logarítmica del tipo:

$$\frac{\mu(z)}{\mu^*} = \frac{1}{\kappa} \ln h \frac{(z-d)}{z_0}$$

donde d y z_0 (la altura de desplazamiento del plano cero y la longitud de rugosidad aerodinámica respectivamente) se han establecido ambas en 3 m. La velocidad de fricción u^* es el único parámetro de ajuste que a la hora de calcularlo se deben tener en cuenta los parámetros y variables meteorológicas del día en cuestión.

- **Estimación del aporte**

Para estimar el porcentaje de aporte a los niveles de MP generados por el conjunto de las emisiones de todas las instalaciones, se comparan las concentraciones estimadas mediante la modelización, con concentraciones ambientales observadas en la región a través de los monitoreos realizados en puntos cercanos a la planta (Colman Lerner et al., 2021).

Resultados y discusión

A continuación, en la Tabla 1 se observan los datos utilizados para la elaboración del inventario de emisiones junto a los resultados obtenidos que corresponden al caudal másico de emisión (G) de MP_{10} .

Este caudal corresponde al total de las emisiones de MP_{10} que las industrias más relevantes del Gran La Plata canalizan por sus conductos. En la Tabla 1, ID Identifica cada instalación industrial; FA, Factor de actividad, FE, Factor de emisión; G, caudal másico de emisión de MP_{10} .

Tabla 1: Datos utilizados para la confección del inventario y resultados obtenidos del caudal másico de emisión correspondiente a cada instalación industrial ID.

ID	FA	FE MP_{10}	G (MP_{10})
CT1	1959,552 GWh/año	72000 g/GWh	2,24 g/s
CT2	235,008 GWh/año	72000 g/GWh	0,27 g/s
PQ	35775 m ³ / día	0,02 g/m ³ crudo	8,28 g/s
PC	440000 ton coque/año	5,75 kg/mg coque	9,46 g/s

(CT1: Central Térmica 1; CT2: Central Térmica 2; PQ: Petroquímica; PC: Planta de Coque)

Antes de evaluar y analizar las plumas de dispersión resultantes de la modelización de MP_{10} mediante AERMOD, un análisis previo de los vientos de la región de estudio resulta fundamental para poder sumar elementos de análisis a las isopletas de concentración de material particulado obtenidas mediante el software AERMOD View. La Figura 3 muestra la rosa de vientos para el período 2016-2020 (figura

3a) y para las estacionales de invierno (figura 3b) y verano (figura 3c).

Se presentan vientos calmos con 7.9%, 7.5% y 8.4% para el promedio 2016-2020, verano e invierno, respectivamente. Estos porcentajes siempre que sean de unas pocas unidades de probabilidad de ocurrencia, se muestran como una condición favorable para la zona de estudio, dado que este tipo de condición de calma, combinados con la presencia de zonas urbanas y de otras fuentes de emisión, comprometen la calidad del aire provocando eventos nocivos para la salud de la población, al no favorecer la dispersión del MP. (Ubilla y Yohannessen, 2017)

La figura 3a, por su parte, evidencia que en el área de estudio predominan los vientos del Noreste, Este y Sur, respectivamente, con velocidades de 3.6 a 5.7 m/s con 31 % de frecuencia, y vientos de 0.5 a 2.10 m/s con 29.5 % de frecuencia, para el periodo de datos completos 2016-2020. Por otro lado, en invierno predominan los vientos Oeste y Norte con velocidades de 0.5 y 2.10 m/s con 35 % de frecuencia (figura 3b), y en verano (figura 3c) los vientos Noreste y Este en primer lugar, y Sur y Norte en segundo lugar, con velocidades predominantes de entre 3.6 y 5.7 m/s con 33,5 % de frecuencia.

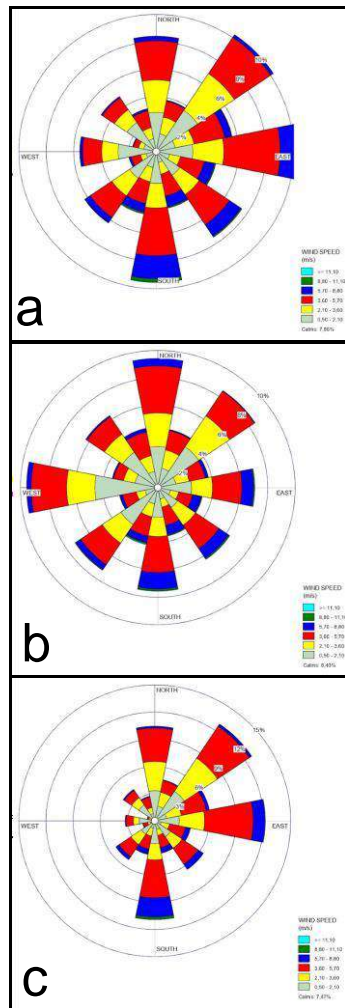


Figura 3: Rosa de vientos para el período 2016-2020, considerando el conjunto de datos completo (a), periodo de invierno (b), periodo de verano (c). Elaborado con WRPLOT View™.

A continuación, se muestran las isopletas resultantes de la modelización de MP₁₀. El objetivo de la modelación, además de visualizar las zonas de mayor concentración del contaminante, es obtener los niveles de concentración, correspondiente a los aportes de las emisiones de las fuentes fijadas modeladas, en los mismos puntos donde se encuentran

los monitores continuos, a fin de poder realizar la estimación del aporte a los niveles de MP₁₀ ambiental.

Se presentan los resultados promediados para un periodo de 24 hs y para un promedio anual (figura 4), tal como lo dispone el marco normativo de la Provincia de Buenos Aires (PBA) para el MP₁₀, a fin de evaluar la dispersión en un periodo de corto plazo (24hs) y un periodo a largo plazo (anual). (OPDS, 2018)

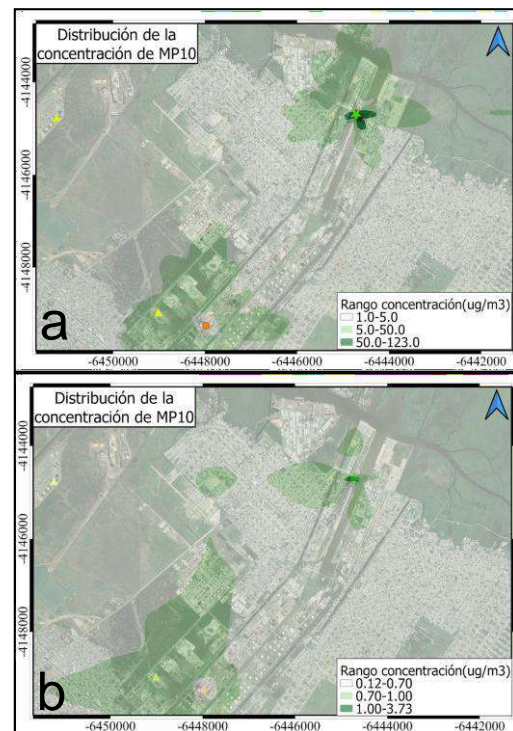


Figura 4: Distribución de la concentración [g/m³] de Material Particulado menor a 10 micras, para un promedio de 24 hs (a) y para un periodo anual (b), utilizando un conjunto de datos meteorológicos horario para el período 2016- 2020. Elaborado con AERMOD View™. Figura procesada con QGIS.

La figura 4 muestra una máxima concentración de 123 g/m^3 para el promedio de 24 hs. y si observamos el promedio anual (figura 4b) se observa que la concentración es mucho menor.

El análisis considerando sólo los meses de verano, como así también, considerando solo el periodo invernal, ambos casos por separado, para el periodo cubierto entre 2016 a 2020, se observa en la figura 5.

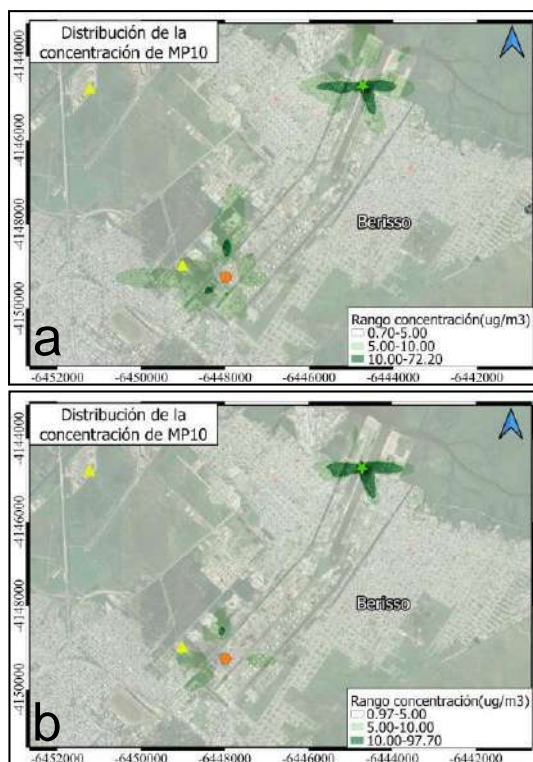


Figura 5: Distribución de la concentración [g/m^3] de Material Particulado menor a 10 micras, para un promedio de 24 hs, considerando solo la estación de verano (a) y los meses de invierno (b) del 2016 al 2020. Elaborado con AERMOD View™. Figura procesada con QGIS.

Se observa que en los meses invernales la dispersión es menor, y por ende se

estiman mayores concentraciones de MP en el ambiente y en cercanía a las fuentes.

De los resultados se desprende la presencia de dos escenarios a profundizar en su detalle. Ambos (E1- 9/8/2017, y E2- 14/12/2020) están asociados a las máximas concentraciones registrados en dos de los nodos de la red de monitoreo emplazado en la zona de influencia de la PC.

Analizando las rosas de viento para los escenarios en cuestión, se observa que se dan principalmente cuando hay poca variabilidad en la dirección e intensidad del viento. Para el E1 se observa predominancia de viento este, mientras que para E2 se da viento norte.

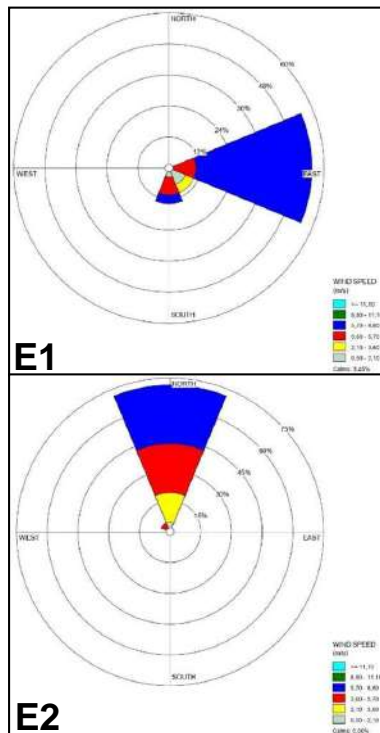


Figura 6: Rosa de vientos para el período en que se dan los peores escenarios a modelar con ANSYS. Elaborado con WRPLOT View™.

En la Figura 7 se muestran los dos peores escenarios obtenidos mediante simulación con AERMOD View™, donde las fuentes fijas modeladas manifiestan su máximo aporte en los sitios receptores evaluados.

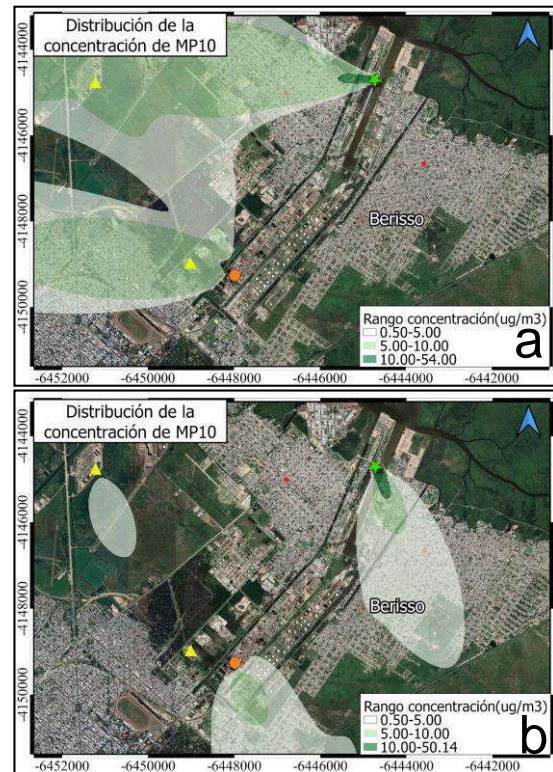


Figura 7: Distribución de MP₁₀ para E1 (a) y para E2 (b). Elaborado con AERMOD View™. Figura procesada con QGIS.

Más allá de la fortaleza de AERMOD para evaluar la distribución del MP₁₀ sobre un continuo espacial en toda la región, en este trabajo se complementa su estudio con el análisis desde ANSYS CFD a fin de profundizar en la descripción de la dinámica del MP en los entornos inmediatos a la fuente de emisión PC.

Los escenarios seleccionados, E1 y E2, para realizar la simulación mediante ANSYS CFD (Fig. 8) fueron con viento Norte y Este, con velocidad promedio de

5,54 m/s para E1, y de 4,83 m/s para la E2.

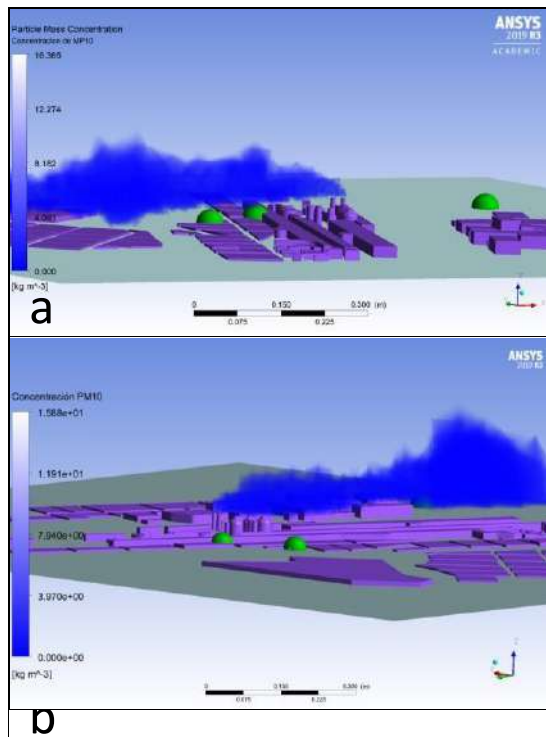


Figura 8: Simulación con ANSYS CFD. Se muestra la pluma de MP₁₀ desde las chimeneas de la PC. Las imágenes corresponden al escenario de viento Este (A) y viento Norte(B).

En lo que respecta a la comparación de las concentraciones simuladas con las monitoreadas en las estaciones de monitoreo, se observa que, con las aproximaciones realizadas en la simulación, no se observan contribuciones de la fuente analizada a los sitios de monitoreo. Analizando el comportamiento de la pluma de dispersión se puede ver que bajo las condiciones simuladas no se favorece la dispersión vertical, haciendo

que la nube de MP se disperse sobre y entre las edificaciones.

En los escenarios simulados de velocidad de viento promedio (Fig. 8 a y b) se observa que la pluma alcanza el nivel del suelo a distancias mayores a los que se encuentran los nodos de la red de monitoreo. Este hecho representa una importante herramienta para la gestión de la calidad del aire, ya que se presenta como un punto potencial para colocar las estaciones de monitoreo para MP.

En los escenarios con viento promedio la nube de contaminante alcanza el suelo a los 375 m y 701 m de la fuente, para el caso de viento Este y Norte, respectivamente. Después de ese punto, se puede observar que la pluma de viento Este se eleva por encima de las edificaciones y vuelve a alcanzar el suelo a los 980 m de la fuente. Realizando el mismo análisis para el escenario de viento norte velocidad promedio, se ve que la nube cuando llega al nivel del suelo a los 701 m no vuelve a elevarse en el dominio de estudio.

De este análisis, se obtienen *radios críticos* en donde se debería colocar los nodos de la red de monitoreo con el objetivo de registrar concentraciones de MP₁₀ emitido por las chimeneas de la PC. Estos *radios críticos* serían anillos con centro en la fuente a 375-475 m y a 700-1000 m de

distancia, tal como se muestra en la figura 9.

Se propone la reubicación de los nodos dentro de los anillos, en particular en las zonas urbanas/residenciales, donde se emplaza la población, con el objetivo de monitorear los aportes de la fuente.

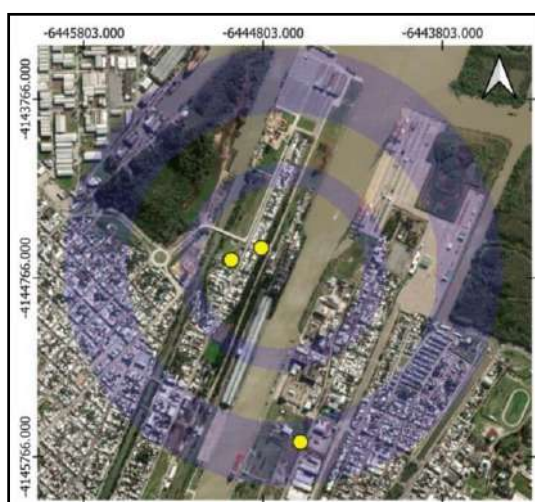


Figura 9: Los anillos violetas corresponden a los radios críticos donde se recomienda emplazar las nuevas estaciones de monitoreo de MP₁₀. Los puntos amarillos son las estaciones de monitoreo existentes en las cercanías a la planta de coque.

Finalmente, una estimación inicial del aporte de las fuentes fijas relevantes del Gran La Plata, a los niveles de MP₁₀ ambiental se realiza mediante la comparación de las concentraciones estimadas por AERMOD con el registro de observaciones de este contaminante reportados para la región. Estos resultados se observan en la tabla 2.

Tabla 2: Porcentaje de aporte a los niveles MP₁₀ ambientales, generados por el conjunto de las fuentes fijas más relevantes del Gran La Plata en los cinco (5) Sitios de monitoreo.

	Porcentaje (%) de aporte a los niveles de MP ₁₀ .				
	2016	2017	2018	2019	2020
S1	7,90	5,53	4,52	3,17	5,28
S2	-	-	-	18,10	23,65
S3	13,32	17,69	18,97	19,49	-
S4	5,12	6,19	7,47	8,70	6,58
S5	48,00	-	-	-	-

Las concentraciones estimadas por AERMOD corresponden al total de las emisiones de MP de las fuentes fijas de todas las instalaciones. Se observa que los aportes estimados por las fuentes fijas resultan bajos, menor al 50 % en todos los casos, destacando la necesidad de incluir a las fuentes móviles en futuros estudios.

Una descripción completa del aporte de las fuentes de emisión en la región de estudio, llevada a cabo de manera exhaustiva, en tanto inventarios de emisiones, y con estaciones de monitoreo ubicadas representativamente, permitirá converger a una mejor comprensión de la misma y conducirá a la toma de medidas efectivas.

Conclusiones

El modelado analítico con AERMOD View, permitió evaluar la dispersión del material particulado sobre la región de estudio y así detectar las zonas de mayor concentración

y de mayor amenaza. A partir de estos resultados, mediante el modelado numérico fue posible focalizar el estudio en los peores escenarios que merecen una atención más detallada. La metodología empleada en este trabajo constituye una guía aplicable tanto para la evaluación de los sitios para la ubicación de estaciones de monitoreo de calidad del aire, como para la evaluación del aporte de determinadas instalaciones a los niveles de contaminación del aire.

Las herramientas: Inventario, modelado y monitoreo se complementan de forma sinérgica en un ciclo virtuoso, el cual se debe ir actualizando constantemente para tener una descripción cada vez más completa de la dinámica del escenario de estudio, en cuanto a las emisiones, la meteorología, la dispersión del MP, entre otras variables. En este sentido, la actualización del inventario, y por ende la de las emisiones, no sólo se realiza en base a la materia prima y el tiempo de funcionamiento en el que operan las instalaciones, sino también que la inclusión de otras fuentes de material particulado, como pueden ser las fuentes móviles, permitirá obtener simulaciones de la dispersión de los contaminantes en forma actualizada y discriminada para cada fuente.

La simulación CFD de los escenarios más desfavorables obtenidos con AERMOD,

permitió concluir que el diseño de la red de monitoreo emplazada en los entornos a la planta de coque amerita ser rediseñada para contemplar en sus registros los aportes de tal establecimiento.

Finalmente, en base al registro de observaciones, el aporte que se presenta como estimación inicial, resultó ser de entre 3.17 % y el 48.00% para MP₁₀, en los puntos donde se ubican las estaciones de monitoreo. Evidenciando el peso de otras fuentes en la región de estudio que ameritan ser investigadas y que suponen el mayor aporte a los niveles de este contaminante.

Bibliografía

Abhijith, K.; Gokhale, S. Passive control potentials of trees and on-street parked cars in reduction of air pollution exposure in urban street canyons. *Environ. Pollut.* 2015, 204, 99–108.

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, US EPA . 2019. "Guía del usuario para el preprocesador meteorológico AERMOD (AERMET)" (nº EPA-454/B-19-028). Consultado el 20 de noviembre https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-09/documents/aermet_userguide.pdf

Alhajraf S, Al-Awadhi L, Al-Fadala S, Al-Khubaizi A, Khan AR, Baby S. (2005)

- Real-time response system for the prediction of the atmospheric transport of hazardous materials. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18: 520–525.
- Banerjee, T.; Barman, S.; Srivastava, R. Application of air pollution dispersion modeling for source-contribution assessment and model performance evaluation at integrated industrial estate-Pantnagar. *Environ. Pollut.* 2011, 159, 865–875.
- Berri G.J., L. Sraibman, R. Tanco and G. Bertossa (2010). Low-level wind field climatology over the La Plata River region obtained with a mesoscale atmospheric boundary layer model forced with local weather observations. *J. App. Meteorol. Climatology*, 49(6): 1293-1305
- Colman Lerner *et al.* Polvo de Carbón en la región del Gran La Plata, Provincia de Buenos Aires. Red de Seguridad Alimentaria (SRA), 2021. Recuperado de <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/>.
- Foroutan, H., Tang, W., Heist, D. K., Perry, S. G., Brouwer, L. H., & Monbureau, E. M. (2018). Numerical analysis of pollutant dispersion around elongated buildings: An embedded large eddy simulation approach. *Atmospheric Environment*.
- Giuliani, Daniela. 2020. Tesis Doctoral “Especiación de compuestos asociados a material particulado (MP10 y MP2.5) en La Plata y alrededores: metales, hidrocarburos policíclicos aromáticos, simples y derivados. Evaluación del riesgo asociado”
<https://doi.org/10.35537/10915/11094>
- Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas/Gaitán Varón, Mauricio; Cárdenas Ruiz, Paula Andrea - Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana.--Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017.
- INDEC. (2010). Web INDEC - Población / Censos / Censo 2010. en <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Niv-el4-Tema-2-41-135>
- Kumar, A.; Patil, R.S.; Dikshit, A.K.; Kumar, R. Assessment of Spatial Ambient Concentration of NH₃ and its Health Impact for Mumbai City. *Asia J. Atmos. Environ.* 2019, 13, 11–19.
- Lauriks, T., Longo, R., Baetens, D., Derudi, M., Parente, A., Bellemans, A., ... & Denys, S. (2021). Application of improved CFD modeling for prediction and mitigation of traffic-related air



- pollution hotspots in a realistic urban street. *Atmospheric Environment*, 246, 118127.
- LIPPMANN, Morton, et al. Iniciativa Nacional de Toxicidad de los Componentes de las Partículas (NPACT, por sus siglas en inglés): estudios epidemiológicos y toxicológicos integrados de los efectos sobre la salud de los componentes de las partículas. Informe de investigación (Instituto de Efectos sobre la Salud), 2013, no 177, p. 5-13.
- Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Baan R, Mattock H, Straif K (2013) The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet Oncol* 14(13): 1262-1263.
[https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70487-X](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70487-X)
- Ma, X., Zhong, W., Feng, W., & Li, G. (2017). Modelling of pollutant dispersion with atmospheric instabilities in an industrial park. *Powder Technology*, 314, 577-588.
- M. B. D. Sole, S. A. Ferraro, D. Guiliani, J. E. C. Lerner, A. Porta and E. Y. Sanchez, "Design of a monitoring network to assess the impact of a coke plant using ANSYS CFD," 2021 *Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Pública (CASAP)*, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/CASAP54985.2021.9703328
- Orcellet E., G. Berri, C. Aguirre and G. Muller (2016). Atmospheric dispersion study of TRS compounds emitted from a pulp mill plant in coastal regions of the Uruguay River, Argentina, *Aerosol and Air Quality Research*, 16, 1473-1482
- ORGANISMO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE (OPDS). (2018). Decreto 1074 de 2018. Boletín Oficial de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, 13 de septiembre de 2018. Recuperado en Febrero 2022 en, <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/Decreto%201074%2018.pdf>
- Pereira, G. M., Oraggio, B., Teinilä, K., Custódio, D., Huang, X., Hillamo, R., ... & de Castro Vasconcellos, P. (2019). A comparative chemical study of PM₁₀ in three Latin American cities: Lima, Medellín, and São Paulo. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(10), 1141-1152.
- POPE III, C. Arden and DOCKERY, Douglas W. Efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica por partículas finas: líneas que conectan. *Journal of the air & waste management*



- association, 2006, vol. 56, no 6, p. 709-742. DOI:10.1080/10473289.2006.10464485
- RÜCKERL, Regina, et al. Efectos sobre la salud de la contaminación atmosférica por partículas: una revisión de las pruebas epidemiológicas. *Inhalation toxicology*, 2011, vol. 23, no 10, p. 555-592.
- Sanchez E. Y., Colman Lerner J. E., Porta A. A, Jacovkis P. M. (2013) Accidental release of chlorine in Chicago: Coupling of an exposure model with a Computational Fluid Dynamics model. *Atmospheric Environment*; 64: 47-55
- Sanchez E. Y., Colman Lerner J. E., Porta A. A, Jacovkis P. M. (2013) Emergencies planning and response: coupling an exposure model with different atmospheric dispersion models. *Atmospheric Environment*; 79: 486-494.
- Tominaga, Y., & Stathopoulos, T. (2018). CFD simulations of near-field pollutant dispersion with different plume buoyancies. *Building and Environment*, 131, 128-139
- Ubilla, C. and Yohannessen, K. “Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño”. *Rev.Med.Clin.Condes.*, vol. 28, no. 1, pp. 111-118, 2017.
- <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>
- United Nations. (2017). *Habitat III Regional Report—Latin America and the Caribbean—Sustainable Cities with Equality*.
<https://unhabitat.org/node/142554>
- US. EPA , “AP-42: Compilation of Air Emissions Factors”, (1995). Available at: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>.
- WHO - IARC. (2016). *Outdoor air pollution (Vol. 109)*. International Agency for Research on Cancer.
- WHO (2013). *Revisión de evidencia sobre aspectos sanitarios de la contaminación atmosférica - Proyecto REVIHAAP*. Centro Europeo de la OMS para el Medio Ambiente y la Salud, Bonn, Oficina Regional de la OMS para Europa, Organización Mundial de la Salud 2013. 309 pp.
[www.euro.who.int/ data/assets/pdf file/ 0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-finalversion.pdf](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-finalversion.pdf)
- WHO (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. Switzerland: World Health Organization.131 p.



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



30
AÑOS

Financiamiento

Este trabajo ha sido financiado con aportes del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), a través de nuestras becas doctorales y carreras científicas. Asimismo, los subsidios obtenidos por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP)- X781, la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación (ANPCYP)- PICT 2017-1670 y la Comisión de Investigaciones Científicas (CICPBA)- IP CIC 2021, han permitido alcanzar los objetivos del presente trabajo.

Agradecimiento

Agradezco al CONICET, a la UNLP y, en especial, a todo el equipo de trabajo de Calidad de Aire, que sin ellos todas las investigaciones y los trabajos realizados no serían posibles.

Actividad antagónica in vitro de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani* Kühn

D.34. Agroalimentos

Actividad antagonica *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani* Kühn

Autor: Pintos, Araceli; e-mail: pintosara8299@gmail.com.

Co-autor(es): López, Dahyana; e-mail: dahyana1606@gmail.com; Pérez, Rosa; e-mail: rosaperezrolon9@gmail.com.

Profesor guía: Colmán, Adans; e-mail: adans.colman@agr.una.py

Universidad Nacional de Asunción (UNA)

Resumen

Rhizoctonia solani Kühn es hongo fitopatógeno que causa enfermedades en diversos cultivos agrícolas, amenazando la producción. Su control se dificulta debido a que tiene la capacidad de producir estructuras de resistencia. Ante esta problemática, el control biológico es una alternativa para el manejo de este patógeno. Especies del género *Trichoderma* son utilizadas como agentes de control biológico de diversas enfermedades en la agricultura. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la actividad antagonica *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre aislados de *Rhizoctonia solani*. El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Micología del Área de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, durante el mes de setiembre de 2021. Se utilizó el método del cultivo dual para cuantificar el porcentaje de inhibición del crecimiento del patógeno, 2 cepas de *Rhizoctonia*: aisladas de *Mentha* sp. (R-13) y *Solanum lycopersicum* (R-26); ante la presencia de los antagonistas: *T. theobromicola* (T-219), *T. pettersenii* (T-318) y *T. konnigiopsis* (T-450). Los resultados indican que se inhibió el crecimiento de R-13 en un 65,73 % (T-219), 57,33 % (T-450) y 37,94 % (T-318); a su vez se observó enrollamiento de hifas de *Rhizoctonia* por las hifas de T-450 y T-318. El crecimiento del aislado R-26 fue inhibido en un 68,4 % (T-450), 63,5 % (T-219) y 45,1 % (T-318), también se pudo observar hifas del patógeno enrolladas por hifas de las tres especies de *Trichoderma* evaluadas.

Palabras clave: *Rhizoctonia solani*, *Trichoderma* spp., Control Biológico.



Introducción

Rhizoctonia solani es un complejo de especies compuesto por 14 grupos de anastomosis (AG) con variaciones genéticas discriminatorias (Carling et al., 2002). Es un hongo que no produce conidios, por lo tanto, se identifica solo a partir de las características del micelio, sus células hifas son multinucleadas y las hifas son anchas y tienden a ramificarse formando ángulos rectos de 90°. Puede sobrevivir en el suelo y restos de cultivo en forma de esclerocios y microesclerocios (Traquair et al., 2013).

Es un patógeno de plantas con una amplia gama de huéspedes, Ajayi-Oyetunde y Bradley (2018) indican que ataca a miembros de las Poaceae (maíz, arroz, trigo, cebada, avena), Fabaceae (soja, maní, frijoles secos, alfalfa, garbanzos, lentejas, guisantes de campo), Solanaceae (tabaco, papa, tomate), Amaranthaceae (remolacha azucarera), Brassicaceae (canola), Rubiaceae (café), Malvaceae (algodón), Asteraceae (lechuga), Araceae (pothos), Moraceae (ficus) y Linaceae (lino).

Estos autores a su vez mencionan que los síntomas en diversos hospedadores incluyen podredumbre de semillas, podredumbre de la raíz, podredumbre del hipocotilo, podredumbre de la corona,

podredumbre del tallo, podredumbre foliar, podredumbre de la vaina, cancro del tallo, escama negra, tizón de las plántulas, y damping off antes y después de la emergencia.

Debido a la actividad saprofítica en el suelo de *R. solani* su control convencional se dificulta, además que la tendencia actual va dirigida a la disminución del uso de productos químicos para una producción más armónica con el ambiente.

El control biológico tiene ventajas sobre el control químico, porque es poco probable que los Agentes de Control Biológico (ACB) dañen a organismos no objetivo y es difícil que los patógenos desarrollen resistencia (Taka y Ibraheem, 2012).

Entre estos ACB, el género *Trichoderma* es de considerable interés por su potencial en el manejo de enfermedades de las plantas. Las especies de *Trichoderma* son hongos filamentosos que se encuentran colonizando varios hábitats, incluidos materiales vegetales como tallos, hojas, frutos y raíces; se encuentran típicamente en el suelo asociado con las raíces de las plantas (Viridiana et al., 2019).

Objetivos

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la actividad antagónica *in vitro* de *Trichoderma spp.* sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani*, por lo que se cuantificó la



Tabla 1. Descripción del fitopatógeno y los potenciales antagonistas utilizados en el experimento.

Código	Descripción	Hospedero
R-13	<i>Rhizoctonia solani</i>	Menta (<i>Menta sp.</i>)
R-26	<i>Rhizoctonia solani</i>	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)
T-219	<i>Trichoderma theobromicola</i>	-
T-318	<i>Trichoderma pettersenii</i>	-
T-450	<i>Trichoderma konnigiopsis</i>	-

inhibición *in vitro* del crecimiento del patógeno, se cuantificó la tasa de crecimiento *in vitro* del patógeno, se determinó el grado de antagonismo y caracterizó el mecanismo de acción asociado a las especies de *Trichoderma*.

Materiales y métodos

Localización y periodo experimental.

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Micología del Área de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, durante el mes de setiembre de 2021.

Material biológico.

Estaba constituido por dos aislados del fitopatógeno: *Rhizoctonia solani* (R-13 y R-26), y tres aislados del potencial antagonista: *Trichoderma spp.* (T-219, T-318 y T-450), cuya descripción se puede observar en la Tabla 1. Las mismas pertenecían a la colección de hongos del

Laboratorio de Micología.

Estos fueron repicados y preservados en tubos con medio de cultivo PDA (Papa-Dextrosa-Agar) hasta su posterior uso.

Experimento: Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma spp.* contra *Rhizoctonia solani* mediante la técnica del cultivo dual.

Con el fin de evaluar la actividad antagónica *in vitro* de tres aislados de *Trichoderma* (T-450, T-318 y T-219) ante dos aislados de *Rhizoctonia solani* (R-13, R-26) se utilizó el método de cultivo dual (Figura 1).

Placas con 7 días de crecimiento del patógeno y *Trichoderma* en medio de cultivo PDA fueron utilizados en este estudio. Se colocó discos de micelio de 5 mm de diámetro del Patógeno y *Trichoderma* de manera equidistante en placas de Petri (90 mm de diámetro) con medio de cultivo PDA, uno en cada extremo, se sellaron las placas con papel film y se incubaron a 25 ± 1 °C

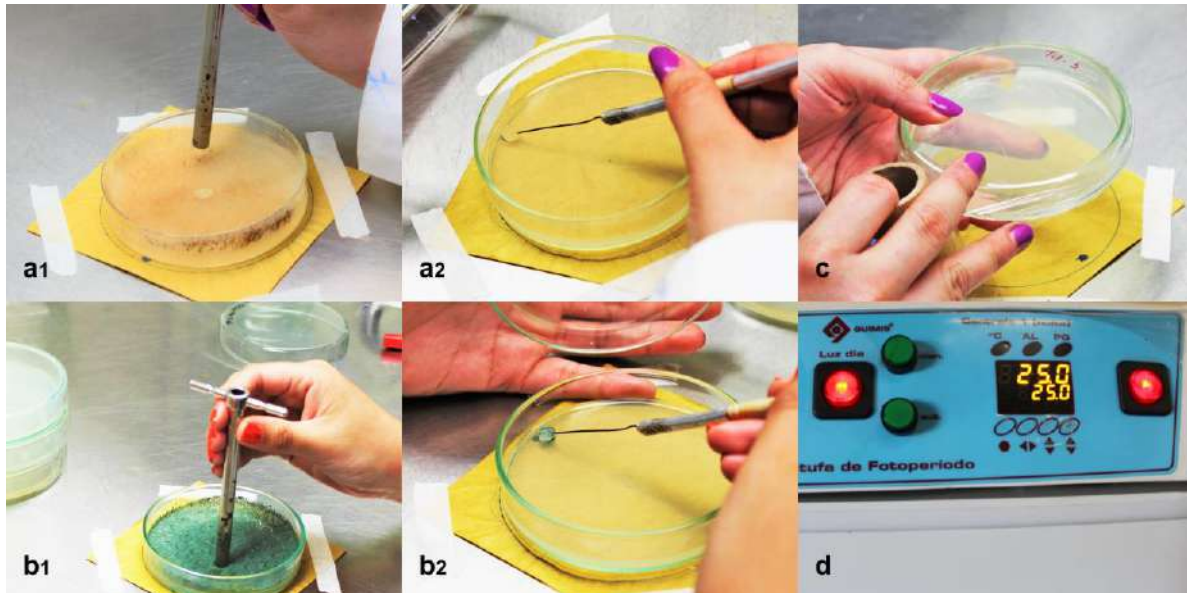


Figura 1. Instalación del cultivo dual. Preparación de discos (1) y siembra en un extremo equidistante en medio de cultivo PDA (2) del fitopatógeno (a) y del antagonista (b). c) Sellado de las placas con papel film. d) Incubadora utilizada a una temperatura de 25 ± 1 °C. San Lorenzo, Paraguay, 2021.

hasta que el patógeno en el control cubrió toda la placa.

El diseño utilizado fue completamente al azar, con tres tratamientos, y un control sin el antagonista, con 5 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental consistió en una placa de Petri, totalizando 20 unidades experimentales.

El experimento se replicó para cada aislado de *Rhizoctonia solani*.

Variables.

Inhibición del crecimiento (%): Se evaluó mediante la siguiente fórmula (Vincent, 1974): $I (\%) = (C - T / T) \times 100$, donde C: Crecimiento radial en el control (sin *Trichoderma*) (mm), T: crecimiento radial con *Trichoderma* (mm).

Tasa de crecimiento (mm.d^{-1}): Se cuantificó la tasa de crecimiento mediante la fórmula de Zadoks y Schein (1979): $TC = (C_f - C_i) / (T_f - T_i)$.

Donde: C: Crecimiento final (mm), C_i: Crecimiento inicial (mm), T_f: Tiempo final (día) y T_i: Tiempo inicial (día).

Se realizaron mediciones cada 24 h con ayuda de un escalímetro digital hasta que la colonia del patógeno llenó toda la superficie de la placa en el control.

Grado de antagonismo. Se caracterizó el grado de antagonismo mediante la escala de Bell et al., (1982), tomando valores de Clase desde I a V (Tabla 2).

Interacción microscópica. Cuando las dos colonias en cultivo dual entraron en contacto



Tabla 2. Escala utilizada para evaluar el antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. ante *Rhizoctonia solani* según Bell et al., (1982).

Grado	Capacidad antagónica
I	Trichoderma sobrecrece completamente al patógeno y cubre totalmente la superficie del medio de cultivo.
II	Trichoderma sobrecrece las dos terceras partes de la superficie del medio de cultivo.
III	Trichoderma y el patógeno colonizan cada uno aproximadamente la mitad de la superficie del medio de cultivo y ningún organismo parece dominar al otro.
IV	El patógeno coloniza las dos terceras partes de la superficie del medio de cultivo y parece resistir a la invasión por Trichoderma.
V	El patógeno sobrecrece completamente a Trichoderma y ocupa totalmente la superficie del medio de cultivo.

entre sí, un área entre las colonias fue seleccionado con ayuda de un bisturí y observado bajo microscopio óptico. Calificando la interacción entre hifas como enrollado y no enrollado.

Análisis de datos.

Los datos obtenidos fueron sometidos al Análisis de Varianza (ANOVA), y se compararon las medias de los tratamientos utilizando el test de Tukey al 5% de probabilidad de error, mediante el paquete estadístico de Infostat.

Resultados y discusión

Experimento: Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia* sp. mediante la técnica del cultivo dual.

Se observó antagonismo *in vitro* ejercido por las tres especies de Trichoderma ante

los dos aislados de *Rhizoctonia solani*.

En la Tabla 3 se observan los resultados obtenidos para el aislado R-13; cuyo crecimiento fue inhibido en un 65,73 % (T-219), 57,33 % (T-450) y 37,94 % (T-318). diferenciándose estadísticamente del control (Figura 3a). El crecimiento del aislado R-26; fue inhibido en un 63,47 % (T-219), 68,4 % (T-450) y 45,07 % (T-318). diferenciándose estadísticamente del control (Tabla 4).

Estos resultados coinciden con un trabajo realizado por Manandhar et al. (2019) con *R. solani*, seis de los aislamientos probados (T153, T283, T285, T357, T362 y T363) exhibieron más del 80% de reducción en el crecimiento del patógeno.

Resultados similares fueron obtenidos por Mishra et al. (2020), en el que de los 14



Tabla 3. Efecto de diferentes aislados de *Trichoderma* spp. en el crecimiento *in vitro* de *Rhizoctonia solani* (R-13).

Tratamiento	Especie	CT* (mm)	I (%)	TC (mm.d ⁻¹)	IM			
Control R-13	<i>R. solani</i>	90,00	c	0,00	c	19,2	c	-
T-219	<i>T. theobromicola</i>	30,84	a	65,73	a	4,86	a	-
T-318	<i>T. petterseni</i>	55,86	b	37,94	b	10,78	b	+
T-450	<i>T. konnigiopsis</i>	38,40	a	57,33	a	6,57	a	+
CV (%)	-	14,15	21	17,12	-			

Medias seguidas por la misma letra en las columnas no difieren entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

*CT: Crecimiento total, I: Inhibición, CA: Clase de Antagonismo, IM: Interacción Microscópica (-: no enrollado, +: enrollado)

Tabla 4. Efecto de diferentes aislados de *Trichoderma* spp. en el crecimiento *in vitro* de *Rhizoctonia solani* (R-26).

Tratamiento	Especie	CT* (cm)	I (%)	TC (mm.d ⁻¹)	IM			
Control R-26	<i>R. solani.</i>	90,00	c	0	c	18,95	c	-
T-219	<i>T. theobromicola</i>	32,88	a	63,47	a	5,27	a	+
T-318	<i>T. petterseni</i>	49,44	b	45,07	b	9,05	b	+
T-450	<i>T. konnigiopsis</i>	28,44	a	68,40	a	3,92	a	+
CV (%)	-	6,73	8,48	9,35	-			

Medias seguidas por la misma letra en las columnas no difieren entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

*CT: Crecimiento total, I: Inhibición, CA: Clase de Antagonismo, IM: Interacción Microscópica (-: no enrollado, +: enrollado)

aislamientos de *Trichoderma* evaluados, tres aislamientos, BHU-11, T-4 y BHU-8 mostraron inhibición máxima en crecimiento de *Rhizoctonia solani* (71,48, 67,28 y 63,89%, respectivamente).

Es conocida la capacidad que tienen las especies del género *Trichoderma* de inhibir el crecimiento de los patógenos mediante la competencia por espacio y nutrientes, a su vez, secretando sustancias que degradan

las paredes celulares de los mismos. Esto fue relatado anteriormente por Zhang y Zhuang (2019), quienes mencionaron que la actividad quitinasa de *Trichoderma* se considera esencial para la detección de agentes de control biológico contra patógenos fúngicos de plantas.

La tasa de crecimiento de R-13 fue mayor (19,2 mm.d⁻¹) en la ausencia del antagonista, con el cual se obtuvo valores

de 4,86 mm.d⁻¹ (T-219), 6,57 mm.d⁻¹ (T-450) y 10,78 mm.d⁻¹ (T-318), siendo estadísticamente diferentes al control.

En cuanto al aislado R-26, de manera similar, su tasa de crecimiento fue mayor (18,95 mm.d⁻¹) en la ausencia del antagonista, en el que se obtuvo valores de 5,27 mm.d⁻¹ (T-219), 3,92 mm.d⁻¹ (T-450) y 9,05 mm.d⁻¹ (T-318), diferenciándose del control.

En la Figura 2 se observa el grado de superposición entre los aislados de *R. solani* y las especies de *Trichoderma* estudiadas. Para R-13, la especie T-219 mostró un antagonismo de la Clase I, sin

embargo, en las otras dos (T-318 y T-450) se observó un antagonismo de la Clase II. En cuanto al aislado R-26, la especie T-450 mostró un antagonismo de la Clase I, sin embargo, en las otras dos especies, T-219 y T-318, exhibieron un antagonismo de la Clase II y III respectivamente. Observaciones microscópicas (Figura 3a) revelaron interacción de hifas de T-318 y T-450, quienes se encontraban enrolladas a las hifas de R-13. Coincidiendo con, Zhang y Zhuang (2019) quienes observaron que *T. brevicrassum* TC967 tenía la capacidad de enrollarse en forma de espiral sobre hifas de *R. solani*.

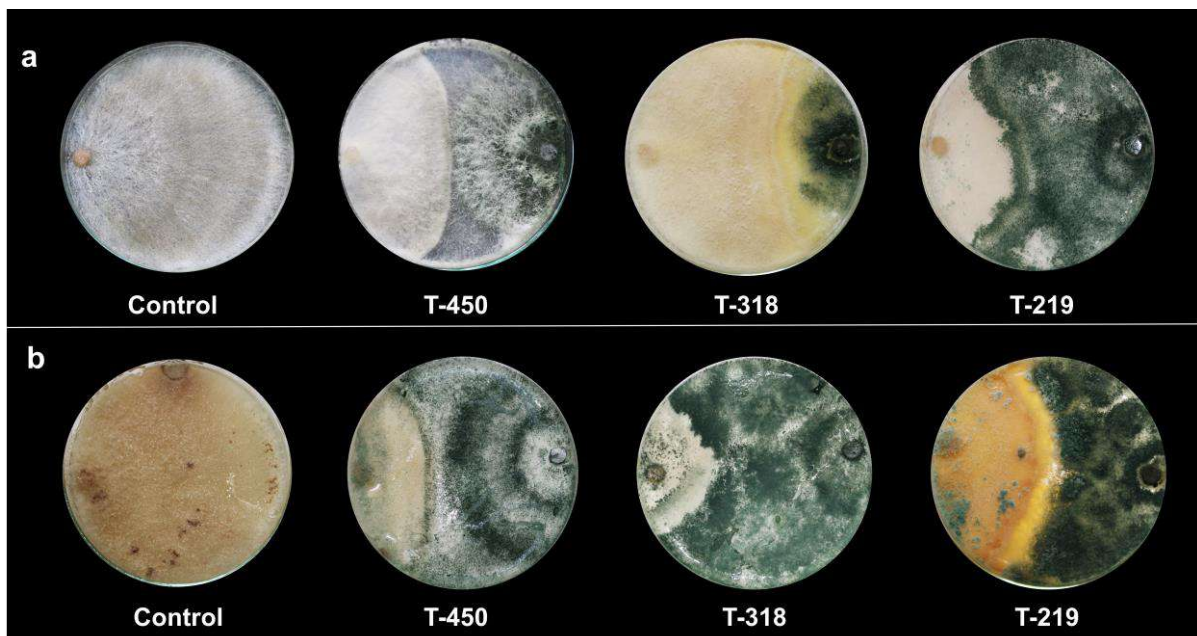


Figura 2. Capacidad antagonista de las especies de *Trichoderma* (derecha) contra *Rhizoctonia solani* (izquierda). a) R-13, b) R-26. San Lorenzo, Paraguay, 2021.

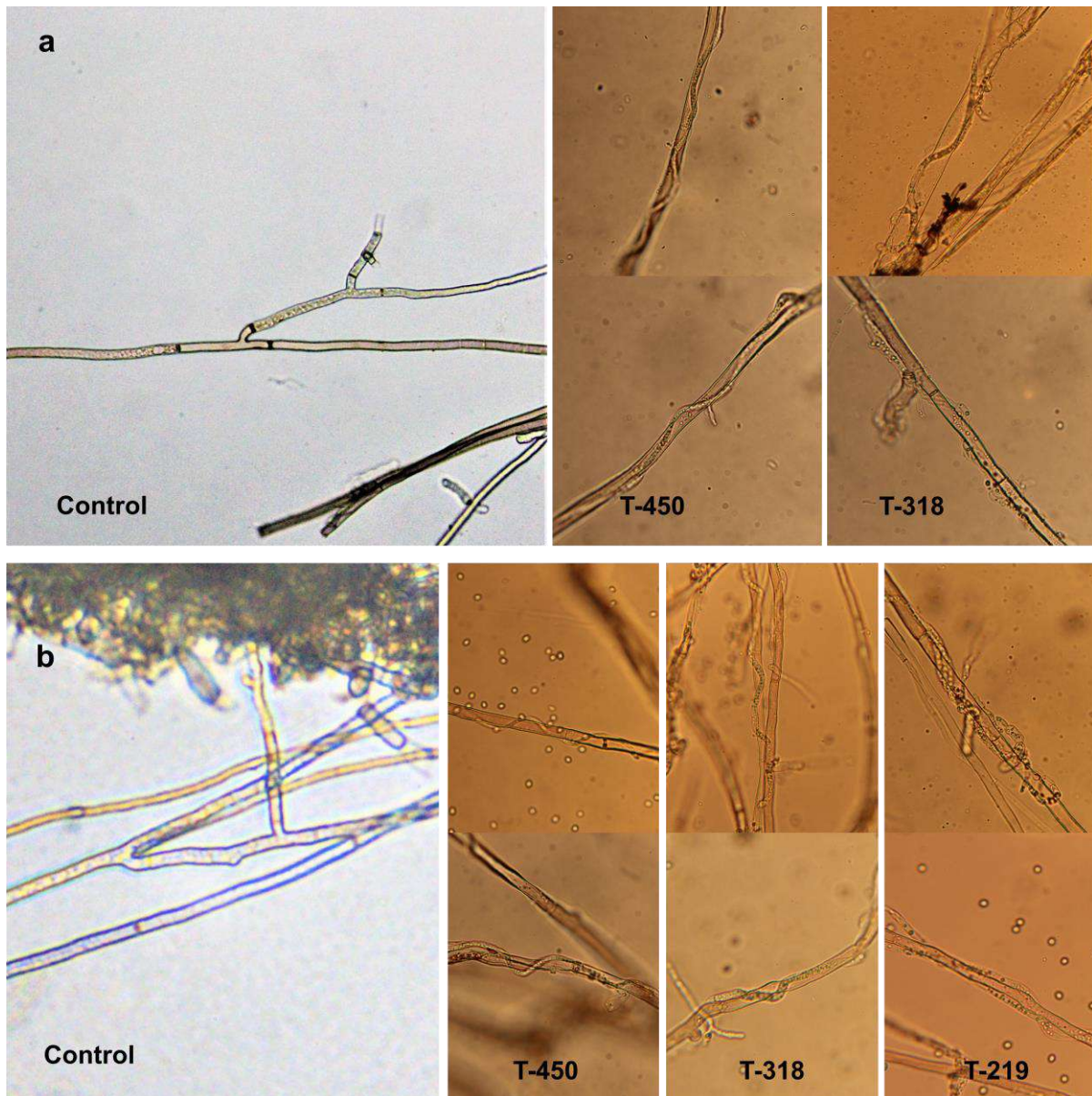


Figura 3. Interacción entre hifas de *Rhizoctonia solani* y *Trichoderma* spp., a) R- 13, b) R-26. San Lorenzo, Paraguay, 2021.

Para el aislado R-26, ante todas las especies de *Trichoderma* se pudo observar interacción hifal, quienes se encontraban enrolladas a las hifas del patógeno (Figura 3b).

Druzhinina et al. (2011) indicaron que tanto el reconocimiento como la formación de hifas en forma de hélice que rodean a los

fitopatógenos por cepas de *Trichoderma* son inducidas por lectinas de los patógenos.

Almeida et al. (2007) señalaron que *Trichoderma* se adhiere al patógeno a través de los carbohidratos de la pared celular, una vez conectado, se enrolla alrededor del patógeno y forma el



apresorio

Los tres aislados evaluados lograron inhibir el crecimiento *in vitro* de R-13 y R-26, mediante la competencia por sustrato y nutrientes y el parasitismo de hifas.

Se pudo observar una respuesta diferencial entre aislados del patógeno y las tres especies de *Trichoderma* evaluadas, lo que indicaría una especificidad o preferencia de las mismas.

Conclusiones

En base a las condiciones en las que se realizó el experimento y los resultados obtenidos, se puede afirmar que:

– Las tres especies evaluadas; *T. theobromicola* T-219, *T. petterseni* T- 318 y *T. konnigiopsis* T-450, lograron inhibir el crecimiento *in vitro* de R-13 y R-26, destacándose T-219 ante la primera y T-450 ante la segunda.

– Las tres especies evaluadas; *T. theobromicola* T-219, *T. petterseni* T- 318 y *T. konnigiopsis* T-450, lograron valores inferiores al control en términos de tasa de crecimiento *in vitro* de R-13 y R-26, destacándose T-219 ante la primera y T-450 ante la segunda.

– Las tres especies lograron valores de Clase de I a III ante R-13 y R-26.

– El posible mecanismo de acción asociado al antagonismo de *Trichoderma* spp. ante *Rhizoctonia solani* es la competencia por espacio y nutrientes, y el

parasitismo de hifas.

Bibliografía

Ajayi-Oyetunde, O.O., y Bradley, C.A. (2018). *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant pathology*, 67(1), 3-17.

Almeida, F.B.R., Cerqueira, F.M., Silva, R.N., Ulhoa, C.J., y Lima, A.L. (2007). Mycoparasitism studies of *Trichoderma harzianum* strains against *Rhizoctonia solani*: evaluation of coiling and hydrolytic enzyme production. *Biotechnol. Lett.* 29, 1189–1193.

Bell, D., Well, H., y Markham, C. (1982). *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72, 379-382.

Carling, D.E., Baird, R.E., Gitaitis, R.D., Brainard, K.A., & Kuninaga, S. (2002). Characterization of AG-13 a newly reported anastomosis group of *Rhizoctonia solani* *Phytopathology*, 92, 893-899.

Druzhinina, I.S., Seidl-Seiboth, V., Herrera, Estrella, A., Horwitz, B.A., Kenerley, C.M., Monte, E, Kubicek, CP. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nat. Rev. Microbiol.* 9, 749–759.

Manandhar, S., Pant, B., Manandhar, C., y Baidya, S. (2019). *In-vitro* Evaluation of Bio-control agents against Soil Borne Plant Pathogens. *Journal of Nepal Agricultural Research Council* (5), 68-72.



Mishra, D., Rajput, R.S., Zaidi, N.W., & Singh, H.B. (2020). Sheath blight and drought stress management in rice (*Oryza sativa*) through *Trichoderma* spp. *Indian Phytopathology*, 73(1), 71-77.

Monte, E., Hermosa, R., Jiménez- Gasco, M.D.M., & Jiménez-Díaz, R.M. (2021). Are species concepts outdated for fungi? Intraspecific variation in plant-pathogenic fungi illustrates the need for subspecific categorization. *Trends in the systematics of bacteria and fungi*, 301-319.

Taha, K. H., & Ibraheem, B. Y. (2012). *Trichoderma* spp. biotypes effective in biological control and inducing resistance against *Rhizoctonia solani* casual agent of bean root rot and damping off. In *Proceedings of the International Symposium on Current Trends in Plant Protection, Belgrade, Serbia, 25-28th September, 2012*. (pp. 385-392). Institute for Plant Protection and Environment

Traquair, J.A., Hynes, R.K., Sabaratnam, S., & Abbasi, P.A. (2013). 67 *Rhizoctonia solani* Kühn (Anamorphic S tate of *Thanatephorus cucumeris* (AB Frank) Donk), Damping-off, Root and Crown Rot, Blight, Leaf Spot, Stem Canker and Tuber Scurf (Ceratobasidiaceae). *Biological Control Programmes in Canada*. 446 p.

Vincent J.M. (1947). Distortion of fungal hyphae in the presence of certain inhibitors. *Nature* 159 (4051), 850.

Viridiana, I., Rahmaningsih, M., Forster, B.P., Schmoll, M., e Inundación, J. (2019). *Trichoderma*: control de la enfermedad de Ganoderma en la palma de aceite: un manual. p: 3-17.

Zadoks, J.C., y Schein, R.D. (1979). *Epidemiology and Plant Disease Management*. New York, *United States*. *Oxford University Press*. 427 p.

Zhang, Y., y Zhuang, W. Y. (2020). *Trichoderma brevicrassum* strain TC967 with capacities of diminishing cucumber diseasecaused by *Rhizoctonia solani* and promoting plant growth. *Biological Control*, 142, 104151.

¿Cómo responden al déficit hídrico las plantas noduladas? Una aproximación desde el estudio del traductoma



D.34. Agroalimentos

¿Cómo responden al déficit hídrico las plantas noduladas? Una aproximación desde el estudio del traductoma

Autor: Martínez, Mauro; mmartinez@fagro.edu.uy

Profesoras guía: Sainz, María Martha; msainz@fagro.edu.uy,

Filippi, Carla Valeria; cfilippi@fagro.edu.uy

Universidad de la República, Uruguay

Resumen

El déficit hídrico es una de las mayores limitantes en la producción de soja (*Glycine max*). Se ha observado que la respuesta al déficit hídrico varía según si la planta está o no nodulada. Esta respuesta podría explicarse por cambios en la expresión génica. La falta de correlación entre los niveles de ARN mensajeros (ARNm) y proteínas se debe a las distintas etapas de regulación postranscripcional, en particular, a la traducción. Es conocido que la exposición de las plantas a ciertas condiciones ambientales causa una inhibición global de la iniciación de la traducción que se visualiza como una disminución del porcentaje de ARNm asociados a polisomas. Por lo tanto, entender estos mecanismos de regulación es importante para comprender la fisiología de la planta y para aportar en la mejora del cultivo. En este trabajo se identificaron genes diferencialmente expresados (DEGs) en raíces de plantas noduladas y no-noduladas, sometidas a déficit hídrico, mediante análisis de RNA-Seq. El déficit en un contexto de nodulación provocó, a nivel traduccional, la sobreexpresión de 419 genes y la subregulación de 204 genes. Por su parte, la respuesta al déficit de una planta nodulada frente a la de una no-nodulada provocó, a nivel traduccional, la sobreexpresión de 76 genes y la subregulación de 100 genes. Análisis de términos GO asociados a estas respuestas diferenciales revelaron el enriquecimiento de procesos biológicos como respuesta a sacarosa, señalización por citoquininas, transporte de hierro, metabolismo de carbohidratos y del grupo hemo, transportadores, entre otros. Los genes asociados a estos procesos emergen como potenciales candidatos a ser utilizados en futuros estudios de mejora en la respuesta al estrés hídrico en soja.

Palabras clave: soja, RNA-Seq, DEGs



Introducción

Las leguminosas de grano, como soja, son una fuente esencial de proteínas para la alimentación humana y animal. La presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno en órganos especializados (nódulos) en las raíces de las leguminosas implica que éstas pueden ser, además, un método barato y natural de fertilización nitrogenada (van Heerden et al., 2007). A nivel mundial el cultivo de soja tuvo una gran expansión en los últimos veinte años, dinamizado por la creciente demanda de alimentos de alto valor proteico. La producción mundial de granos de soja fue de 352.6 millones de toneladas en 2017 (Sobko et al. 2020). En Uruguay, la soja es el mayor cultivo con 910 mil hectáreas cultivadas, casi el 90% del área de siembra de verano (DIEA, 2021). Entre los factores ambientales que más inciden en su desarrollo y rendimiento está la sequía (Abdel-Haleem, and Boerma 2010) La tolerancia a sequía puede definirse como la capacidad que manifiesta una especie de sobrevivir, mantener o disminuir en baja proporción su rendimiento en estas condiciones ambientales. En soja, la fijación de nitrógeno (N)- llevada adelante gracias a la asociación simbiótica de la planta con la bacteria (rizobio)- es de los procesos fisiológicos más sensible a la

sequía, seguido de otros procesos como la fotosíntesis. Se ha descrito que existen diferencias genóticas en cuanto a la respuesta frente al déficit hídrico de este proceso (King et al., 2014). Para la evaluación de genotipos que respondan al déficit hídrico, los programas de mejoramiento necesitan incorporar el proceso de fijación de N como variable, buscando la identificación de correlaciones entre características fenotípicas de fácil medición y los genotipos de distinta respuesta. La alta demanda de carbono requerida para la formación del nódulo puede alterar los parámetros de respuesta frente al déficit hídrico. El establecimiento de la simbiosis, y por tanto de la nodulación, altera el metabolismo de las plantas a distintos niveles, en parte por la alta demanda de fotosintatos por parte del nódulo (Fellows et al. 1987; Marinho et al. 2019). Se ha observado que en condiciones de estrés abiótico se da una disminución de la fijación de N que se correlaciona con una modificación en el balance redox (Escuredo et al. 1996; Gogorcena et al. 1997) y del flujo de carbono (Matamoros et al. 1999; Gálvez et al. 2005). Además, tanto en plantas noduladas como estresadas, se han observado cambios en la concentración de sacarosa (Fellows et al. 1987; González et al. 1995), concentración de hormonas (Le



et al. 2012), patrones de expresión génica (Zhou et al. 2009), entre otros procesos biológicos. Asimismo, (Jaborova et al. 2021) observaron que cuando plantas noduladas se sometieron a condiciones de estrés hídrico presentaron mejor performance de parámetros fisiológicos en comparación con plantas no-noduladas.

Muchos autores han observado variaciones en la abundancia de ARN mensajeros (ARNm) en plantas sometidas a distintas condiciones de estrés, en particular, déficit hídrico (Zhu 2002; Clement et al. 2008; Gong et al. 2010). En este sentido, el análisis de la expresión del genoma se ha centrado principalmente en determinar la abundancia de los transcritos a través de microarreglos (“microarrays”; Brown & Botstein, 1999; Krishnamurthy et al., 2018) o, más recientemente, mediante la secuenciación del ARN (Wang et al., 2013; Krishnamurthy et al., 2018; Denyer et al., 2019; Shulse et al., 2019). Sin embargo, ninguno de los enfoques proporciona información sobre la síntesis de proteínas, que en la mayoría de los casos es el producto funcional de la expresión génica. Se ha demostrado en distintos organismos que los diferentes niveles de regulación postranscripcional de la expresión génica contribuyen significativamente a esta falta de

correlación entre los niveles de transcrito y proteína (Kawaguchi et al. 2004) y que no hay una dependencia entre los cambios a nivel del transcriptoma y los que ocurren a nivel de los ARNm que están siendo activamente traducidos (traductoma) (Tebaldi et al. 2012). La lógica en la que se basan muchos experimentos de *profiling* es que los cambios coordinados en la expresión que tienen lugar en el curso de un proceso biológico permiten la identificación de genes y vías funcionalmente importantes. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el efecto del programa de expresión génica es el resultado de cambios en los niveles de proteínas, que generalmente se deben a la regulación coordinada de la transcripción, el procesamiento de los mensajeros y la traducción (Ingolia 2014). El análisis directo del traductoma (conjunto de ARNm que están siendo traducidos) permite una medición más precisa y completa de la expresión génica en la célula que la que se obtiene cuando sólo se analizan los niveles de ARNm (Wang et al., 2013; Ingolia, 2014). Estudios previos han demostrado que la exposición de las plantas a ciertas condiciones ambientales causa una inhibición global de la iniciación de la traducción que se visualiza como una disminución del porcentaje de ARNm asociados a polisomas. Existen pocos



estudios tanto sobre el análisis de traductomas en leguminosas (Reynoso et al., 2013; Coate et al., 2014; Traubenik et al., 2020), como sobre la regulación de la traducción en el contexto de la interacción simbiótica leguminosa-rizobio, tan importante desde el aspecto agro-ecológico.

Objetivos

El objetivo general de la investigación es contribuir a la mejora de la tolerancia al déficit hídrico en soja mediante la incorporación de nuevas fuentes de tolerancia en las respuestas al estrés. Mediante el análisis de las respuestas estrés-específicas a nivel transcripcional y traduccional se pretende identificar los cambios asociados a la maquinaria traduccional de la raíz, con el fin de definir posibles genes candidatos que estén involucrados en la respuesta de tolerancia de las plantas al estrés.

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- 1- Exploración del transcriptoma y del traductoma de raíces de plantas de soja noduladas sometidas a déficit hídrico
- 2- Identificación de los genes sujetos a control traduccional en raíces de

plantas de soja noduladas y sometidas a déficit hídrico.

Materiales y Métodos

Material vegetal y condiciones de crecimiento

El genotipo de soja (*Glycine max* (L.) Merr.; “Génesis 5601”) fue crecido bajo condiciones controladas en una cámara de crecimiento. Las plantas crecieron desde semilla en un sustrato arena/vermiculita (1:1) en macetas de 500 cm³. Se establecieron dos tratamientos hídricos, plantas sin falta de riego (C) y plantas en déficit hídrico (E). Además, se establecieron dos estados de nodulación: plantas noduladas (N) y plantas no-noduladas (NN). Las plantas se regaron cada 2-3 días con medio B y D (Broughton and Dilworth 1971), suplementado con KNO₃ (concentración final 5 mM en no-noduladas y 0.5mM en noduladas) hasta completar Capacidad de Campo (CC), que se define como la cantidad de agua retenida por el sustrato 48 a 72 horas luego de ser saturado con agua. Se colocó una tapita en la botella -con un agujero para el pasaje de la planta- de forma de evitar la evaporación de agua desde el sustrato. Para determinar el peso del sustrato a CC



se dejaron seis macetas con sustrato saturado, y se las pesó una vez pasadas 72 h. Se colocó una bolsa opaca sobre la maceta para evitar posibles pérdidas de agua por evaporación durante dichas 72 h.

Las plantas se desarrollaron en cámara de crecimiento con condiciones controladas (intensidad lumínica: $620 \mu\text{mol de fotones} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{seg}^{-1}$, fotoperiodo: 16/8 h (luz/oscuridad), temperatura: 30/20 °C (día/noche)). Las plantas noduladas fueron inoculadas con la cepa U1302 de *Bradyrhizobium elkanii* el día de la siembra de las semillas. Cuando las plantas correspondientes al tratamiento “déficit hídrico” se encontraron en el estadio V3, se dejaron de regar hasta el fin del ensayo. De acuerdo a Fehr & Caviness (1977), un verticilo se encuentra totalmente expandido cuando los folíolos del primordio foliar siguiente se encuentran separados. Las plantas sin restricción hídrica, tanto noduladas como no-noduladas se mantuvieron a capacidad de campo durante todo el ensayo hasta su cosecha.

Se utilizó la medición de conductancia estomática como metodología de fenotipado para monitorear el establecimiento de la condición de estrés. Además, se determinó diariamente el porcentaje de humedad del sustrato en cada unidad experimental. Una vez que cada planta alcanzó el estadio V3 se midió

diariamente la conductancia estomática en la cara abaxial de cada folíolo de la hoja V3 luego de 6 h de encendida la luz de la cámara de crecimiento utilizando un porómetro SC-1 (Decagon Device, Inc). El punto de final de la condición de estrés fue definido cuando cada planta alcanzó un valor de conductancia estomática en el entorno del 50% del valor registrado al inicio del establecimiento del déficit hídrico. Una vez alcanzado dicho valor de conductancia estomática, cada planta fue cosechada y sus raíces fueron congeladas en nitrógeno líquido y almacenadas a -80 °C hasta su uso.

Diseño Experimental

El experimento fue instalado bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), con cinco repeticiones por tratamiento. El tratamiento queda definido por la interacción entre los niveles de la condición hídrica (control y déficit hídrico) y los niveles del estado de nodulación (nodulada y no-nodulada), haciendo un total de 20 unidades experimentales.

Aislamiento de fracciones polisómicas y purificación de ARN

El aislamiento de las fracciones polisómicas se realizó a partir de las raíces sometidas a las condiciones experimentales antes planteadas



siguiendo la metodología descrita en Mustroph et al. (2009). A partir del tejido radicular almacenado a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo el extracto celular mediante una extracción en frío ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$) en un tampón con pH alcalino (para evitar que las vacuolas ácidas presentes disminuyan el pH del extracto generando las condiciones óptimas para la acción de RNAsas), con alta fuerza iónica (para prevenir la degradación de polisomas), detergentes (para permitir la liberación de polisomas unidos a membranas y citoesqueleto) e inhibidores de la elongación de la síntesis proteica (cicloheximida). Luego de filtrar y centrifugar se obtuvo un sobrenadante a partir del cual se reservó una alícuota para la purificación del ARN total (para análisis RNA-Seq) y el contenido restante se cargó en un colchón de sacarosa (dos capas, 33,5 y 12%) para purificar los polisomas. Para ello se utilizó una ultracentrífuga Beckman L-100K case S equipada con un rotor SW40 Ti y se realizó una corrida a 35.000 rpm durante 165 min a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. De esta forma, se obtuvo un pellet que corresponde a la fracción polisómica, es decir, los ribosomas y los ARNm asociados a ellos. A partir de esta muestra, se aisló el ARNm utilizando TRIzol, siguiendo el protocolo establecido por el fabricante. Debido a que es imprescindible diferenciar entre aquellos genes que están siendo regulados a nivel

traduccional de los que están siendo regulados a nivel transcripcional, se extrajo también el ARN total (a partir de la alícuota reservada para tal fin). Las bibliotecas de secuenciación (Illumina Truseq, paired-end, 2x101 bp), y posterior secuenciación masiva se llevaron a cabo en servicio externo (Macrogen, Seoul, Corea del Sur). Se analizaron tres muestras biológicas de cada condición experimental.

Procesamiento y análisis de las secuencias

Se realizó una inspección visual de calidad y determinación de presencia de adaptadores en las lecturas de RNA-Seq con *FastQC* (<https://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/>), seguido de una limpieza por calidad y eliminación de adaptadores y lecturas cortas con *Trimmomatic* (Bolger, Lohse, and Usadel 2014). Posteriormente, se procedió a la cuantificación de transcritos utilizando el programa *Salmon* (Patro et al. 2017). El mismo se utilizó mediante la modalidad de *cuasi-mapeo*, proveyéndole el transcriptoma de referencia de soja (V4.0, disponible en https://ftp.ncbi.nlm.nih.gov/genomes/all/GCF/000/004/515/GCF_000004515.6_Glycine_max_v4.0), usando alineamiento selectivo para mejorar la precisión del *cuasi-mapeo*, aplicando correcciones de sesgo de GC a nivel de fragmento y



proveyendo una lista de *decoys* para evitar potenciales *matches* contra regiones genómicas.

Análisis estadístico de expresión diferencial

A partir de los datos de conteos obtenidos con el programa *Salmon*, se procedió al análisis estadístico descriptivo y de expresión diferencial entre los distintos tratamientos establecidos.

Se utilizaron modelos lineales generalizados. Sobre los datos se realizó una transformación logarítmica regularizada utilizando el paquete *DESeq2*, (Love et al., 2014). Para la caracterización inicial de los datos, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) sobre los datos transformados utilizando el paquete *DESeq2*, con el objetivo de reducir las dimensiones de análisis y visualizar la agrupación de las muestras en función de los principales componentes. Se observaron qué genes contribuyeron en mayor medida a la generación de cada uno de los componentes principales y se agruparon dichos genes en función de su proceso biológico asociado.

En cuanto al análisis de expresión diferencial, se realizaron múltiples análisis. En primer lugar, se obtuvieron los genes diferencialmente expresados (DEGs) en la condición de E frente a la condición C

independientemente del estado de nodulación y de la fracción de ARN considerada. También se obtuvieron los DEGs en la condición N frente a la condición NN, independientemente de la condición hídrica. Un gen fue considerado DEG si el p-valor ajustado fue menor de 0.05 y si el valor absoluto de $\log_2 \text{fold change}$ fue mayor a 1. Se construyeron *vulcano plots* para visualizar estos resultados.

Las listas de DEGs obtenidas para las fracciones de ARN total (Tot) y de ARN asociado a polisomas (Pol) en las distintas condiciones mencionadas anteriormente (i.e. E vs C y N vs NN) se utilizaron en la construcción de diagramas de conjuntos, utilizando el paquete de R *VennDiagram* (Chen, 2021) para obtener el número de DEGs discriminados por fracción (i.e. Tot y Pol), y los compartidos por ambas fracciones.

Explorando un segundo nivel de complejidad de los datos, se realizó el análisis de expresión diferencial, contrastando los cuatro tratamientos aquí aplicados: nodulado estresado (NE) versus nodulado control (NC) y no-nodulado estresado (NNE) versus no-nodulado control (NNC) discriminando entre fracciones Tot y Pol. Nuevamente, las listas de DEGs fueron usadas para la construcción de diagramas de Venn, tanto

para DEGs up-regulados como para DEGs down-regulados. Un gen fue considerado up-regulado si el valor de $\log_2 \text{fold change}$ fue mayor a 1, y down-regulado si el valor fue menor a -1. Se mantuvo el criterio de definir un gen como DEG si su p-valor ajustado fue menor a 0.05. Se realizó la misma operación para los contrastes de NE versus NNE y NC versus NNC.

Dado que el objetivo de este trabajo es la identificación de genes de respuesta a estrés hídrico de control traduccional en plantas de soja noduladas, los análisis subsiguientes se enfocaron solo en DEGs identificados en la fracción Pol, al

contrastar las condiciones NE versus NC y NE versus NNE, es decir genes que estarían siendo regulados traduccionalmente en una planta estresada y nodulada frente a una planta nodulada control y frente a una planta no-nodulada estresada. Se determinó el enriquecimiento de términos de la Ontología de Genes (GOs) para los DEGs tanto up-regulados como down-regulados de dichos contrastes mencionados. La significancia estadística de cada término se obtuvo mediante el test exacto de Fisher y el algoritmo *weight01* utilizado para definir el peso de cada gen sobre el término GO dentro del árbol de términos. Dichos

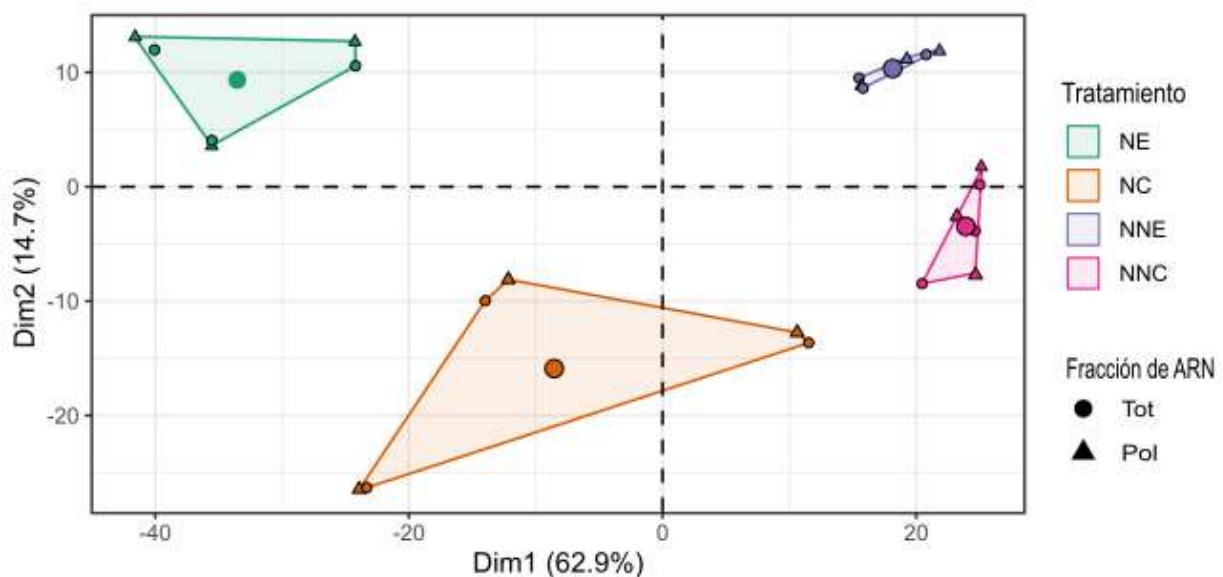


Figura 1 Análisis de Componentes Principales (PCA) para conteos de genes con transformación logarítmica regularizada (rlog). **Dim1** y **Dim2** corresponden a los primeros dos componentes principales del PCA. **NE**: tratamiento plantas noduladas-estresadas; **NC**: tratamiento plantas noduladas-control; **NNE**: tratamiento plantas no-noduladas-estresadas; **NNC**: tratamiento plantas no-noduladas-control. Puntos de mayor tamaño en el centro de cada polígono corresponden a centroides, calculados por distancia euclídeana, de la dispersión de datos de cada tratamiento. **Tot**: fracción de ARN total. **Pol**: fracción de ARN asociado a polisomas.

análisis se realizaron utilizando el paquete de R *topGO* (Alexa & Rahnenfuhrer, 2021).

Resultados

Utilizando el criterio de varianza acumulada explicada (Varmuza and Filzmoser 2009), es decir tantos componentes principales (PCs) como sea necesario para explicar al menos un 70%

segundo componente principal (PC2) explicó el 14.7% (**Figura 1**). Por tanto, la suma de los dos PCs fue de 77.6% (Figura 1).

Los tratamientos combinados que involucran la condición de nodulación (NE y NC) presentaron mayor dispersión entre las muestras (**Figura 1**) con respecto a los que no involucran la condición de nodulación (NNE y NNC). Los cuatros

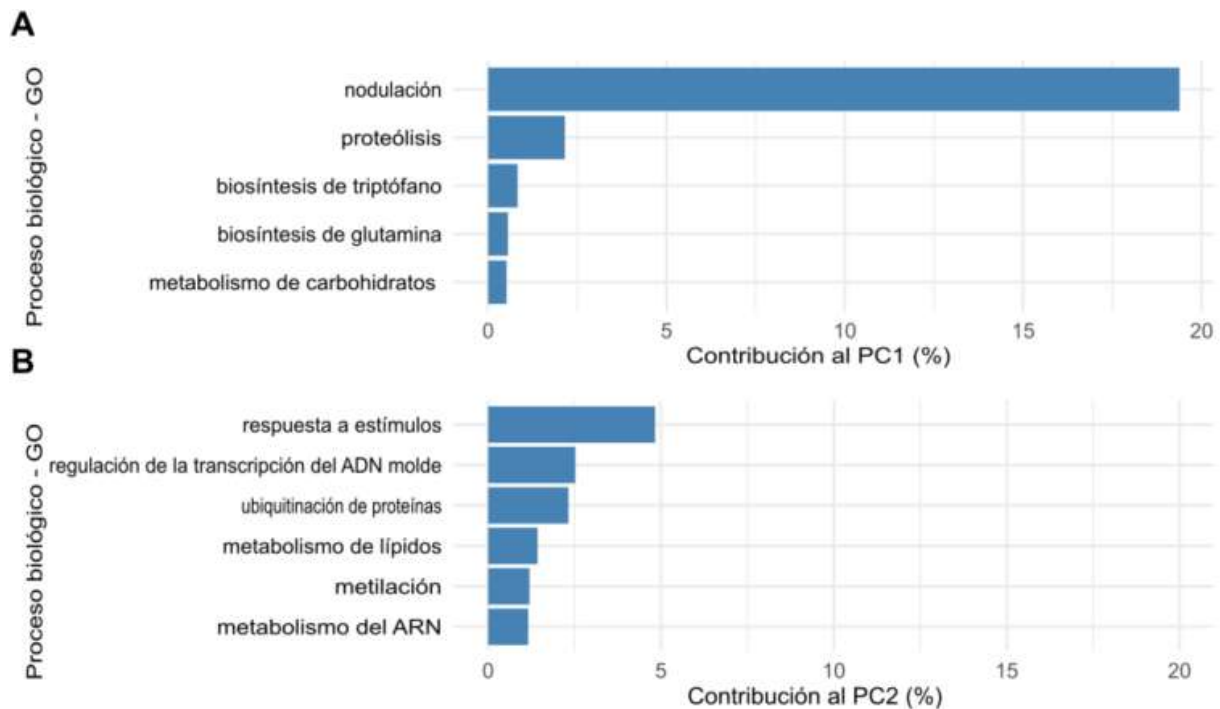


Figura 2 Contribución de genes agrupados por proceso biológico (término GO) en la generación de los componentes principales del PCA de la Figura 1. **A.** Contribución a la generación del primer componente principal (**PC1**). **B.** Contribución a la generación del segundo componente principal (**PC2**). **GO:** Gene Ontology.

de la varianza total y teniendo por objeto mantener el menor número de PCs posibles, se seleccionaron dos PCS. El primer componente principal (PC1) explicó el 62.9% de la varianza, mientras que el

tratamientos (NE, NC, NNE y NNC) quedaron separados en el plano. Esto queda evidenciado en la **Figura 1**, donde las muestras quedan agrupadas por tratamiento y cada grupo queda separado

uno de otro, ubicándose en diferentes cuadrantes del plano. El proceso biológico que contribuyó mayoritariamente a la generación del PC1 fue el de nodulación, aportando casi 20% en la explicación de la

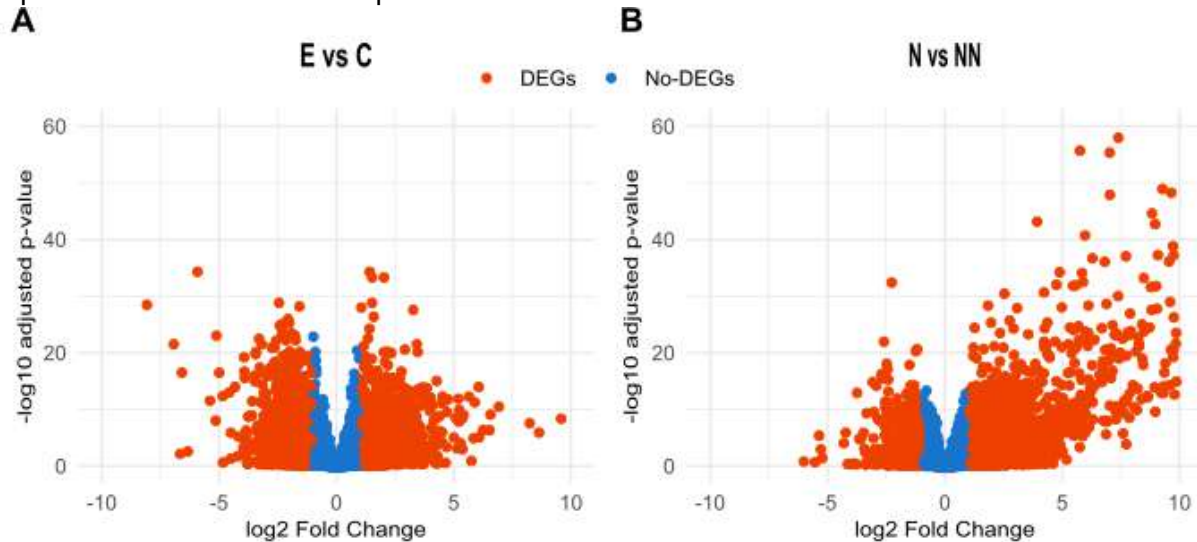


Figura 3 Vulcano plot de genes diferencialmente expresados (DEGs) (naranja) y no DEGs (azul) representados como el $-\log_{10}$ del p-valor ajustado en función del \log_2 del fold change. Para que un gen sea determinado como DEG, se tomaron valores de corte de 0.05 y de 1 (absoluto) del p-valor ajustado y del \log_2 fold change respectivamente. **A.** DEGs para el contraste general de estrés (**E**) versus control (**C**) independientemente del tratamiento de nodulación. **B.** DEGs para el contraste general de nodulación (**N**) versus no-nodulación (**NN**) independientemente del tratamiento hídrico. DEGs con valores positivos de \log_2 fold change representan genes up-regulados, mientras que DEGs con valores negativos de \log_2 fold change representan genes down-regulados.

varianza de dicho componente (**Figura 2A**). De esta manera, la nodulación separó claramente, en términos de número de transcritos, las muestras comprendidas a condiciones de nodulación de aquellas no-noduladas (**Figura 1**). Por otro lado, el proceso biológico de respuesta a estímulos fue el proceso que aportó mayor porcentaje (casi 5%) a la generación del PC2 (**Figura 2B**). El PC2 provocó la discriminación de muestras entre aquellas correspondientes a la condición de estrés de las

correspondientes al control sin restricción hídrica (**Figura 1**), es decir las muestras se diferenciaron en respuesta a un estímulo externo, en este caso el déficit hídrico.

Las restantes contribuciones necesarias para alcanzar el 100% de la generación de los componentes principales no fueron consideradas debido a ser ínfimas en comparación con las de los procesos observados en la **Figura 2**.

En la **Figura 3** se visualizan DEGs y genes no-DEGs para el contraste E versus C (**Figura 3A**) y para el contraste N versus NN (**Figura 3B**) considerando en ambos casos tanto la fracción de ARN Tot como la fracción Pol. En la condición E se

observó mayor cantidad de DEGs que de no-DEGs frente a una condición C. A su vez, dentro de los DEGs se observó similar cantidad de genes up-regulados como de genes down-regulados (**Figura 3A**). Asimismo, la condición N presentó mayor DEGs que no-DEGs en comparación con la condición NN (**Figura 3B**). Se observó mayor cantidad de genes up-regulados que genes down-regulados para la condición N frente a la condición NN (**Figura 3B**).

Cuando se observó la cantidad de genes DEGs en las fracciones Pol y Tot de una condición E frente a una C se encontró

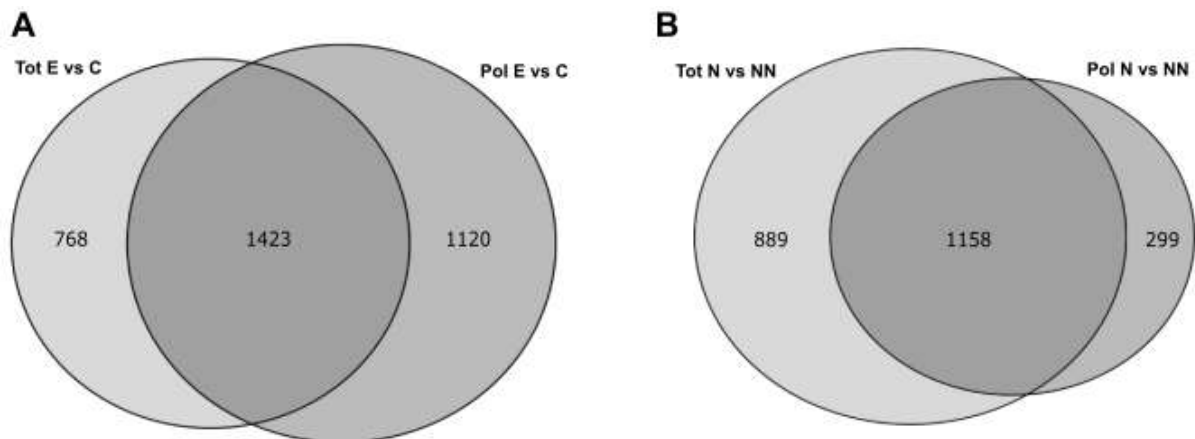


Figura 4. Diagramas de Venn mostrando el número de DEGs correspondientes a las fracciones ARN total (Tot) y ARN asociado a polisomas (Pol), y los DEGs compartidos en ambas fracciones (intersección de círculos). **A.** Comparación para el contraste general de estrés (E) versus control (C). **B.** Comparación para el contraste general de nodulación (N) versus no-nodulación (NN).

que 1120 fueron DEGs únicamente en la fracción Pol, 768 en la fracción Tot y 1423 en ambas fracciones (**Figura 4A**). Por otro lado, comparando la condición N versus NN en ambas fracciones, Tot y Pol, se observó que 299 genes fueron DEGs

únicamente en la fracción Pol, 889 lo fueron en la fracción Tot, y 1158 lo fueron en ambas fracciones (**Figura 4B**).

En la **Figura 5** se observa la cantidad de genes DEGs up-regulados y down-regulados (**Figuras 5A** y **5B**, respectivamente), exclusivos de la fracción Tot y exclusivos de la fracción Pol observando el efecto del estrés en una planta nodulada (NE vs NC) y el efecto del estrés en una planta no-nodulada (NNE vs NNC). A su vez, se observa la cantidad de DEGs (up o down-regulados) comunes entre ambas fracciones y contrastes,

visualizada en la intersección de conjuntos. Del total de genes up-regulados en el tratamiento NE, 419 se encontraron únicamente en la fracción Pol del contraste NE versus NC. Por otro lado, 204 genes fueron down-regulados exclusivamente en

la fracción Pol de NE frente a NC (**Figura 5B**).

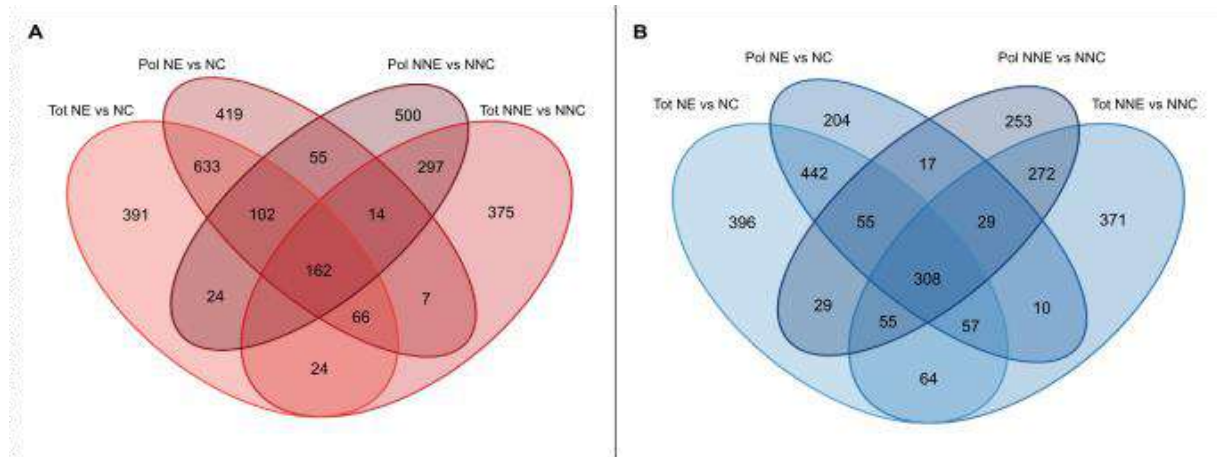


Figura 5 Diagramas de Venn comparando DEGs encontrados para las fracciones de ARN total (**Tot**) y de ARN polisómico (**Pol**) en los contrastes ilustrados. **NE** Nodulado Estresado. **NC** Nodulado Control. **NNE** No-Nodulado Estresado. **NNC** No-Nodulado Control. Intersecciones entre conjuntos representan la cantidad de DEGs comunes a los contrastes intersectados. **A** DEGs up-regulados. **B** DEGs down-regulados.

Cuando se analizó el enriquecimiento de términos GO para los DEGs up y down-regulados en la fracción Pol en el contraste que evidencia el efecto del déficit hídrico en un contexto de nodulación (NE vs NC) (**Figura 6**), se observó que en el caso de up-regulados (**Figura 6A**) el proceso biológico con más enriquecimiento fue el de traducción con más de 60 conteos, seguido por el de transporte de iones con 20 conteos. También se encuentran up-regulados procesos como el de respuesta a sacarosa, ubiquitinación de proteína, homeostasis redox de la célula, transporte de proteínas transmembranas, entre otros. En el caso de genes DEGs down-regulados (**Figura**

6B), los procesos de fosforilación de proteínas, respuesta a defensa y respuesta a otro organismo fueron los procesos con mayores conteos, presentando alrededor de 30 conteos cada uno. Otros procesos como el de modificación de la tirosina, transporte de aminoácidos, señalización mediada por receptores de superficie celular y respuesta de defensa a hongos, presentaron un importante número de conteos, en comparación con los restantes procesos ilustrados, cerca de 10 conteos. En ambos análisis GO (up y down-regulados), se eligieron los primeros 15 términos GO más significativos según un p-valor de Fisher menor a 0.05.

Por otro lado, se analizó la cantidad de genes que fueron up y down-regulados

en las fracciones Tot y Pol para los contrastes NE versus NNE y NC versus NNC (**Figura 7**). Se puede observar que 76 genes fueron up-regulados exclusivamente en la fracción Pol del contraste NE versus NNE (**Figura 7A**). Asimismo, se encontró que la misma fracción Pol (NE vs NNE) presentó 100 genes down-regulados (**Figura 7B**).

Al analizarse el enriquecimiento de términos GO para los genes DEGs up y down-regulados en las fracciones Pol de la respuesta de la planta al estrés en contextos de nodulación diferente (NE vs NNE), se observó que los procesos con más enriquecimiento en los genes DEGs up-regulados fueron el sistema de transducción de señal mediante

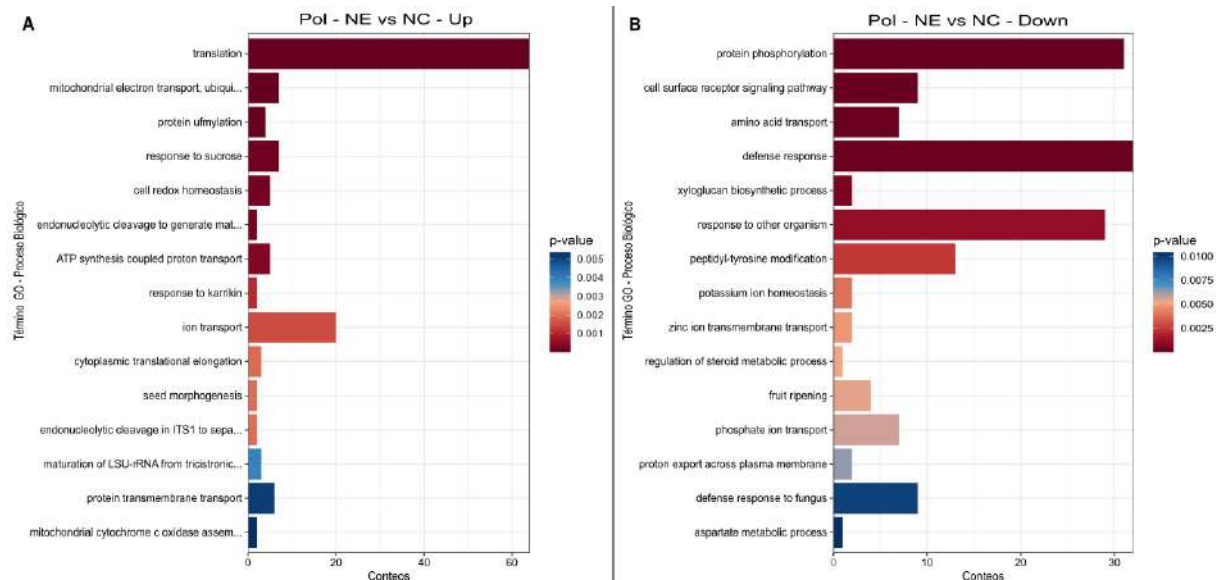


Figura 6 Análisis de enriquecimiento por término GO (Gene Ontology) (rama proceso biológico) asociados a los DEGs de la fracción de ARN asociado a polisoms (**Pol**) para el contraste nodulado estresado (**NE**) versus nodulado control (**NC**). Se presenta el conteo de genes para cada término y el p-valor asociado al término obtenido por algoritmo weight01 y test exacto de Fisher. Se muestra el análisis para los DEGs up-regulados y down-regulados, **A** y **B** respectivamente.

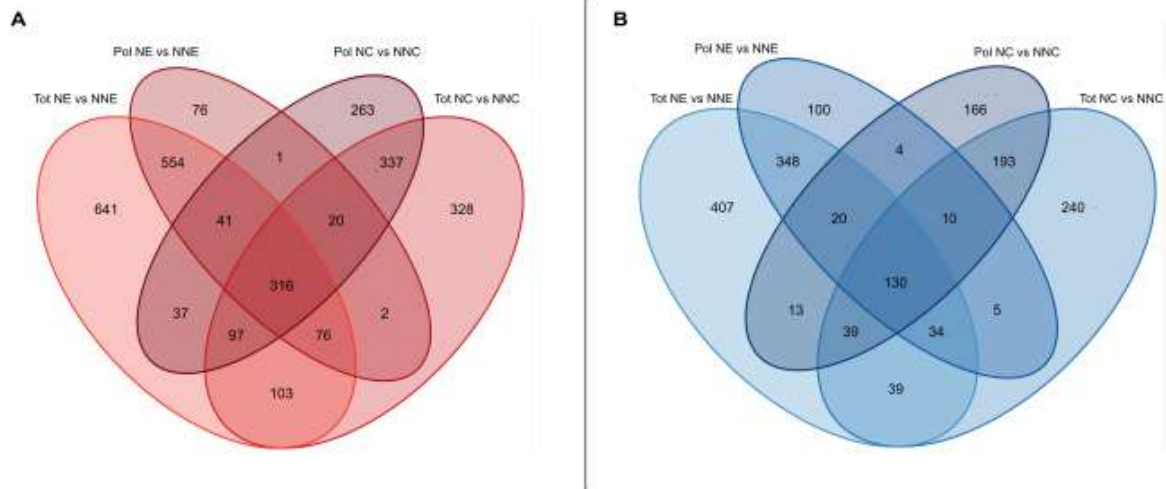


Figura 7 Diagramas de Venn comparando DEGs encontrados para las fracciones de ARN total (**Tot**) y de ARN asociado a polisomas (**Pol**) en los contrastes ilustrados. **NE: tratamiento plantas** Noduladas Estresadas **NNE: tratamiento planta** No-Noduladas Estresadas; **NC: tratamiento plantas** Noduladas Control; **NNC: tratamiento plantas** No-Noduladas Control. Intersecciones entre conjuntos representan la cantidad de DEGs comunes a los contrastes intersectados. **A.** DEGs up-regulados. **B.** DEGs down-regulados.

fosforilación y la señalización activada por citoquinina con cuatro conteos cada uno (**Figura 8A**). El proceso de biosíntesis de IMP *de novo* presentó tres conteos. Otros procesos como el de reparación de nucleótidos acoplada a transcripción y el de

transporte de hierro de xilema a floema presentaron un conteo. Por otro lado, el proceso biológico con mayor enriquecimiento en los genes DEGs down-regulado fue el de metabolismo de carbohidratos con más de 20 conteos

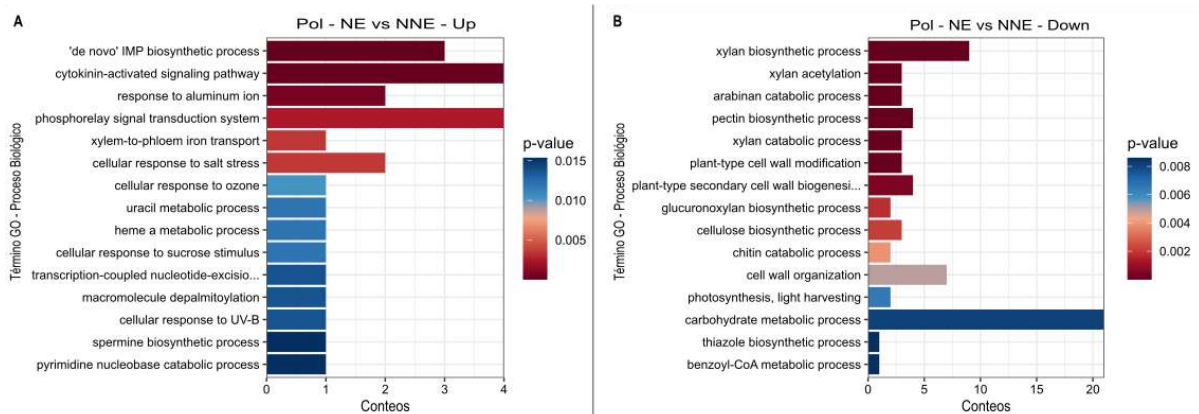


Figura 8 Análisis de enriquecimiento por término GO (Gene Ontology) asociados a los DEGs de la fracción de ARN asociado a polisomas (**Pol**) para el contraste nodulado estresado (**NE**) versus no-nodulado estresado (**NNE**). Se presenta conteo de genes para cada término y el p-valor asociado al término obtenido por algoritmo *weight01* y test exacto de Fisher. Se muestra el análisis para los DEGs up-regulados y down-regulados, **A** y **B**, respectivamente.

(Figura 8B). Le siguen los procesos de biosíntesis xilano y de organización de pared celular presentando alrededor de siete conteos. Otros varios procesos vinculados a la pared celular se encuentran down-regulados, por ejemplo, modificación de pared celular y biosíntesis de celulosa (Figura 8B).

Todos los procesos biológicos mencionados se corresponden con procesos que contribuyeron en mayor medida a la construcción del PCA (Figura 2).

Discusión

Las plantas de soja sometidas a los cuatro tratamientos combinados presentaron un número diferencial de transcritos. El análisis descriptivo inicial de los resultados evidenció que los cuatro tratamientos se separan en el espacio delimitado por los dos primeros componentes principales (Figura 1). Esto, sumado a que las réplicas correspondientes a cada tratamiento agruparon consistentemente entre sí, nos da una idea de la robustez de los datos generados. A su vez, los genes que contribuyeron en mayor medida a la separación de tratamientos fueron aquellos vinculados a la generación del PC1, en particular los asociados al proceso de

nodulación (Figura 2A). Esto cobra sentido pues la nodulación es un proceso que provoca la activación de genes (denominados nodulinas) que normalmente (sin involucrar la condición de nodulación) la planta tendría reprimidos. Esto también se observa en la Figura 3B donde la cantidad de DEGs up-regulados es sustancialmente mayor que los down-regulados en N vs NN, es decir que la nodulación está provocando en mayor medida la sobreexpresión de genes. Dentro de estos genes se destacan los de nodulina-(16, 20 y 24) y los de leghemoglobina-C(1, 2 y 3).

A diferencia del contraste N vs NN, la cantidad de genes up y down-regulados fue similar cuando se contrastó el tratamiento estrés frente al control (i.e. sin restricción hídrica) (Figura 3A). Esto indica que la condición de estrés hídrico modula la expresión de genes en igualdad de cantidades de DEGs up y down-regulados. Le et al. (2012) también encontraron similares cantidades de genes up-regulados (1458) que down-regulados (1582) en plantas de soja sometidas a estrés hídrico.

Cuando se observó la cantidad de genes DEGs que estarían siendo regulados a nivel transcripcional (fracción Tot), a nivel traduccional (fracción Pol) y tanto a nivel transcripcional como



traduccional observando el efecto del estrés por un lado y el de la nodulación por otro (**Figuras 4A y 4B**), se tuvo que la mayor parte están siendo regulados tanto a nivel transcripcional como traduccional en ambos casos (intersección). Sin embargo, la regulación traduccional se vio pronunciada en una planta estresada (**Figura 4A**), mientras que en una planta nodulada lo hizo la regulación a nivel transcripcional (**Figura 4B**).

Se prosiguió analizando la regulación a nivel traduccional (Pol) del efecto del E en contexto de nodulación (NE vs NC) y la respuesta de la planta al E en un contexto de nodulación diferente (NE vs NNE). Se realizó un análisis de enriquecimiento de términos GO de los genes DEGs up y down-regulados para cada contraste. Como se mencionó previamente, el efecto del E en contexto de nodulación (**Figuras 5 y 6**) presentó enriquecimiento de los procesos de traducción, transporte de iones, respuesta a sacarosa, ubiquitinación de proteínas, entre otros (**Figura 6A**). Es decir que cuando una planta nodulada se enfrentó a condiciones de déficit hídrico, dichos procesos estarían siendo modulados por genes sobreexpresados a nivel traduccional. Zhou et al. (2009) encontraron, en *Arabidopsis*, que la sobreexpresión de genes de soja vinculados

a la ubiquitinación, modularían la respuesta a estrés mediante involucramiento en la homeostasis de iones, potenciando la tolerancia al estrés. En condiciones de estrés hídrico la planta acumula sacarosa en sus tejidos y disminuye la degradación de la misma (Fellows et al., 1987; González et al., 1995; Deng et al., 2021). A su vez, Du et al. (2020) sugieren que estrategias de regulación del metabolismo de la sacarosa contribuirían en la resistencia al estrés hídrico. Dichos autores encontraron que en condiciones de estrés los niveles de expresión de varios genes vinculados al metabolismo de la sacarosa se vieron sobreexpresados. Esto va acorde con los resultados encontrados en este trabajo.

Por otro lado, cuando se comparó la regulación a nivel de traducción en la respuesta de una planta al E en contexto de nodulación diferentes (NE vs NNE) (**Figuras 7 y 8**), se observó que NE tuvo una sobreexpresión de genes asociados a los procesos de señalización mediada por citoquininas, transducción de señales, metabolismo del grupo hemo, respuesta a estrés, transporte de hierro desde xilema a floema, entre otros (**Figura 8A**). Las citoquininas funcionan como moléculas mediadoras en la respuesta al estrés hídrico. Le et al. (2012) encontraron que esta modulación se da por una reducción del contenido de citoquininas en raíces de



soja expuestas a estrés, el cual se debe a una sobreexpresión de genes asociados a la señalización de citoquininas. Por otro lado, Balestrasse et al. (2013) observaron que plantas de soja sometidas a diferentes tipos de estrés modularon las vías de transducción de señales vinculadas al metabolismo del grupo hemo, particularmente a la liberación de hierro y monóxido de carbono. Sin embargo, dichos autores estudiaron el efecto del estrés en plantas no-noduladas, obviando la condición de nodulación. Por lo tanto, la nodulación está provocando una sobreexpresión aún mayor de los procesos vinculados a la señalización de citoquininas y al transporte de hierro cuando las plantas son sometidas a déficit hídrico, que se hipotetiza le conferirían una mejor respuesta a E en comparación con plantas NNE. Por su parte, el metabolismo de carbohidratos y procesos asociados al mantenimiento de la pared celular fueron procesos asociados con subregulación de genes a nivel traduccional (**Figura 8B**). Esto va de acuerdo con lo encontrado por Marinho et al. (2019) quienes observan que el estrés hídrico altera el metabolismo de carbohidratos mediante la acción de factores de transcripción. De esta manera, el efecto del E en una planta nodulada es diferente al de una planta no-nodulada. Una planta nodulada aumenta la

subregulación de genes asociados al metabolismo de carbohidratos cuando es sometida a déficit hídrico en comparación con una planta no-nodulada sometida a déficit. En este sentido se encontraron genes que codifican para proteínas de tipo tiorredoxina (relacionadas al metabolismo antioxidante), proteínas de transporte de azúcares y para enzimas que participan en el mantenimiento de la pared celular.

Conclusiones

- Las plantas de soja responden diferencialmente a la combinación de la condición de nodulación y la condición hídrica.
- El déficit hídrico y la nodulación provocan cambios en la regulación de la expresión génica a nivel transcripcional y traduccional.
- La nodulación provoca mayor cantidad de genes sobreexpresados que subregulados.
- Se identificaron genes asociados al efecto del déficit hídrico en plantas noduladas.
- Se identificaron genes asociados a la respuesta de plantas al déficit hídrico en contextos de nodulación diferente, plantas noduladas y plantas no-noduladas.

Financiamiento



El presente trabajo fue llevado adelante en el marco de un proyecto homónimo financiado por Grupo Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC I+D 2020 – No. 282). Además, se contó con financiación de alícuotas PEDECIBA.

Agradecimiento

A la Comisión Académica de Posgrado (CAP) por brindarle al autor una beca de apoyo a docentes para estudios de posgrado y así facilitar la realización de sus investigaciones.

Bibliografía

- Abdel-Haleem, Hussein, Geung Joo Lee, and Roger H. Boerma. 2010. “Identification of QTL for Increased Fibrous Roots in Soybean.” *Theoretical and Applied Genetics* 2010 122:5 122(5):935–46. doi: 10.1007/S00122-010-1500-9.
- Alexa, Adrian, and Jorg Rahnenfuhrer. 2021. “TopGO: Enrichment Analysis for Gene Ontology.”
- Andy King, C., Larry C. Purcell, Alejandro Bolton, and James E. Specht. 2014. “A Possible Relationship Between Shoot N Concentration and the Sensitivity of N₂ Fixation to Drought in Soybean.” *Crop Science* 54(2):746–56. doi: 10.2135/CROPSCI2013.04.0271.
- Balestrasse, K. B., C. G. Zilli, and M. L. Tomaro. 2013. “Redox Report Communications in Free Radical Research Signal Transduction Pathways and Haem Oxygenase Induction in Soybean Leaves Subjected to Salt Stress Signal Transduction Pathways and Haem Oxygenase Induction in Soybean Leaves Subjected to Salt Stress.” doi: 10.1179/135100008X308966.
- Bolger, Anthony M., Marc Lohse, and Bjoern Usadel. 2014. “Trimmomatic: A Flexible Trimmer for Illumina Sequence Data.” *Bioinformatics* 30(15):2114–20. doi: 10.1093/BIOINFORMATICS/BTU170.
- Broughton, W. J., and M. J. Dilworth. 1971. “Control of Leghaemoglobin Synthesis in Snake Beans.” *Biochemical Journal* 125(4). doi: 10.1042/bj1251075.
- Brown, Patrick O., and David Botstein. 1999. “Exploring the New World of the Genome with DNA Microarrays.” *Nature Genetics* 1999 21:1 21(1):33–37. doi: 10.1038/4462.
- Chen, Hanbo. 2021. “VennDiagram: Generate High-Resolution Venn and Euler Plots.”
- Clement, Mathilde, Annie Lambert, Didier Herouart, and Eric Boncompagni. 2008. “Identification of New Up-Regulated Genes under Drought Stress in Soybean Nodules.” *Gene* 426(1–2):15–22. doi: 10.1016/J.GENE.2008.08.016.
- Coate, Jeremy E., Haim Bar, and Jeff J. Doyle. 2014. “Extensive Translational Regulation of Gene Expression in an Allopolyploid (*Glycine Dolichocarpa*.)” *The Plant Cell* 26(1):136–50. doi: 10.1105/TPC.113.119966.
- Deng, Lulu, Shaopeng Zhao, Guoling Yang, Shengnan Zhu, Jiang Tian, and Xiurong Wang. 2021. “Soybean GmSUT1 Transporter Participates in Sucrose Transport to Nodules during Rhizobial Symbiosis.” *Plant Growth Regulation* 2021 96:1 96(1):119–29. doi: 10.1007/S10725-021-00764-Y.
- Denyer, Tom, Xiaoli Ma, Simon Klesen, Emanuele Scacchi, Kay Nieselt, and Marja C. P. Timmermans. 2019. “Spatiotemporal Developmental Trajectories in the Arabidopsis Root Revealed Using High-Throughput Single-Cell RNA Sequencing.” *Developmental Cell* 48(6):840-852.e5. doi: 10.1016/J.DEVCEL.2019.02.022.
- DIEA. 2021. “DIEA Presenta Los Resultados de La Encuesta Agrícola ‘Invierno 2021.’” Retrieved May 26, 2022 (<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/diea-presenta-resultados-encuesta-agricola-invierno-2021>).
- Du, Yanli, Qiang Zhao, Liru Chen, Xingdong Yao, Huijun Zhang, Junjiang Wu, and Futi Xie. 2020. “Effect of Drought Stress during Soybean R₂–R₆ Growth Stages on Sucrose Metabolism in



- Leaf and Seed.” *International Journal of Molecular Sciences* 2020, Vol. 21, Page 618 21(2):618. doi: 10.3390/IJMS21020618.
- Escuredo, Pedro R., Frank R. Minchin, Yolanda Gogorcena, Iñaki Iturbe-Ormaetxe, Robert v. Klucas, and Manuel Becana. 1996. “Involvement of Activated Oxygen in Nitrate-Induced Senescence of Pea Root Nodules.” *Plant Physiology* 110(4):1187–95. doi: 10.1104/PP.110.4.1187.
- Fehr, Walter R., and Charles E. Caviness. 1977. *Stages of Soybean Development*.
- Fellows, Robert J., Robert P. Patterson, C. David Raper, and Dorothy Harris. 1987. *Nodule Activity and Allocation of Photosynthate of Soybean during Recovery from Water Stress*. Vol. 84.
- Gálvez, Loli, Esther M. González, and Cesar Arrese-Igor. 2005. “Evidence for Carbon Flux Shortage and Strong Carbon/Nitrogen Interactions in Pea Nodules at Early Stages of Water Stress.” *Journal of Experimental Botany* 56(419):2551–61. doi: 10.1093/JXB/ERI249.
- Gogorcena, Yolanda, Anthony J. Gordon, Pedro R. Escuredo, Frank R. Minchin, John F. Witty, Jose F. Moran, and Manuel Becana. 1997. “N₂ Fixation, Carbon Metabolism, and Oxidative Damage in Nodules of Dark-Stressed Common Bean Plants.” *Plant Physiology* 113(4):1193–1201. doi: 10.1104/PP.113.4.1193.
- Gong, Pengjuan, Junhong Zhang, Hanxia Li, Changxian Yang, Chanjuan Zhang, Xiaohui Zhang, Ziaf Khurram, Yuyang Zhang, Taotao Wang, Zhangjun Fei, and Zhibiao Ye. 2010. “Transcriptional Profiles of Drought-Responsive Genes in Modulating Transcription Signal Transduction, and Biochemical Pathways in Tomato.” *Journal of Experimental Botany* 61(13):3563–75. doi: 10.1093/JXB/ERQ167.
- González, E. M., A. J. Gordon, C. L. James, and C. Arrese-Igor. 1995. “The Role of Sucrose Synthase in the Response of Soybean Nodules to Drought.” *Journal of Experimental Botany* 46(10):1515–23. doi: 10.1093/JXB/46.10.1515.
- van Heerden, P. D. R., M. de Beer, D. J. Mellet, H. S. Maphike, and W. Foit. 2007. “Growth Media Effects on Shoot Physiology, Nodule Numbers and Symbiotic Nitrogen Fixation in Soybean.” *South African Journal of Botany* 73(4):600–605. doi: 10.1016/J.SAJB.2007.05.009.
- Ingolia, Nicholas T. 2014. “Ribosome Profiling: New Views of Translation, from Single Codons to Genome Scale.” *Nature Reviews Genetics* 2014 15:3 15(3):205–13. doi: 10.1038/nrg3645.
- Jaborova, Dilfuza, Annapurna Kannepalli, Kakhramon Davranov, Abduljalil Narimanov, Yuriy Enakiev, Asad Syed, Abdallah M. Elgorban, Ali H. Bahkali, Stephan Wirth, R. Z. Sayyed, and Abdul Gafur. 2021. “Co-Inoculation of Rhizobacteria Promotes Growth, Yield, and Nutrient Contents in Soybean and Improves Soil Enzymes and Nutrients under Drought Conditions.” *Scientific Reports* . doi: 10.1038/s41598-021-01337-9.
- Kawaguchi, Riki, Thomas Girke, Elizabeth A. Bray, and Julia Bailey-Serres. 2004. “Differential MRNA Translation Contributes to Gene Regulation under Non-Stress and Dehydration Stress Conditions in Arabidopsis Thaliana.” *The Plant Journal* 38(5):823–39. doi: 10.1111/J.1365-313X.2004.02090.X.
- Krishnamurthy, Aparna, Robert J. Ferl, and Anna Lisa Paul. 2018. “Comparing RNA-Seq and Microarray Gene Expression Data in Two Zones of the Arabidopsis Root Apex Relevant to Spaceflight.” *Applications in Plant Sciences* 6(11):e01197. doi: 10.1002/APS3.1197.
- Le, D T, R. Nishiyama, Y. Watanabe, R. Vankova, and M. Tanaka. 2012. “Identification and Expression Analysis of Cytokinin Metabolic Genes in Soybean under Normal and Drought Conditions in Relation to Cytokinin Levels.” *PLoS ONE* 7(8):42411. doi: 10.1371/journal.pone.0042411.
- Le, Dung Tien, Rie Nishiyama, Yasuko Watanabe, Maho Tanaka, Motoaki Seki, Le Huy Ham, Kazuko Yamaguchi-Shinozaki, Kazuo Shinozaki, and Lam Son Phan Tran. 2012. “Differential Gene Expression in Soybean Leaf Tissues at Late Developmental Stages under Drought Stress Revealed by Genome-Wide Transcriptome Analysis.” *PLOS ONE* 7(11):e49522. doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0049522.
- Love, Michael I., Wolfgang Huber, and Simon Anders. 2014. “Moderated Estimation of Fold



- Change and Dispersion for RNA-Seq Data with DESeq2.” *Genome Biology* 15(12):1–21. doi: 10.1186/S13059-014-0550-8/FIGURES/9.
- Marinho, Juliane Prael, Isabel Duarte Coutinho, Rafael da Fonseca Lameiro, Silvana Regina Rockenbach Marin, Luiz Alberto Colnago, Kazuo Nakashima, Kazuko Yamaguchi-Shinozaki, Alexandre Lima Nepomuceno, and Liliane Marcia Mertz-Henning. 2019. “Metabolic Alterations in Conventional and Genetically Modified Soybean Plants with GmDREB2A;2 FL and GmDREB2A;2 CA Transcription Factors during Water Deficit.” *Plant Physiology and Biochemistry* 140:122–35. doi: 10.1016/J.PLAPHY.2019.04.040.
- Matamoros, Manuel A., Lisa M. Baird, Pedro R. Escuredo, David A. Dalton, Frank R. Minchin, Iñaki Iturbe-Ormaetxe, Maria C. Rubio, Jose F. Moran, Anthony J. Gordon, and Manuel Becana. 1999. “Stress-Induced Legume Root Nodule Senescence. Physiological, Biochemical, and Structural Alterations.” *Plant Physiology* 121(1):97–112. doi: 10.1104/PP.121.1.97.
- Mustroph, Angelika, Piyada Juntawong, and Julia Bailey-Serres. 2009. “Isolation of Plant Polysomal mRNA by Differential Centrifugation and Ribosome Immunopurification Methods.” *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)* 553:109–26. doi: 10.1007/978-1-60327-563-7_6/COVER/.
- Patro, Rob, Geet Duggal, Michael I. Love, Rafael A. Irizarry, and Carl Kingsford. 2017. “Salmon Provides Fast and Bias-Aware Quantification of Transcript Expression.” *Nature Methods* 14(4):417–19. doi: 10.1038/nmeth.4197.
- Reynoso, Mauricio Alberto, Flavio Antonio Blanco, Julia Bailey-Serres, Martín Crespi, and María Eugenia Zanetti. 2013. “Selective Recruitment of mRNAs and miRNAs to Polyribosomes in Response to Rhizobia Infection in *Medicago truncatula*.” *The Plant Journal* 73(2):289–301. doi: 10.1111/TPJ.12033.
- Shulse, Christine N., Benjamin J. Cole, Doina Ciobanu, Junyan Lin, Yuko Yoshinaga, Mona Gouran, Gina M. Turco, Yiwen Zhu, Ronan C. O’Malley, Siobhan M. Brady, and Diane E. Dickel. 2019. “High-Throughput Single-Cell Transcriptome Profiling of Plant Cell Types.” *Cell Reports* 27(7):2241–2247.e4. doi: 10.1016/J.CELREP.2019.04.054.
- Sobko, Olena, Andreas Stahl, Volker Hahn, Sabine Zikeli, Wilhelm Claupein, and Sabine Gruber. 2020. “Environmental Effects on Soybean (*Glycine Max* (L.) Merr) Production in Central and South Germany.” *Agronomy* 10(12):1847. doi: 10.3390/agronomy10121847.
- Tebaldi, Toma, Angela Re, Gabriella Viero, Ilaria Pegoretti, Andrea Passerini, Enrico Blanzieri, and Alessandro Quattrone. 2012. “Widespread Uncoupling between Transcriptome and Translatome Variations after a Stimulus in Mammalian Cells.” *BMC Genomics* 13(1):1–15. doi: 10.1186/1471-2164-13-220/FIGURES/4.
- Traubenik, Soledad, Mauricio Alberto Reynoso, Karen Hobecker, Marcos Lancia, Maureen Hummel, Benjamin Rosen, Christopher Town, Julia Bailey-Serres, Flavio Blanco, and María Eugenia Zanetti. 2020. “Reprogramming of Root Cells during Nitrogen-Fixing Symbiosis Involves Dynamic Polysome Association of Coding and Noncoding RNAs.” *The Plant Cell* 32(2):352–73. doi: 10.1105/TPC.19.00647.
- Varmuza, Kurt, and Peter Filzmoser. 2009. *Introduction to Multivariate Statistical Analysis in Chemometrics*. edited by L. Taylor & Francis Group.
- Wang, Tong, Yizhi Cui, Jingjie Jin, Jiahui Guo, Guibin Wang, Xingfeng Yin, Qing Yu He, and Gong Zhang. 2013. “Translating mRNAs Strongly Correlate to Proteins in a Multivariate Manner and Their Translation Ratios Are Phenotype Specific.” *Nucleic Acids Research* 41(9):4743–54. doi: 10.1093/NAR/GKT178.
- Zhou, Guo-An, Ru-Zhen Chang, • Li, and -Juan Qiu. 2009. “Overexpression of Soybean Ubiquitin-Conjugating Enzyme Gene GmUBC2 Confers Enhanced Drought and Salt Tolerance through Modulating Abiotic Stress-Responsive Gene Expression in *Arabidopsis*.” doi: 10.1007/s11103-009-9575-x.
- Zhu, Jian Kang. 2002. “Salt and Drought Stress Signal Transduction in Plants.” *Annual Review of Plant Biology* 53:247. doi: 10.1146/ANNUREV.ARPLANT.53.091401.143329.

Diversidad genética y evolución del ají locoto (*Capsicum pubescens*) desde una perspectiva genómica: implicancias para su aprovechamiento y conservación



D. 34. Agroalimentos

Diversidad genética y evolución del ají locoto (*Capsicum pubescens*) desde una perspectiva genómica: implicancias para su aprovechamiento y conservación

Autor: Palombo, Nahuel Ezequiel, npalombo@imbiv.unc.edu.ar

Co-autores: Scaldaferro, Marisel, mariselscaldaferro@gmail.com; Schneeweiss, Hanna, hanna.schneeweiss@univie.ac.at; Seculin Glur, Julieta, jseculinglur@imbiv.unc.edu.ar

Profesora guía: Carrizo García, Carolina, ccarrizo@imbiv.unc.edu.ar

Universidad Nacional de Córdoba (UNC)

Resumen

Objetivos

El locoto (*Capsicum pubescens*) es cultivado en tierras medias-altas desde el NO de Argentina hasta México. Su evolución y variabilidad genética han sido poco estudiadas. El proyecto se propone: (1) dilucidar las afinidades entre *C. pubescens* y sus parientes silvestres/ancestros putativos (*C. eximium*, *C. eshbaughii* y *C. cardenasii*), (2) evaluar el grado de compatibilidad entre las cuatro especies, (3) analizar la estructura y diversidad genética de *C. pubescens*.

Metodología

Se realizaron análisis filogenéticos, de estructura y diversidad genética, a partir de datos genómicos (SNPs) obtenidos mediante RAD-seq. Se realizaron cruzamientos recíprocos entre las cuatro especies objeto. Además, se llevó a cabo un estudio citogenético en *C. pubescens*, mapeando secuencias repetitivas (ADN satélite) mediante FISH.

Resultados principales

Capsicum pubescens está estrechamente relacionado con las especies silvestres *C. eximium*, *C. eshbaughii* y *C. cardenasii*, aunque ninguna sería su ancestro directo. Se encontró una alta compatibilidad entre las cuatro especies y (parcial) capacidad de producir híbridos fértiles. Dentro de *C. pubescens*, se encontraron tres grupos genéticos estructurados geográficamente de sur a norte y, además, diferencias en los niveles de diversidad genética entre los grupos, siendo mayores en territorio boliviano. Se observó, inicialmente, variabilidad en el patrón de distribución de ADN satélite en cromosomas. Estos resultados representan información de base para el aprovechamiento y conservación del ají locoto y sus parientes silvestres.

Palabras clave: ají rocoto, RAD-seq, satDNA



Introducción

El género *Capsicum* (Solanaceae) está compuesto por 43 especies (Barboza et al., 2022) e incluye a los ajíes y pimientos, plantas alimenticias ampliamente cultivadas. Las tres especies de mayor importancia económica y cultivadas a escala global son *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens* (Pickersgill, 1997; Tripodi y Kumar, 2019). También existen otras dos especies, *C. baccatum* y *C. pubescens*, que son cultivadas y consumidas primariamente en Latinoamérica (Pickersgill, 1997; Bosland y Votava, 2012).

Capsicum pubescens, conocido como ají locoto o rocoto, es cultivado en tierras medio-altas desde el noroeste de Argentina hasta México central, siendo altamente popular en Bolivia y Perú (Eshbaugh, 1979; Bosland, 1996; Towell, 2009; Jarret et al., 2019; Aguilar-Meléndez y Lira Noriega, 2018). La especie se destaca entre los ajíes domesticados por su buena adaptación a las bajas temperaturas (Eshbaugh, 1993; Bosland, 1996). Además, se diferencia claramente por sus tallos y hojas densamente pubescentes, flores púrpuras y frutos con semillas marrones-negras. Los frutos son bayas carnosas y picantes con una amplia gama de variación en tamaño, forma y color. En base a dicha variación se

reconocen informalmente diferentes variedades de *C. pubescens* (Eshbaugh, 1979; DeWitt y Bosland, 2009), que podrían considerarse como razas locales según Camacho Villa et al. (2005).

En Latinoamérica, el locoto es cultivado tanto en forma extensiva como en pequeñas parcelas o patios familiares, donde los excedentes se venden en mercados locales (Eshbaugh, 1979; Pérez-Grajales et al., 2004; Rodríguez Pastor, 2016). Su cultivo en el resto del mundo es poco frecuente (Bosland y Votava, 2012; Yamamoto et al., 2013) debido, en gran medida, a sus requisitos ambientales (i.e., un ambiente fresco y húmedo, sin heladas y una temporada de crecimiento prolongada) y a la alta carnosidad de los frutos, que los hace propensos a pudrirse rápidamente (Eshbaugh, 1993). Sin embargo, cada vez adquiere mayor relevancia a medida que aumenta su demanda en el mercado internacional por sus usos culinarios y el interés por la cocina étnica (Leyva-Ovalle et al., 2018; Escalera-Ordaz et al., 2019). Además de la utilización del fruto como especia y hortaliza en la amplia gama de la gastronomía, el locoto es de interés por el uso de sus alcaloides capsaicinoides y de carotenoides como compuestos naturales, utilizados tanto en la industria farmacéutica, en medicina y en



agricultura, entre otros (Mackelmann et al., 2015; Barboza et al., 2022).

El conocimiento de las afinidades y de la variación genética dentro de las especies cultivadas y sus parientes silvestres, entre otros aspectos, es clave en el estudio de la agrobiodiversidad, ya que puede proporcionar un marco útil para el uso efectivo y la conservación de dicha diversidad (Gross y Olsen, 2010; Mastretta-Yanes et al., 2018; Pironon et al., 2020). A pesar de su importancia como cultivo alimentario y su significancia cultural, se sabe poco sobre el origen y evolución de *C. pubescens*, así como sobre su estructura y diversidad genética. Se ha planteado que su domesticación tuvo lugar en tierras altas de Bolivia y/o Perú hace unos 6000 años (DeWitt y Bosland, 2009), desde donde habría sido difundida al resto del continente (Eshbaugh, 1979; Nee, 1986; Pérez-Grajales et al., 2004; van Zonneveld et al., 2015; Aguilar-Meléndez y Lira Noriega, 2018). Es solo conocido como un cultígeno y, a la fecha, no se ha encontrado en la naturaleza una forma o ancestro silvestre (Pickersgill, 1997; Barboza et al., 2022).

Dentro del género *Capsicum*, *C. pubescens* forma un grupo diferenciado morfológica y genéticamente junto con las especies no domesticadas *C. eximium*, *C.*

eshbaughii y *C. cardenasii* (Bosland y Votava, 2012; van Zonneveld et al., 2015; Carrizo García et al. 2016, 2020). Estos tres ajíes silvestres son nativos de Bolivia, con *C. eximium* también presente en el noroeste argentino, y son cultivados o recolectados de arbustos silvestres para autoconsumo o distribuidos ocasionalmente a nivel local (Jäger et al., 2013). Cruzamientos recíprocos exitosos entre *C. pubescens* y las silvestres *C. eximium* y *C. cardenasii* indican que este trío de especies serían parte del mismo pool génico (Eshbaugh, 1979; McLeod et al., 1979; Onus y Pickersgill, 2004). No se conocen experimentos de cruzamientos que incluyan a *C. eshbaughii*, ni la capacidad de producir híbridos fértiles. Basado en estas evidencias, las mencionadas especies silvestres han sido propuestas como los parientes más cercanos y/o ancestros putativos de *C. pubescens* (Eshbaugh, 1979; Pickersgill, 1971; Walsh y Hoot, 2001; Ince et al., 2010; Carrizo García et al., 2016, 2020), si bien ésta forma un linaje aislado en análisis filogenéticos del género, sin una especie particular más cercana (Carrizo García et al., 2016, 2020). Estos resultados se basan en análisis de datos de unos pocos marcadores de ADN, por lo que el tema debe ser revisado utilizando datos genómicos más densos.



Trabajos moleculares previos (Ibiza et al., 2012; Silvar y García-González, 2016) han proporcionado información sobre la estructura genética de *C. pubescens*, aunque usando pocos individuos y/o pocos marcadores de ADN. Ibiza et al. (2012) encontraron una estructuración geográfica asociada al área de cultivo, discriminando un grupo genético compuesto por accesiones bolivianas y otro por muestras peruanas-ecuatorianas. Una estructuración según el origen geográfico (germoplasma peruano vs. ecuatoriano) también fue detectada por Silvar y García-González (2016). No obstante, a la fecha no se han analizado en conjunto materiales provenientes de todo el rango de cultivo de la especie.

En este marco, mediante análisis de datos genómicos, citogenéticos y reproductivos, el proyecto se propone estudiar el origen y afinidades de *C. pubescens*, el ají locoto, así como su estructura y diversidad genética a largo de su rango de distribución/cultivo en Latinoamérica.

Objetivos

Los objetivos son: (1) dilucidar las relaciones filogenéticas entre el ají locoto (*C. pubescens*) y las especies silvestres *C. eximium*, *C. eshbaughii* y *C. cardenasii*, para inferir el origen del cultivo y si existe

un ancestro directo; (2) evaluar el grado de compatibilidad entre las cuatro especies, para explorar el alcance del pool génico común; y (3) analizar la estructura y diversidad genética de *C. pubescens*, para caracterizar la variación genética en la especie.

Materiales y Métodos

Muestreo

Un total de 103 accesiones de *Capsicum* fueron incluidas en el estudio, con énfasis en las silvestres *C. eximium*, *C. cardenasii* y *C. eshbaughii*, y especialmente en *C. pubescens* (n= 67). Los materiales fueron colectados *in situ* o adquiridos en mercados locales y bancos de germoplasma (**Fig. 1**). Para *C. pubescens*, el muestreo incluyó materiales provenientes de distintos países de Latinoamérica, con énfasis en Bolivia. A partir de semillas de los frutos adquiridos se obtuvieron las plantas adultas en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, Córdoba, Argentina) o en el Jardín Botánico de la Universidad de Viena (HBV, Viena, Austria). De las plantas adultas se utilizaron hojas para extractos ADN (análisis filogenéticos y de diversidad), flores para cruzamientos (estudio reproductivo) y raíces para cromosomas (análisis citogenético).

Extracción de ADN y obtención de SNPs

El ADN genómico se aisló a partir de hojas secas conservadas en sílica gel, usando los kits Qiagen DNeasy Plant Mini e Invisorb Spin Plant Mini. Los extractos fueron purificados con el kit NucleoSpin gDNA Clean-up. La calidad del ADN se evaluó por electroforesis en gel de agarosa y se cuantificó utilizando un fluorómetro Qubit 3.

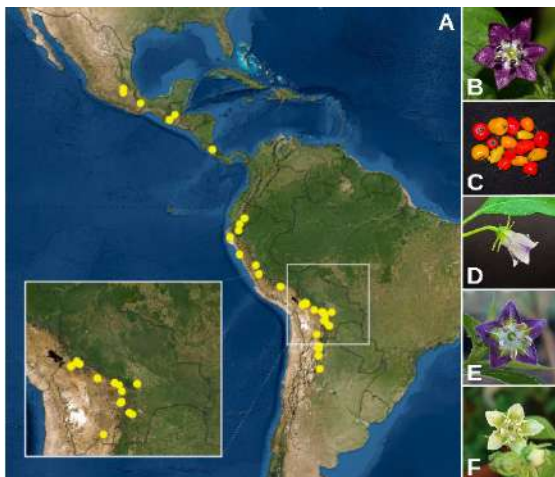


Figura 1. Características de *C. pubescens* y sus parientes silvestres. **A.** Área de cultivo de *C. pubescens* en Latinoamérica. Los puntos amarillos señalan el origen de las muestras estudiadas. **B, D, E, F.** Flores de *C. pubescens*, *C. cardenasii*, *C. eximium* y *C. eshbaughii*. **C.** Variedad de frutos *C. pubescens* adquiridos en mercados de La Paz (Bolivia).

El ADN se secuenció utilizando la metodología de RAD-Seq (secuenciado de ADN asociado a sitios de restricción; Baird et al., 2008). Para la preparación de las librerías se siguió el protocolo de Paun

et al. (2016), con modificaciones. Las librerías se secuenciaron (lecturas simples, 100 pb) con el Sistema Illumina HiSeq 100 bp en Vienna Biocenter Core Facilities (<https://www.vbcf.ac.at/ngs>, Austria). La calidad de las librerías fue evaluada con FastQC v.0.11.9 (Andrews, 2010). Las secuencias crudas fueron demultiplexadas utilizando illumina2bam (<https://github.com/gq1/illumina2bam>) y process_radtags en Stacks v.2.41 (Catchen et al., 2013).

Para la obtención de los marcadores SNPs (polimorfismos de nucleótido único), las secuencias fueron filtradas y ensambladas *de novo* en ipyrad v.0.9.82 (Eaton y Overcast, 2020). Finalmente, se obtuvieron distintos sets de datos (matrices de SNPs) para, por un lado, los análisis filogenéticos y, por el otro, de estructura y diversidad genética.

Análisis filogenéticos

Las afinidades de *C. pubescens* fueron evaluadas por medio de análisis de máxima verosimilitud (ML) y basados en coalescencia (SVDquartets). Para ello, se construyó un set de datos (59961 SNPs) con 43 accesiones representantes del grupo de especies domesticadas de *Capsicum* y otras afines ('crown group', según Carrizo García et al., 2016). El análisis de máxima verosimilitud se realizó



en IQ-Tree (Nguyen et al., 2015). Los valores de soporte se calcularon con 1000 réplicas de ultrafast bootstrap (UFBoot; Hoang et al., 2018) en IQ-Tree. El análisis basado en coalescencia se ejecutó con SVDquartets (Chifman y Kubatko, 2014) en PAUP* v4.0a168 (Swofford, 2003). Todos los cuartetos posibles se muestrearon con el algoritmo QFM, con 1000 réplicas de bootstrap (BS). En ambos análisis los árboles se enraizaron usando a *C. flexuosum* como grupo externo. Valores de UFBoot $\geq 95\%$ y BS $\geq 80\%$ se consideraron como altos soportes.

Estudio reproductivo

Para evaluar la compatibilidad interespecífica se hicieron cruzamientos recíprocos entre *C. eshbaughii* y las especies *C. eximium*, *C. cardenasii* y *C. pubescens*. Se llevaron a cabo polinizaciones manuales usando al menos 20 flores para cada combinación y, luego, se colectaron los frutos obtenidos de las cruzas exitosas. Posteriormente, en un estudio exploratorio, las semillas fueron germinadas y las plantas obtenidas se mantuvieron en cultivo, evaluando la viabilidad y fertilidad de los híbridos.

Análisis de estructura y diversidad genética

Las inferencias poblacionales se realizaron a partir de un set de datos

(1462 SNPs) conformado por 67 individuos de *C. pubescens*. Para conocer la estructura genética se ejecutó un análisis discriminante de componentes principales (DAPC) con la función dapc del paquete adegenet v.2.1.3 (Jombart, 2008) en R (R Core Team, 2021). Se usó la función find.clusters para evaluar los valores de K subpoblaciones en un rango del 1 al 10, y el óptimo para ejecutar el análisis se identificó según el criterio de información bayesiano (BIC). La estructura también fue examinada en Admixture v.1.3 (Alexander et al., 2009), a modo de obtener una mejor visualización de la mezcla genética entre los individuos. Se tomó un número de K de 1 a 10, se realizaron 100 réplicas por K y 10 corridas independientes. El valor de K óptimo se exploró según el método de cross-validation también en Admixture. Los resultados se graficaron en R.

Una vez inferida la estructura poblacional, los siguientes parámetros de diversidad fueron calculados para cada grupo genético: heterocigosidad esperada (H_E) y observada (H_O), riqueza alélica (A_R) y riqueza de alelos privados (A_P), y coeficiente de endogamia (F_{IS}). Los cálculos se hicieron en adegenet v.2.1.3 (Jombart, 2008), ADZE v.1.0 (Szpiech et al., 2008) y hierfstat v.0.5-7 (Goudet, 2005), respectivamente.



La diferenciación genética entre los grupos se evaluó según los estadísticos F_{ST} (según Weir y Cockerham, 1984) en hierfstat. Los intervalos de confianza fueron generados realizando 1000 réplicas de bootstrap. También, para analizar cómo la diversidad está estructurada dentro de la especie, se realizó un análisis molecular de la varianza (AMOVA; Excoffier et al., 1992) en poppr v.2.8.6 (Kamvar et al., 2014) con 10000 permutaciones para evaluar significancia. Para el AMOVA se consideraron los siguientes niveles: entre grupos genéticos, entre los individuos dentro de cada grupo, y entre todos los individuos estudiados.

Estudio citogenético

La variación genética de *C. pubescens* también fue estudiada mapeando, mediante FISH (hibridación *in situ* fluorescente), la localización de secuencias repetitivas particulares (ADN satélite) en cromosomas metafásicos.

A partir de los grupos genéticos definidos mediante el análisis de la estructura poblacional de la especie, se seleccionaron individuos particulares de cada grupo y se colectaron sus ápices radicales. La obtención de preparados cromosómicos se realizó según Scaldaferrero et al. (2006). La técnica de FISH se aplicó siguiendo el protocolo de

Jang y Weiss-Schneeweiss (2015), con modificaciones. Los cromosomas se examinaron en un microscopio de epifluorescencia Leica DMLB. Las imágenes digitales se adquirieron con una cámara Zeiss AxioCam 503 mono y se procesaron en ImageJ v.1.53c (Abràmoff et al., 2004). La posición de las secuencias mapeadas se determinó de acuerdo a Moscone et al. (1996).

Las sondas de ADN satélite (satDNA) fueron diseñadas *de novo* a partir del análisis de perfiles de ADN repetitivo de varias especies de *Capsicum*, incluyendo *C. pubescens* (Schneeweiss, datos no publicados). Las sondas mapeadas en el estudio fueron: (1) CapSat1, con una secuencia monomérica consenso de 37 pb de longitud, representando el 0.60% del genoma de *C. pubescens*, y (2) CapSat4, con una secuencia monomérica consenso de 33 pb de longitud, que representa el 0.43% del genoma.

Resultados y discusión

Relaciones filogenéticas

Las reconstrucciones filogenéticas inferidas según ML y SVDquartets fueron altamente consistentes (**Fig. 2**). Los resultados de este análisis, con un mayor número de marcadores e individuos estudiados, permitieron reconstruir

hipótesis filogenéticas con mayor resolución y soporte que las obtenidas previamente (p.ej., Carrizo García et al. 2016, 2020).

El ‘crown group’ se recuperó como un grupo monofilético con altos valores de soporte. Dentro del ‘crown group’ se reconocieron dos clados principales: uno incluyendo las especies de los clados Annum, Baccatum y Tovarii (según Carrizo Garcia et al., 2016), y el otro compuesto por *C. pubescens*, *C. cardenasii*, *C. eximium* y *C. eshbaughii*, en adelante, el clado Pubescens. *Capsicum pubescens* se recuperó como un grupo monofilético, hermano del clado formado por las otras tres especies. En este último grupo se distinguieron dos subclados, uno formado por *C. cardenasii* y el otro por *C. eximium* y *C. eshbaughii*, todos altamente soportados. Dentro de *C. pubescens* se destacó una muestra basal y divergente proveniente de una población ruderal de los alrededores de La Paz, Bolivia (**Fig. 2**).

Los resultados evidencian que existen tres linajes bien diferenciados que incluyen especies domesticadas, los clados Annum, Baccatum y Pubescens, siendo los dos primeros grupos hermanos y Pubescens más divergente filogenéticamente. Por otro lado, se puede sostener que *C. pubescens* no es una especie aislada en el género, así como

que ninguna especie actual de *Capsicum* sería su ancestro directo.

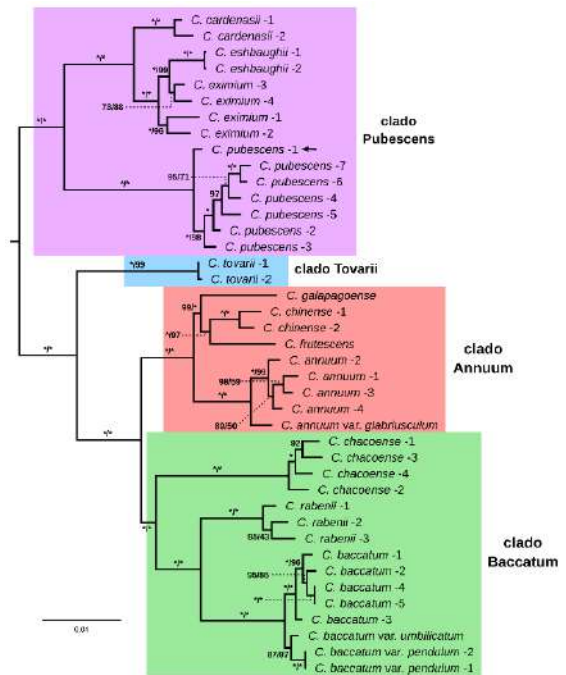


Figura 2. Árbol filogenético (ML) representado las afinidades de *C. pubescens*. Los clados principales se señalan con colores. Para cada nodo se muestran los valores de soporte (UFBoot/BS), los valores máximos se indican con asterisco (*). La flecha indica un individuo ruderal de *C. pubescens* colectado en Apa Apa (La Paz, Bolivia).

Compatibilidad interespecífica

Los cruzamientos recíprocos realizados entre *C. eshbaughii* vs *C. cardenasii*, *C. eximium* y *C. pubescens* fueron exitosos (**Tabla 1**). Esta evidencia refuerza los resultados de los análisis filogenéticos (**Fig. 2**), apoyando que, aunque ninguna especie sería su ancestro directo, las tres especies silvestres forman parte de un mismo pool génico junto a *C. pubescens*

(van Zonneveld et al., 2015). Dicho pool génico puede ser potencialmente aprovechado (Brozyska et al., 2016).

Cruzamiento (♀ x ♂)	No. flores polinizadas	No. frutos obtenidos	% éxito	Semillas germinadas
<i>C. eshbaughii</i> x <i>C. pubescens</i> 'Tupiza'	20	12	60	✓
<i>C. pubescens</i> 'Tupiza' x <i>C. eshbaughii</i>	20	8	40	✓
<i>C. eshbaughii</i> x <i>C. pubescens</i> 'Salta'	20	10	50	?
<i>C. pubescens</i> 'Salta' x <i>C. eshbaughii</i>	21	7	33	✓
<i>C. eshbaughii</i> x <i>C. cardenasii</i>	20	13	65	✓
<i>C. cardenasii</i> x <i>C. eshbaughii</i>	20	10	50	✓
<i>C. eshbaughii</i> x <i>C. eximium</i> 'Tomina'	24	17	71	?
<i>C. eximium</i> 'Tomina' x <i>C. eshbaughii</i>	24	22	92	?
<i>C. eshbaughii</i> x <i>C. eximium</i> 'Totora'	20	11	55	✓
<i>C. eximium</i> 'Totora' x <i>C. eshbaughii</i>	20	11	55	✓

Tabla 1. Resultados parciales de las cruzas entre *C. eshbaughii* y especies afines. Las tildes indican germinaciones exitosas.

Estos hallazgos representan la primera evidencia conocida sobre la compatibilidad interespecífica de *C. eshbaughii*. La especie ha sido recientemente localizada *in situ* y caracterizada (Carrizo García et al., 2020), siendo necesario realizar mayores estudios sobre su status y estado de conservación.

Como resultados preliminares, las semillas de todas las cruzas realizadas germinaron y, a su vez, se han obtenido híbridos fértiles de *C. eximium* x *C.*

eshbaughii, *C. eshbaughii* x *C. eximium* y *C. pubescens* x *C. eshbaughii*. Se prevé continuar trabajando en la obtención y caracterización de los híbridos.

Estructura y diversidad genética

La estructura genética obtenida mediante las dos estrategias de agrupamiento (DAPC y Admixture) resultó altamente congruente; ambas favorecieron un modelo con K= 3 grupos genéticos (**Fig. 3**). Las mayores diferencias se encontraron en las asignaciones de los individuos provenientes de mercados de La Paz (Bolivia), Ecuador y Perú, con elevada mezcla genética, es decir, una baja probabilidad de pertenencia a un grupo particular.

El DAPC (**Fig. 3A**) arrojó tres grupos estructurados geográficamente: un grupo del norte (G1) conformado por muestras de México y Centroamérica, un grupo central (G2) que comprende muestras de Ecuador, Perú y centro-oeste de Bolivia, y un grupo del sur (G3) compuesto por accesiones del centro-sur de Bolivia y Argentina. La marcada separación entre G1 y G3 en el gráfico del DAPC señala una diferencia genética considerable entre tales grupos. Los resultados del análisis en Admixture (**Fig. 3B**) se correspondieron en gran medida con el agrupamiento DAPC, no obstante, algunas accesiones de Ecuador y Perú

fueron asignadas a G1. Cabe destacar que las accesiones provenientes de los mercados de La Paz (Bolivia), incluidas en el G2, mostraron altos niveles de mezcla de los tres grupos.

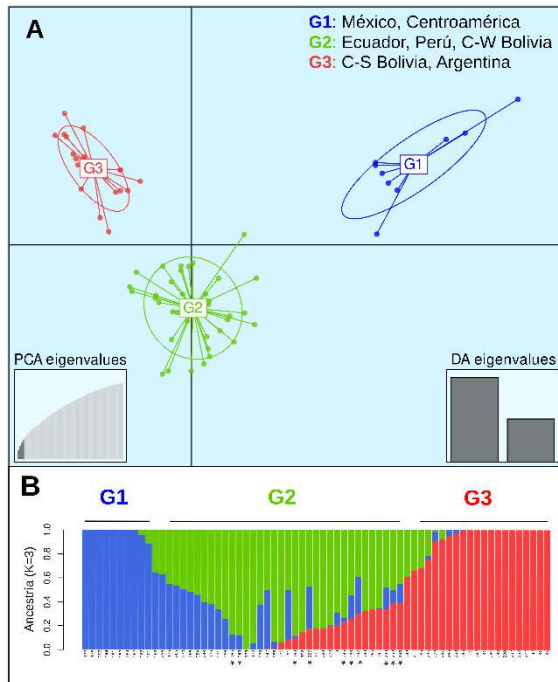


Figura 3. Estructura genética de *C. pubescens* (K=3) según **A.** Análisis discriminante (DAPC), y **B.** Admixture. Se indican los tres grupos genéticos (G1, G2, G3) reconocidos. Las muestras adquiridas en mercados de La Paz (Bolivia) se señalan con asterisco (*).

Los parámetros de diversidad y diferenciación genética fueron calculados para los tres grupos genéticos obtenidos de acuerdo a DAPC y Admixture (**Tabla 2**). Los grupos G2 (centro) y G3 (sur) tuvieron una mayor diversidad genética que G1 (norte). Se encontraron niveles similares de diversidad para G2 y G3,

aunque G2 mostró mayores valores para número total de alelos, riqueza alélica, riqueza de alelos privados y heterocigosis observada. Mientras que G2 y G3 tuvieron valores de heterocigosis esperada y observada muy similares, G1 mostró menos heterocigosis de lo esperado, y este déficit fue significativo.

Grupo	N	A	A _R	A _P	H _O	H _E	F _{IS}	F _{IS} (95% CI)
DAPC (H_O= 0.210, H_E= 0.186)								
G1	9	2031	1.267	0.078	0.101	0.104	0.084	(0.059, 0.150)
G2	37	2889	1.444	0.161	0.195	0.211	0.082	(0.079, 0.111)
G3	21	2732	1.413	0.157	0.212	0.199	-0.015	(-0.051, -0.020)
Admixture (H_O= 0.203, H_E= 0.173)								
G1	10	2044	1.228	0.075	0.102	0.108	0.101	(0.080, 0.170)
G2	14	2747	1.492	0.213	0.245	0.232	-0.007	(-0.024, 0.012)
G3	18	2624	1.394	0.159	0.202	0.190	-0.018	(-0.045, -0.020)

Tabla 2. Medidas de diversidad genética para cada uno de los grupos según K= 3. N- número de individuos, A- número de alelos, A_R- riqueza alélica y, A_P- de alelos privados, H_E- heterocigosis esperada y, H_O- observada, F_{IS}- coeficiente de endogamia, F_{IS} (95% CI)- intervalos de confianza del F_{IS}. Se destaca en gris el G2.

En cuanto a la diferenciación genética, los grupos se diferenciaron significativamente entre sí según los cálculos de F_{ST} de a pares (**Tabla 3**), lo que sugiere bajos niveles de alelos compartidos o diferencias en las

frecuencias de alelos entre grupos. Los valores de F_{ST} también mostraron una correlación entre la distancia genética y geográfica, indicando un patrón sur-norte de distribución de la variación genética en *C. pubescens*. Consistentemente, el AMOVA reveló una estructuración significativa (**Tabla 4**). La mayor proporción (16,5%) de la variación genética que no fue atribuida a la variación dentro de los individuos (que ascendió al 83,9%) se debió a la diferenciación entre grupos genéticos.

Grupo	G1	G2	G3
G1	–	0.172	0.250
G2	0.158 - 0.186	–	0.093
G3	0.233 - 0.267	0.086 - 0.100	–

Tabla 3. Índice de diferenciación F_{ST} por pares (sobre la diagonal) entre los grupos genéticos según Admixture. Bajo la diagonal se indican los intervalos de confianza (95%).

Fuente de variación	g.l.	Variación (%)	F-valor	P-valor
Entre grupos (K = 3)	2	16.528	0.1653	0.0001
Entre individuos (grupo)	39	-0.5183	-0.0062	0.5864
Dentro de individuos	42	83.9897	0.1601	0.0001

Tabla 4. Resultados del análisis molecular de la varianza (AMOVA) para los grupos genéticos según Admixture.

La estructuración de la variación genética siguiendo un patrón sur a norte es consistente con lo reportado por Ibiza et al. (2012), aunque el rango geográfico es más amplio en el muestreo actual (alcanzando los dos extremos), sugiriendo una diversificación geográfica del cultivo, probablemente asociada a la dispersión e intercambio de semillas por los humanos. Además, la diferenciación y la disminución de la diversidad genética hacia el norte del continente acuerdan con los reportes de una introducción de *C. pubescens* en Centroamérica y México a principios del siglo XX (Nee, 1986; Towell, 2009; Aguilar-Meléndez y Lira Noriega, 2018). Esta menor diversidad sugiere que habría ocurrido un cuello de botella asociado a la introducción del cultivo en la región. Se debería realizar un muestreo más amplio para corroborar este patrón. La presencia de una mayor diversidad genética en Bolivia también se alinea con los hallazgos de Eshbaugh (1979), quien reportó una mayor variación morfológica del cultivo en territorio boliviano. Particularmente dentro del G2, donde se observó elevada mezcla genética (**Fig. 3B**), se agruparon materiales adquiridos en mercados de La Paz, con amplia variación morfológica. Dentro de G2, además, cabe destacar la presencia de materiales de interesante morfología

colectados *in situ* en los alrededores de La Paz: plantas posiblemente asilvestradas, con flores y frutos pequeños, carnosos. Entre estas plantas también se encuentra el individuo que resultó divergente en la filogenia (**Fig. 2**). Estas observaciones advierten que son necesarias futuras y extensas expediciones en el centro-oeste de Bolivia para comprender mejor el origen y diversificación de *C. pubescens*, así como también la dinámica del intercambio de semillas/mercadeo y su impacto en la estructuración de la diversidad genética del cultivo.

A su vez, en futuros estudios se propone dilucidar las afinidades intraespecíficas de *C. pubescens* por medio de métodos basados en modelos demográficos y/o coalescencia, permitiendo inferir posibles vías de diversificación de la especie, poblaciones/linajes ancestrales y su centro de origen geográfico.

Variación genómica basada en satDNA

El análisis preliminar de las imágenes obtenidas de cromosomas metafásicos mostró que todas las accesiones estudiadas presentan numerosos loci/señales para las dos sondas de satDNA incluidas en el estudio (**Fig. 4**). El patrón de distribución de estas secuencias en los cromosomas (número, localización y tamaño) muestra, inicialmente, algunas

diferencias que podrían estar relacionadas al origen geográfico. Se destaca la presencia de una señal pericentromérica en brazo largo del par cromosómico no. 10, además de una señal subtelomérica en brazo corto, en la accesión perteneciente al G2 (**Fig. 4B**). En cambio,

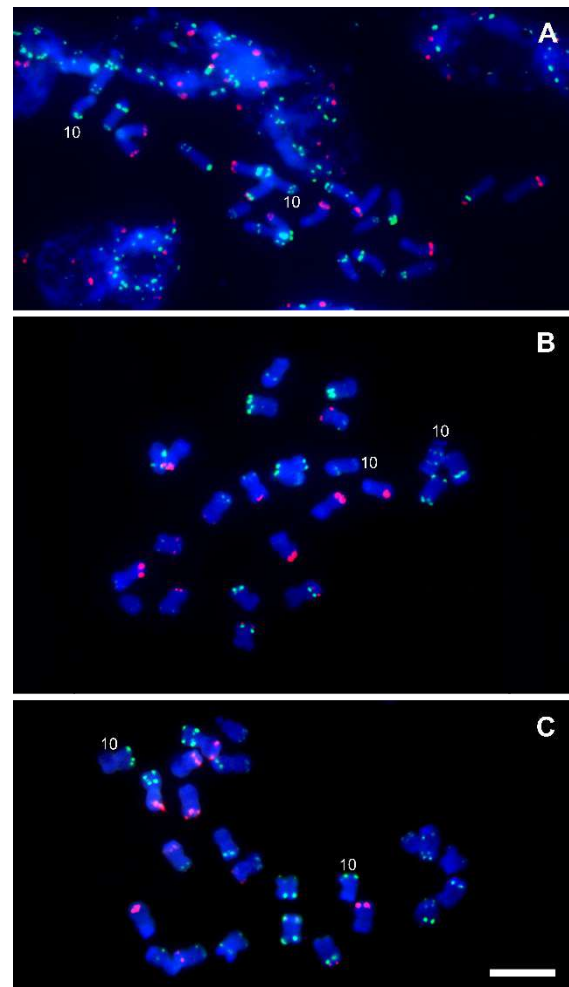


Figura 4. Mapeo por FISH de CapSat1 (verde) y CapSat4 (rojo) en cromosomas metafásicos (azul) de tres accesiones de *C. pubescens* ($2n = 24$) pertenecientes a los distintos grupos genéticos. **A.** ‘CAP 363’, Guatemala (G1). **B.** ‘Apa Apa’, La Paz, Bolivia (G2). **C.** ‘Moro Moro’, Santa Cruz, Bolivia (G3). Escala: 10 μ m.



para las accesiones de los G1 (**Fig. 4A**) y G3 (**Fig. 4C**) se detectaron loci de posición subtelomérica únicamente en el brazo corto del mismo par.

A partir de estos hallazgos preliminares se ha decidido analizar un mayor número de metafases/accesiones para obtener resultados más concluyentes acerca de la diferenciación genómica en *C. pubescens* basada en satDNA. Esta propuesta representa otro enfoque para comprender la variabilidad genómica y evolución cariotípica de la especie, como también se ha realizado para otros grupos de plantas (p.ej., González et al. 2017; Mlinarec et al. 2019; Silvestri et al. 2020).

Conclusiones

Los análisis filogenéticos indican que *C. pubescens* es un linaje independiente y que ninguna especie actual de *Capsicum* sería su ancestro directo. Las especies silvestres *C. cardenasii*, *C. eximium* y *eshbaughii* serían el grupo hermano de *C. pubescens* y, en base al estudio reproductivo, conforman un pool génico común. Además, se estudiaron por primera vez la estructura y diversidad genética de *C. pubescens* a lo largo de su rango de cultivo en Latinoamérica. Se reconocieron tres grupos genéticos estructurados geográficamente de sur a norte, con una moderada divergencia

genética entre grupos y un alto grado de mezcla. La diversidad genética fue mayor en territorio boliviano, disminuyendo hacia el norte del continente (México). Por último, se encontró, inicialmente, variabilidad en el patrón de distribución de satDNA en cromosomas metafásicos dentro de la especie, advirtiendo la necesidad de profundizar en el estudio de la diferenciación genómica de *C. pubescens* basada en satDNA.

En su conjunto, este estudio aporta nuevos conocimientos, respaldados por evidencias provenientes de diversas aproximaciones, sobre las afinidades, diversidad y diferenciación del ají locoto, *C. pubescens*. Se espera que esta contribución sienta las bases para iniciativas de conservación y manejo del ají locoto y sus parientes silvestres.

Bibliografía

Abràmoff, M. D., Magalhães, P. J., & Ram, S. J. (2004). Image processing with ImageJ. *Biophotonics international*, 11(7), 36-42. Recuperado de https://imagej.nih.gov/ij/docs/pdfs/ImageProcessing_with_ImageJ.pdf

Aguilar-Meléndez, A. & Lira Noriega, A. (2018). ¿Dónde crecen los chiles en México? En A. Aguilar-Meléndez, M. A. Vásquez-Dávila, E. Katz, E. & M. R. Hernández Colorado (Eds.), *Los chiles*



que le dan sabor al mundo (pp. 75-92).

Xapala, Veracruz: Universidad Veracruzana. Recuperado de: <https://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/download/FC278/1087/1179-1?inline=1>

Alexander, D. H., Novembre, J., & Lange, K. (2009). Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome research*, 19(9), 1655-1664. doi: [10.1101/gr.094052.109](https://doi.org/10.1101/gr.094052.109)

Andrews, S. (2010). FastQC: A quality control tool for high throughput sequence data. Cambridge, UK: Babraham Institute. Recuperado de: <https://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/>

Baird, N.A., Etter, P.D., Atwood, T.S., Currey, M.C., Shiver, A.L., Lewis, Z.A., Selker, E.U., Cresko, W.A., & Johnson, E.A. (2008). Rapid SNP discovery and genetic mapping using sequenced RAD markers. *PLoS ONE*, 3, e3376. doi: [10.1371/journal.pone.0003376](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003376)

Barboza G. E., Carrizo García C., de Bem Bianchetti L., Romero M. V., & Scaldaferrro, M. (2022). Monograph of wild and cultivated chili peppers (*Capsicum* L., Solanaceae) *PhytoKeys*, 200, 1-423. doi: [10.3897/phytokeys.200.71667](https://doi.org/10.3897/phytokeys.200.71667)

Bosland, P. W. & Votava, E. J. (2012). *Peppers: vegetable and spice capsicums*.

CABI. doi: [10.1079/9781845938253.0000](https://doi.org/10.1079/9781845938253.0000)

Bosland, P. W. (1996). Capsicums: Innovative uses of an ancient crop. En J. Janick (Ed.), *Progress in new crops* (pp. 479-487). ASHS Press.

Brozynska, M., Furtado, A., & Henry, R. J. (2016). Genomics of crop wild relatives: expanding the gene pool for crop improvement. *Plant biotechnology journal*, 14(4), 1070-1085. doi: [10.1111/pbi.12454](https://doi.org/10.1111/pbi.12454)

Camacho Villa, T.C., Maxted, N., Scholten, M., & Ford-Lloyd, B. (2005). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*, 3(3), 373-384. doi: [10.1079/PGR200591](https://doi.org/10.1079/PGR200591)

Carrizo García, C., Barfuss, M.H.J., Sehr, E.M., Barboza, G.E., Samuel, R., Moscone, E.A., & Ehrendorfer, F., (2016). Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany*, 118(1), 35-51. doi: [10.1093/aob/mcw079](https://doi.org/10.1093/aob/mcw079)

Carrizo García, C., Fernández, L., Kapetanovic, V., & Reyes, X. (2020). Bolivian wild chile *Capsicum eshbaughii* (Solanaceae) located again: open ending on its identity and conservation. *Plant Systematics and Evolution*, 306(5), 1-9. doi: [10.1007/s00606-020-01712-5](https://doi.org/10.1007/s00606-020-01712-5)

Catchen, J., Hohenlohe, P., Bassham, S.,



Amores, A., & Cresko, W. (2013). Stacks: an analysis tool set for population genomics. *Molecular ecology*, 22(11), 3124-3140. doi: [10.1111/mec.12354](https://doi.org/10.1111/mec.12354)

DeWitt, D., & Bosland, P. W. (2009). The complete chile pepper book. Timber Press.

Eaton, D. A., & Overcast, I. (2020). ipyrad: Interactive assembly and analysis of RADseq datasets. *Bioinformatics*, 36(8), 2592-2594. doi: [10.1093/bioinformatics/btz966](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btz966)

Escalera-Ordaz, A.K., Guillén-Andrade, H., Lara-Chávez, M.B.N., Lemus-Flores, C., Rodríguez-Carpena, J.G., & Valdivia-Bernal, R. (2019). Caracterización de variedades cultivadas de *Capsicum pubescens* en Michoacán, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10, 239-251. doi: [10.29312/remexca.v0i23.2024](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2024)

Eshbaugh, W. H. (1979). Biosystematic and evolutionary study of the *Capsicum pubescens* complex. *Research Report-National Geographic Society*, 1970, 143-162.

Eshbaugh, W.H. (1993). Peppers: history and exploitation of a serendipitous new crop discovery. En J. Janick & J. E. Simon (Eds.), *New crops*. pp. (132-139). Wiley.

Excoffier, L., Smouse, P.E., & Quattro, J.

(1992). Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*, 131(2), 479-491. doi: [10.1093/genetics/131.2.479](https://doi.org/10.1093/genetics/131.2.479)

González, M. L., Chiapella, J. O., & Urdampilleta, J. D. (2017). Characterization of some satellite DNA families in *Deschampsia antarctica* (Poaceae). *Polar Biology*, 41(3), 457-468. doi: [10.1007/s00300-017-2205-1](https://doi.org/10.1007/s00300-017-2205-1)

Goudet, J. (2005). Hierfstat, a package for R to compute and test hierarchical F-statistics. *Molecular Ecology Notes*, 5(1), 184-186. doi: [10.1111/j.1471-8286.2004.00828.x](https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00828.x)

Gross, B. L., & Olsen, K. M. (2010). Genetic perspectives on crop domestication. *Trends in plant science*, 15(9), 529-537. doi: [10.1016/j.tplants.2010.05.008](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.05.008)

Hoang, D. T., Chernomor, O., Von Haeseler, A., Minh, B. Q., & Vinh, L. S. (2018). UFBoot2: improving the ultrafast bootstrap approximation. *Molecular biology and evolution*, 35(2), 518-522. doi: [10.1093/molbev/msx281](https://doi.org/10.1093/molbev/msx281)

Ibiza, V.P., Blanca, J., Cañizares, J., & Nuez, F. (2012). Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum*



species in the Andean region. *Genetic resources and crop evolution*, 59(6), 1077-1088. doi: [10.1371/journal.pone.0134663](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134663)

Ince, A. G., Karaca, M., & Onus, A. N. (2010). Genetic relationships within and between *Capsicum* species. *Biochemical genetics*, 48(1), 83-95. Doi: [10.1007/s10528-009-9297-4](https://doi.org/10.1007/s10528-009-9297-4)

Jäger, M., Jiménez, A., Amaya, K. (2013). *Las cadenas de valor de los ajíes nativos de Bolivia*. Biodiversity International. Recuperado de: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/68930>

Jang, T. S., & Weiss-Schneeweiss, H. (2015). Formamide-free genomic in situ hybridization allows unambiguous discrimination of highly similar parental genomes in diploid hybrids and allopolyploids. *Cytogenetic and Genome Research*, 146(4), 325-331. doi: [10.1159/000441210](https://doi.org/10.1159/000441210)

Jarret, R. L., Barboza, G. E., da Costa Batista, F. R., Berke, T., Chou, Y. Y., Hulse-Kemp, A., ... & Szoke, A. (2019). Capsicum—An abbreviated compendium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 144(1), 3-22. doi: [10.21273/JASHS04446-18](https://doi.org/10.21273/JASHS04446-18)

Jombart, T. (2008). adegenet: a R package for the multivariate analysis of

genetic markers. *Bioinformatics*, 24(11), 1403-1405. doi: [10.1093/bioinformatics/btn129](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn129)

Jombart, T., Devillard, S., & Balloux, F. (2010). Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. *BMC genetics*, 11(1), 1-15. doi: [10.1186/1471-2156-11-94](https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-94)

Kamvar, Z. N., Tabima, J. F., & Grünwald, N. J. (2014). Poppr: an R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction. *PeerJ*, 2, e281. doi: [10.7717/peerj.281](https://doi.org/10.7717/peerj.281)

Leyva-Ovalle, O. R., Andres-Meza, P., Del Valle-Hernández, D., Meneses-Márquez, I., Murguía-González, J., Galindo-Tovar, M. E., ... & Espinosa-Calderón, A. (2018). Caracterización morfológica de poblaciones de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.) en la región centro del estado de Veracruz, México. *Revista Bio Ciencias*, 5(1), e388. doi: [10.15741/revbio.05.e388](https://doi.org/10.15741/revbio.05.e388)

Mastretta-Yanes A., Acevedo Gasman F., Burgeff C., Cano Ramírez M., Piñero D., & Sarukhán J. (2018). An initiative for the study and use of genetic diversity of domesticated plants and their wild relatives. *Frontiers in Plant Science*, 9,



209. doi: [10.3389/fpls.2018.00209](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00209)

McLeod, M. J., Guttman, S. I., Eshbaugh, W. H., & Rayle, R. E., (1982). An electrophoretic study of evolution in *Capsicum* (Solanaceae). *Evolution*, 37, 562-574. doi: [10.1111/j.1558-5646.1983.tb05573.x](https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1983.tb05573.x)

Meckelmann, S. W., Jansen, C., Riegel, D. W., Van Zonneveld, M., Ríos, L., Peña, K., Mueller-Seitz, E., & Petz, M. (2015). Phytochemicals in native Peruvian *Capsicum pubescens* (rocoto). *European Food Research and Technology*, 241(6), 817-825. doi: [10.1007/s00217-015-2506-y](https://doi.org/10.1007/s00217-015-2506-y)

Mlinarec, J., Skuhala, A., Jurković, A., Malenica, N., McCann, J., Weiss-Schneeweiss, H., ... & Besendorfer, V. (2019). The repetitive DNA composition in the natural pesticide producer *Tanacetum cinerariifolium*: interindividual variation of subtelomeric tandem repeats. *Frontiers in Plant Science*, 10, 613. doi: [10.3389/fpls.2019.00613](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00613)

Moscone, E. A., Lambrou, M., & Ehrendorfer, F. (1996). Fluorescent chromosome banding in the cultivated species of *Capsicum* (Solanaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 202(1), 37-63. doi: [10.1007/BF00985817](https://doi.org/10.1007/BF00985817)

Nee M. (1986). *Solanaceae I. Flora de Veracruz*, 49. Inst. Nacional de

Investigaciones sobre Recursos Bióticos.

Nguyen, L. T., Schmidt, H. A., Von Haeseler, A., & Minh, B. Q. (2015). IQ-TREE: a fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum-likelihood phylogenies. *Molecular biology and evolution*, 32(1), 268-274. doi: [10.1093/molbev/msu300](https://doi.org/10.1093/molbev/msu300)

Onus, A. N., & Pickersgill, B. (2004). Unilateral incompatibility in *Capsicum* (Solanaceae): occurrence and taxonomic distribution. *Annals of botany*, 94(2), 289-295. doi: [10.1093/aob/mch139](https://doi.org/10.1093/aob/mch139)

Paun, O., Turner, B., Trucchi, E., Munzinger, J., Chase, M.W., & Samuel, R., (2016). Processes driving the adaptive radiation of a tropical tree (*Diospyros*, Ebenaceae) in New Caledonia, a biodiversity hotspot. *Systematic biology*, 65(2), 212-227. doi: [10.1093/sysbio/syv076](https://doi.org/10.1093/sysbio/syv076)

Pérez-Grajales, M., González-Hernández, V., Mendoza-Castillo, M., & Peña-Valdivia, C. (2004). Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R. & P.) landraces. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(1), 88-92. doi: [10.21273/JASHS.129.1.0088](https://doi.org/10.21273/JASHS.129.1.0088)

Pickersgill, B., (1971). Relationships between weedy and cultivated forms in



some species of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution*, 25, 683-691.

Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96, 129-133. doi: [10.1023/A:1002913228101](https://doi.org/10.1023/A:1002913228101)

Pironon, S., Borrell, J.S., Ondo, I., Douglas, R., Phillips, C., Khoury, C.K., Kantar, M.B., Fumia, N., Soto Gomez, M., Viruel, J., & Govaerts, R. (2020). Toward unifying global hotspots of wild and domesticated biodiversity. *Plants*, 9(9), 1128. doi: [10.3390/plants9091128](https://doi.org/10.3390/plants9091128)

R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de: <https://www.R-project.org>

Rodríguez Pastor, H. (2016). El rocoto en tiempos de la globalización. *Investigaciones sociales*, 20(37), 89-100. doi: [10.15381/is.v20i37.13428](https://doi.org/10.15381/is.v20i37.13428)

Scaldaferro, M. A., Seijo, J. G., Acosta, M. C., Barboza, G. E., Ducasse, D. A., & Moscone, E. A. (2006). Genomic characterization of the germplasm in peppers (*Capsicum* - Solanaceae) by fluorescent in situ hybridization. *Plant Science*, 43(4), 291-297.

Silvar, C., & García-González, C. A.

(2016). Deciphering genetic diversity in the origins of pepper (*Capsicum* spp.) and comparison with worldwide variability. *Crop Science*, 56(6), 3100-3111. doi: [10.2135/cropsci2016.02.0128](https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0128)

Silvestri, M. C., Ortiz, A. M., Robledo, G. A., & Lavia, G. I. (2020). Chromosome diversity in species of the genus *Arachis*, revealed by FISH and CMA/DAPI banding, and inferences about their karyotype differentiation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(Suppl. 2), e20191364. doi: [10.1590/0001-3765202020191364](https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191364)

Swofford, D. L., (2003). PAUP*: Phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods), version 4.0a147. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA. Recuperado de: <https://paup.phylosolutions.com/>

Szpiech, Z. A., Jakobsson, M., & Rosenberg, N. A. (2008). ADZE: a rarefaction approach for counting alleles private to combinations of populations. *Bioinformatics*, 24(21), 2498-2504. doi: [10.1093/bioinformatics/btn478](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn478)

Towell, J. (2009). Los Senderos Prehispánicos del *Capsicum*. En J. L. Towell & A. A. Lecón (Coord). *Caminos y mercados de México* (pp. 79-106). UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas.



Recuperado de:
<https://historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/caminosymercados/mercados.html>

Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). The *Capsicum* crop: an introduction. En *The Capsicum Genome* (pp. 1-8). Springer. doi: [10.1007/978-3-319-97217-6_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_1)

van Zonneveld, M., Ramirez, M., Williams, D.E., Petz, M., Meckelmann, S., Avila, T., Bejarano, C., Ríos, L.I., Peña, K., Jäger, M., Libreros, D., Amaya, K., & Scheldeman, X. (2015). Screening genetic resources of *Capsicum* peppers in their primary center of diversity in Bolivia and Peru. *PLoS ONE*, *10*, e0134663. doi: [10.1371/journal.pone.0134663](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134663)

Walsh, B. M., & Hoot, S. B. (2001). Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae) using DNA sequences from two noncoding regions: the chloroplast *atpB-rbcL* spacer region and nuclear waxy introns. *International Journal of Plant Sciences*, *162*(6), 1409-1418. doi: [10.1086/323273](https://doi.org/10.1086/323273)

Weir, B. S., & Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, *38*(6), 1358-1370. doi: [10.1111/j.1558-5646.1984.tb05657.x](https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1984.tb05657.x)

Yamamoto, S., Djarwaningsih, T., &

Wiriadinata, H. (2013). *Capsicum pubescens* (Solanaceae) in Indonesia: its history, taxonomy, and distribution. *Economic Botany*, *67*(2), 161-170. doi: [10.1007/s12231-013-9230-y](https://doi.org/10.1007/s12231-013-9230-y)

Financiamiento

Este trabajo ha sido financiado por FONCyT-ANPCYT (PICT 2015-3022, CCG; PICT 2017-0320, MS, Argentina), SECyT-UNC (PID 411-18, MS, Argentina), Austrian Science Fund (FWF, Lise Meitner M2282-B29, CCG, Austria), y un proyecto bilateral entre CONICET (PCB 2014-0401, CCG, Argentina) y Austrian Science Fund (FWF AI2119, HS, Austria).

Agradecimiento

Agradecemos al Dr. D. Pan por su introducción en la preparación y el procesamiento de datos de las librerías RAD-Seq. A la MSc. V. Kapetanovic por su introducción en el uso de las sondas de satDNA. A las autoridades de Argentina y Bolivia por aprobar los permisos de recolección en campo. También agradecemos al Centro de Recursos Genéticos de los Países Bajos (CGN) y a los distintos colegas y cultivadores que donaron/compartieron semillas de diferentes fuentes.

Fitoextractos como antagonistas de levaduras deteriorantes de alimentos



D.34. Agroalimentos

Fitoextractos como antagonistas de levaduras deteriorantes de alimentos

Autor: Carrizo, Natalí Ivana. natcarrizo96@gmail.com

Coautor: Carabajal Torres, José Agustín. acarabajal@cerela.org.ar

Profesores guía: Gerez, Carla Luciana. clugerez@cerela.org.ar ;

Soberón, José Rodolfo. jrsrody@yahoo.com

Universidad Nacional de Tucumán (UNT)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la actividad antifúngica de extractos etanólicos de diferentes plantas sobre levaduras deteriorantes de alimentos, aislar y purificar el/los compuesto/s bioactivo/s. Mediante maceración se obtuvieron extractos etanólicos (EE) de *Polygala senega*, *Quillaja saponaria* y *Kalanchoe daigremontiana* (KD). El rendimiento de extracción de material soluble se cuantificó y se evaluó la actividad antifúngica de los EE contra *Candida albicans* ATCC 10231 mediante el método de difusión en agar con discos. Sólo el EE de KD (EEKD, rendimiento= 1,87%) presentó halo de inhibición (diámetro= 14 mm) sobre la cepa indicadora por lo que fue seleccionado para continuar con los procedimientos de purificación. Se realizó aislamiento guiado por actividad antifúngica de el/los metabolito/s antifúngico/s presentes en EEKD mediante extracción con solventes y técnicas cromatográficas. Se encontró que la fracción con mejor relación de rendimiento y actividad antifúngica (rendimiento 53,96%, diámetro de halo de inhibición= 9 mm) contendría metabolitos antifúngicos de naturaleza química fenólica luego de aplicar los análisis por cromatografía en capa fina (CCF) + revelador de cloruro férrico.

Palabras clave: Extractos de plantas, *Kalanchoe daigremontiana*, Compuestos fenólicos.



INTRODUCCIÓN

Los alimentos de consumo humano o animal son susceptibles de alteraciones microbiológicas y/o de sus características organolépticas durante el almacenamiento. Este fenómeno no solo tiene consecuencias económicas, sino también puede representar un riesgo sanitario. La contaminación microbiana puede originarse por proliferación bacteriana o fúngica (hongos filamentosos y/o levaduras), ya que las características físicas y químicas del alimento pueden crear un ambiente propicio para el desarrollo de los mismos. Las levaduras tienen incidencia secundaria en la descomposición de alimentos, en comparación con la de hongos filamentosos y bacterias, sin embargo existen condiciones relacionadas con el proceso de preservación y manejo de los alimentos, que pueden afectar la actividad bacteriana y favorecer el incremento en las poblaciones de levaduras deteriorantes, ya que estas suelen ser más resistentes a condiciones de estrés, tales como el descenso en la actividad de agua, bajos valores de pH (por ejemplo por uso de ácidos orgánicos como preservantes químicos), bajos valores de temperatura, uso de antimicrobianos y otros inhibidores sintéticos (Loureiro *et al.*, 2003). Un ejemplo de ello se puede observar en la conservación de ensilados de forraje

usados para alimentar el ganado. Este proceso de conservación se debe principalmente a la alta concentración de ácido láctico producido por las bacterias lácticas de la microbiota epifítica del material vegetal, sin embargo, la presencia de levaduras asimiladoras de lactato del silo consume este ácido y provocan su deterioro aeróbico (Pahlow, 1982). Recientemente se reportó la producción de micocinas (toxinas) por parte de levaduras deteriorantes, las cuales podrían vincularse con el deterioro de alimentos. Las micocinas fueron por primera vez reportadas en cepas cerveceras de *Saccharomyces cerevisiae*, y luego en un gran número de especies de levadura de interés agronómico, ambiental, industrial y clínico, tales como las de géneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Pichia*, *Torulopsis* y *Williopsis*. (Lowe *et al.*, 2000)

Existe una alta demanda de alimentos libres de conservantes sintéticos, por lo que el aumento de la resistencia de las levaduras frente a condiciones de estrés limita el número de opciones viables, pero a la vez impulsa la búsqueda y desarrollo de conservantes naturales alternativos. Una fuente promisoriosa e inagotable de metabolitos antifúngicos se encuentra en el reino vegetal, ya sean en forma de especias, hierbas, frutas, semillas, hojas, cortezas y raíces (Souza *et al.*, 2005). Las propiedades antimicrobianas potenciales



de las plantas se han relacionado durante mucho tiempo con su capacidad para sintetizar, mediante el metabolismo secundario, varios compuestos químicos de estructuras relativamente complejas con actividad antimicrobiana, incluidos alcaloides, flavonoides, isoflavonoides, taninos, cumarinas, glucósidos, terpenos, fenilpropanos y ácidos orgánicos (Cowan, 1999). En base a esto, se propuso como objetivo en esta investigación evaluar la actividad antifúngica de fitoextractos de diferentes plantas y purificar los metabolitos activos sobre levaduras deteriorantes de alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1- Muestras vegetales

• ***Polygala senega*** (PS) L. (Polygalaceae). Es una especie de planta floral de la familia de las poligaláceas, nativa de Canadá. Son conocidas tradicionalmente por sus propiedades expectorante para tratar bronquitis y faringitis (Lacaille-Dubois *et al.*, 2005), pero también se registró que tiene actividad contra *Candida albicans* por su alto contenido en saponinas (Bruneton, 1995). Se utilizaron raíces desecadas, obtenidas de manera comercial, que se pulverizaron en un molinillo y luego se almacenaron en un lugar seco y oscuro para su posterior uso.

• ***Quillaja saponaria*** (QS) Molina (Quillajaceae). Es un árbol endémico de la Zona Central de Chile. Su extracto etanólico es conocido generalmente como adyuvante de vacunas, aunque recientemente las saponinas extraídas de esta planta mostraron actividad contra *C. albicans* y *C. tropicalis* (Moghimi-pour *et al.*, 2014). Se utilizaron partes de la corteza seca, obtenidas de manera comercial, que se pulverizaron en un molinillo y luego se almacenaron en un lugar seco y oscuro para su posterior uso.

• ***Kalanchoe daigremontiana*** (KD) Raym., - Hamet & Perriet (Crassulaceae). Es una planta suculenta que popularmente la llaman "Mala Madre" y que se encuentra ampliamente distribuida en áreas tropicales y subtropicales de África, Asia y América. Tradicionalmente es conocida por sus propiedades antiinflamatorias y analgésicas (Stefanowicz-Hajduk *et al.*, 2020), sin embargo, en cuanto a su espectro antimicrobial todavía no se han registrado publicaciones. Se utilizó un espécimen domesticado, que fue clasificado en el Instituto de Estudios Farmacológicos de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia (UNT) y del que se depositó un espécimen voucher en el herbario del instituto para futuras referencias. Se usaron sus partes aéreas para triturarlas en fresco, obteniéndose un



jugo que se empleó inmediatamente para la preparación del extracto.

2- Extractos vegetales

A cada muestra se le realizó una extracción con etanol (tintura), para ello se pesaron 1 g de la muestra pulverizada de PS y QS, los cuales se transfirieron a un Erlenmeyer con 20 mL de etanol 96°. Para KD se pesaron 400 g de hojas frescas, se trituraron, trasvasaron a un Erlenmeyer de 2000 mL y se llevó a volumen con etanol 96°. Todos los extractos se dejaron macerar durante 48 h en oscuridad. Posteriormente, la mezcla se filtró al vacío a través de un papel de filtro Whatman N° 17, empleando un embudo Büchner adaptado con tapón de goma perforado a un matraz kitasato. El extracto líquido generado fue evaporado a presión reducida mediante un rotavapor (Buchi modelo 011, Buchi Inc., Italia) a 60°C para eliminar el etanol. Finalmente, para eliminar la humedad total de los extractos se liofilizó (equipo Virtris 8 Literfreezerdryer, SL model, Virtis Company, Gardiner, New York, EEUU) para obtener un polvo, que se almacenó a 5°C.

3- Actividad antifúngica

La actividad antifúngica se determinó por el método de difusión en agar con discos utilizando una cepa de referencia *Candida*

albicans ATCC 10231, de colección ATCC (American Type Culture Collection), sensible a fluconazol (FLU), con genoma estable (Smolenski *et al.*, 1997).. La cepa se conserva en crioviales estériles con agua adicionada con dimetilsulfóxido (DMSO) (9:1 v/v), a -20°C (cultivos stock). Esta levadura fue seleccionada principalmente porque al tratarse de una cepa de referencia internacional, es posible aplicar métodos estandarizados que permitan comparar las actividades antifúngicas de las muestras ensayadas con las de sustancias usadas internacionalmente como referencia, además teniendo en cuenta su gran prevalencia epidemiológica, y además es utilizada en el testeo de alimentos ya que dicha especie se puede encontrar en diversos alimentos como vegetales, productos ácidos fermentados y granos (Orberá Ratón, 2004).

En la técnica se emplearon discos estériles de papel filtro (Whatman N° 17) de 5 mm de diámetro, que se impregnaron (2-8 mg del extracto etanólico) y se les dejó evaporar completamente el solvente bajo flujo laminar. Las placas conteniendo medio Mueller-Hilton (MH) agar se inocularon mediante la técnica de césped empleando hisopos estériles imbibidos con la cepa de *C. albicans* ATCC 10231 (inóculo ajustado al patrón 0,5 de la escala

de McFarland que corresponde entre 1-5 x 10⁶ UFC/mL de levaduras). Los discos impregnados se depositaron sobre la superficie de las placas inoculadas, y se incubaron en estufa a 35°C durante 24 h. Se determinó cualitativamente la actividad antifúngica, a través de la presencia o ausencia de halos de inhibición alrededor de los discos.

4- Extracción Líquido-Líquido

El fraccionamiento se realizó mediante solventes orgánicos de polaridades crecientes. Para ello se pesó 1 g de la muestra que se disolvió en 10 mL en una mezcla de agua destilada y etanol 96° en una proporción 3:2 (v/v). La mezcla se trasladó a una ampolla de decantación (100 mL), al cual se le fue agregando 10 mL de cada uno de los solventes: diclorometano, acetato de etilo y n-butanol, cuyo orden es estricto ya que corresponde al orden creciente de polaridad. Una vez recolectada cada fracción, se eliminó el solvente utilizando un rotavapor y se calculó el rendimiento extractivo.

5- Cromatografías

• **Cromatografía en columna de sílica gel 60:** se utilizó como fase estacionaria sílica gel 60 (tamaño= 0,063-0,200 mm, marca

70-230 Mesh) que se depositó en una columna de vidrio borosilicato de 21,5 x 3,2 cm, junto con la fase estacionaria conformada por el sistema de solventes diclorometano: metanol en proporción 3:1 (v/v), generándose un volumen de lecho estable de 200 mL. Luego se sembró la muestra disuelta en la fase móvil y se dejó correr a través de la columna hasta alcanzar el extremo inferior, desde ese momento hasta que el eluido es un líquido límpido y sin color se recolectó la muestra eluída mediante un colector de fracciones automático (Gilson, FC2013B), el cual la distribuyó en tubos de 5 mL (600 gotas). Durante la corrida cromatográfica, se utilizó el siguiente gradiente de solventes diclorometano:metano 3:1, 1:1, 1:3 respectivamente.

• **Cromatografía en columna de Sephadex LH20:** (Amersham Biociences, Uppsala, Suecia) Se preparó en una columna de vidrio borosilicato de 21,5 x 3,2 cm de Sephadex LH20 (fase estacionaria) junto con metanol (fase móvil). Luego se sembró la muestra disuelta en la fase móvil y se dejó correr a través de la columna hasta alcanzar el extremo inferior, desde ese momento hasta que el eluido es un líquido límpido sin color se recolectó la muestra eluída mediante un colector de fracciones automático (Gilson, FC2013B).

• **Cromatografía en capa fina (CCF):** se utilizaron placas de fase normal Sílica gel

60 F254 tipo analíticas, 200 μm de espesor de fase estacionaria (Macherey-Nagel Düren, Alemania), las cuales se cortaron con dimensiones adecuadas (6,7 mm x 6,7 mm) y en el extremo inferior se sembraron las muestras a analizar de manera puntual con la ayuda de capilares afinados y se dejó secar. Se preparó en la cuba cromatográfica la fase móvil, la cual estaba compuesta de acetato de etilo, ácido acético, ácido fórmico y agua destilada en las proporciones 100:11:11:27 (v/v) respectivamente (todos los solventes mencionados son calidad PA marca Sintorgan, Buenos Aires, Argentina). Se tapó la cuba y se dejó reposar durante 15 minutos para lograr saturación entre los vapores de la fase móvil. Cumplido ese lapso, se introdujo la placa con las muestras sembradas en la cuba saturada; la corrida se detuvo cuando la fase móvil alcanzó la distancia de 0,5 cm respecto al extremo superior de la placa. Luego se extrajo la placa de la cuba y se la dejó secar para poder ser reveladas. Se utilizaron dos reveladores:

- **-p-anisaldehído/ácido sulfúrico (PAS):** el p-anisaldehído se preparó con anticipación y se almacenó en un frasco color caramelo a 4°C, por lo que directamente se tomó 5 mL del solvente y se asperjó sobre la placa completamente. De la misma manera se procedió con el ácido sulfúrico diluido al 5% (v/v). Se dejó secar la placa y luego con

una pinza se la flameó a la llama de un mechero bunsen.

-Cloruro férrico: se preparó una disolución al 1% de cloruro de hierro (III) que se neutralizó con hidróxido sódico hasta que se formó un leve precipitado de $\text{FeO}(\text{OH})$. En este caso la fase móvil con la que se hace correr en la placa es un sistema de metanol: agua destilada en proporción 2:1 (v/v). Cuando la placa se secó, se asperjó este revelador sobre la placa hasta cubrirla completamente. La coloración de la placa fue inmediata y no requirió calor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1-Muestras vegetales y rendimientos de extractos etanólicos.

En el extracto etanólico de PS se obtuvieron de material soluble extraído (MSE) cuyo rendimiento representa 0.83% con respecto al gramo de la muestra original.

En el extracto etanólico de QS se obtuvieron 0,0127 g MSE que representa un 1,27% con respecto al gramo de la muestra original.

El extracto etanólico de KD (EEKD) registró 7,4 g de MSE a partir de 400 g del material vegetal fresco, lo que representa un rendimiento del 1,87%.

2- Actividad antifúngica de los extractos etanólicos.

La actividad inhibitoria de los extractos etanólicos de las tres especies vegetales sobre la cepa de referencia internacional *Candida albicans* fue evaluada y solamente se observó un halo de inhibición nítido y definido (diámetro de 14 mm) alrededor de los discos que contenían el EEKD (**Fig. 1**).

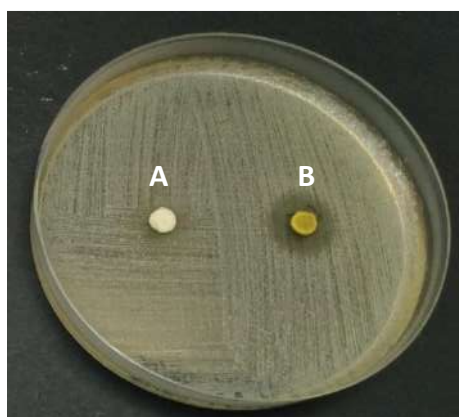


Fig. 1. Actividad antifúngica de extracto etanólico de *Kalanchoe daigremontiana* sobre *C. albicans* ATCC 10231. Disco A: control solvente. Disco B: EEKD (8 mg MSE)

A partir de los resultados obtenidos se continuaron los estudios empleando solamente el EEKD. En la **Figura 2** se muestra el esquema de trabajo empleado para el aislamiento y purificación de los metabolitos bioactivos involucrados en el efecto inhibitorio.

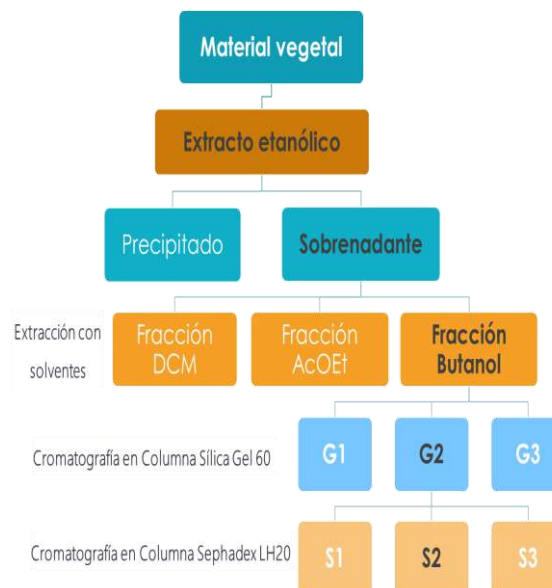


Fig 2. Esquema general de aislamiento biodirigido de EEKD.

Se obtuvieron tres fracciones correspondientes a los diferentes solventes que se utilizaron: diclorometano, acetato de etilo y n-butanol, con orden creciente de polaridad. A partir de 1g de EEKD se obtuvieron 0,0415 g de MSE de la fracción de diclorometano (rendimiento= 4,15%), 0,1164 g MSE del extracto de acetato de etilo (rendimiento= 11,64%) y 0,1101 g MSE del extracto butanólico (BKD) (rendimiento= 11,01%).

La actividad antifúngica de las 3 fracciones fue evaluada por el método antes mencionado. Alrededor de los discos con el extracto obtenido con acetato de etilo y BKD se observaron halos de inhibición de similar diámetro (10 mm) (**Fig. 3**).

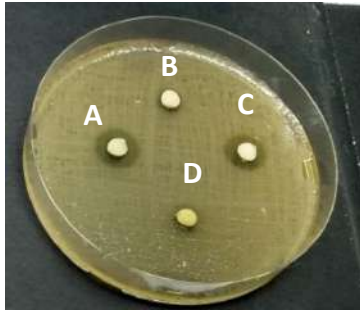


Fig. 3. Actividad antifúngica de fracción de Acetato de Etilo (A), fracción diclorometano (B), fracción de n-Butanol (C), fracción residual (D).

En base a estos resultados se estableció un criterio de selección en el que se consideró el rendimiento, actividad antifúngica y polaridad. Según estas premisas se decidió optar por el BDK debido a que fue uno de los que tuvo mayor rendimiento de las fracciones, presenta una considerable actividad antifúngica y debido a la polaridad del solvente n-butanol es posible extraer compuestos de mayor polaridad lo que lo hace más permisible a la hora de realizar pruebas biológicas.

4-Separación mediante Cromatografía en columna de sílica y CCF:

En una columna de sílica se sembró 0,3174 g del BDK y se recolectaron 40 fracciones, a las cuales se les realizó una CCF para poder dilucidar en cuántos grupos químicos se separó la fracción en la corrida cromatográfica. Como revelador se optó

por usar el PAS debido a que permite poner en evidencia terpenos, fenoles y saponinas. En las placas se pudieron distinguir tres perfiles de bandas por lo que se dividieron en tres grupos químicos (**Fig. 4**) cuyo peso de MSE fueron los siguientes 0,0616 g (rendimiento= 19,41%) de G1, 0,1189 g (rendimiento= 37,46%) de G2 y 0,0406 g (rendimiento= 12,79%) de G3. Estos grupos se sometieron a la prueba de actividad antifúngica siendo G2 el único

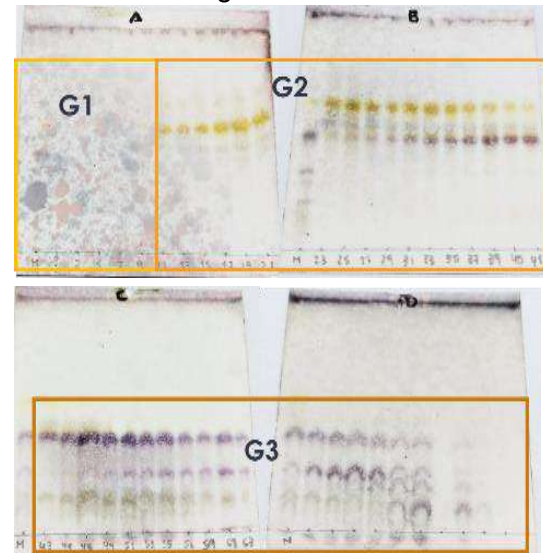


Fig. 4. CCF de fracciones obtenidas por cromatografía de columna de BKD. Los 3 perfiles cromatográficos se distinguen como G1, G2 y G3.

grupo que demostró actividad antifúngica (diámetro de halo de inhibición = 13 mm) (**Fig.5**).

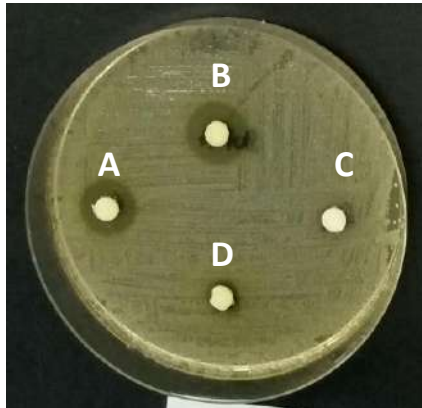


Fig. 5. Actividad antifúngica de fracción G2 (A), BDK (B), fracción G1 (C), y fracción G3 (D).

5- Separación mediante Cromatografía en columna de sephadex LH20 y CCF.

A partir de los resultados previos, se estudió a continuación la fracción G2. Se sembró 0,1440 g del G2 y se recolectaron 20 fracciones, las cuales pasaron por una CCF con revelador PAS para poner en evidencia de cuántos grupos químicos se separó la fracción en la corrida cromatografica. En las placas se distinguen tres perfiles de bandas por lo que se dividieron en tres grupos químicos (**Fig. 6**) cuyo peso de MSE fueron los siguientes 0,0176 g (rendimiento= 12,22%) de S1, 0,0777 g (rendimiento= 53,96%) de S2 y 0,0372 g (rendimiento= 25,83%) de S3.

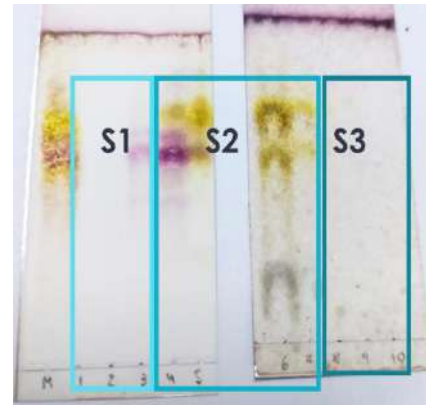


Fig. 6. CCF de fracciones obtenidas por cromatografía de columna de G2. Los 3 perfiles cromatográficos se distinguen como S1, S2 y S3.

Estos grupos se sometieron a la prueba de actividad antifúngica siendo S2 el único grupo que presentó el halo de inhibición (diámetro= 9 mm). (**Fig. 7**).

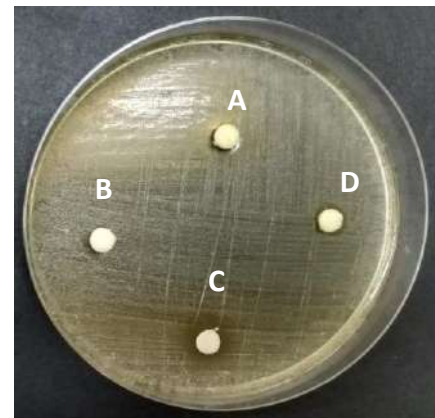


Fig. 7. Actividad antifúngica de fracción G2 (A), fracción S1 (B), fracción S2 (C) y fracción S3 (D).

En base a estos datos, se decidió evaluar la naturaleza química de los metabolitos presentes en la fracción S2. Se realizó otra TLC utilizando cloruro férrico como revelador, el cual permite reconocer la presencia de compuestos fenólicos. Cuando se atomizaron las placas inmediatamente se pudieron observar unas bandas de color azul sobre un fondo amarillo (**Fig. 8**), lo que sugirió la presencia de compuestos fenólicos.

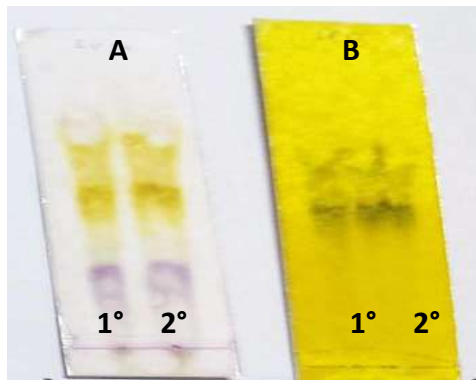


Fig. 8. CCF de fracción G2 (1° punto de siembra) y S2 (2° punto de siembra), revelado con PAS (A) y cloruro férrico (B)

Como anteriormente se mencionó, existe escasa información registrada en bibliografía de *Kalanchoe daigremontiana*, principalmente sobre potencial efecto antimicrobiano. Otras especies del mismo género, como *Kalanchoe pinnata*, fueron estudiadas por Ogunshe y col. (2008). Estos autores reportaron un efecto inhibitorio del extracto etanólico de *K. pinnata* sobre *C. albicans*, *C. tropicalis* y *C.*

glabrata. Este efecto fue relacionado con compuestos fenólicos que posee *K. pinnata* como por ejemplo los flavonoides Kaempferol y quercetina y sus derivados [Smolenski, 1997; Anooj, 2009], cuya actividad antifúngica fue documentada contra otras cepas del género *Candida* (Rocha *et al.*, 2019).

CONCLUSIÓN

El extracto etanólico de *Kalanchoe daigremontiana* presenta actividad antifúngica sobre *C. albicans*, cuyo efecto inhibitorio involucra a compuesto/s de naturaleza fenólica. Estos resultados incentivan a continuar los estudios a fin de investigar la identidad de los compuestos responsables del efecto inhibitorio con la intención de formular un biopreservante de origen vegetal que responda a la demanda actual del mercado por alimentos libres de conservantes químicos.

BIBLIOGRAFÍA:

- Anooj K., & Ajay K. S. (2009) *Bryophyllum pinnatum* (Lam) Kurz. : Phytochemical and Pharmacological Profile: A Review. *Pharmacognosy Reviews*; 3 (6): 364-374.
- Bruneton, J (1995) *pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants*, Intercept Ltd, Adover, 928pp



Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582

Lacaille-Dubois, M. A., & Mitaine-Offer, A. C. (2005). Triterpene saponins from Polygalaceae. *Phytochemistry Reviews*, 4(2), 139-149. Sun, H.-X.; Xie, Y.; Ye, Y.-P. Advances in saponin-based adjuvants. *Vaccine* 2009, 27, 1787-1796.

Loureiro, V., & Malfeito-Ferreira, M. (2003). Spoilage yeasts in the wine industry. *International journal of food microbiology*, 86(1-2), 23-50.

Lowes, K. F., Shearman, C. A., Payne, J., MacKenzie, D., Archer, D. B., Merry, R. J., & Gasson, M. J. (2000). Prevention of yeast spoilage in feed and food by the yeast mycocin HMK. *Applied and environmental microbiology*, 66(3), 1066-1076.

Moghimpour, E., Sadaghi-Nejad, B., Handali, S., Ameri, A., Ramezani, Z., & Azemi, M. E. (2014). In vitro screening of anti-candida activity of saponins extracted from *Glycyrrhiza glabra* and *Quillaja saponaria*. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 160-162.

Ogunshe, A. A., Lawal, O. A., & Iheakanwa, C. I. (2008). Effects of simulated

preparations of plants used in Nigerian traditional medicine on *Candida* spp. associated with vaginal candidiasis. *Ethnobotany research and applications*, 6, 373-383.

Orberá Ratón, T. de los M. (2004). Acción perjudicial de las levaduras sobre los alimentos. *Revista Cubana de Salud Pública*, 30(3)

Pahlow, G. (1982). Verbesserung der aeroben stabilität von silagen durcimpfpräparate. *Das Wirtsschaftseigene Futter*, 28, 107-122.

Rocha, M. F. G., Sales, J. A., da Rocha, M. G., Galdino, L. M., de Aguiar, L., Pereira-Neto, W. D. A., & Brillhante, R. S. N. (2019). Antifungal effects of the flavonoids kaempferol and quercetin: A possible alternative for the control of fungal biofilms. *Biofouling*, 35(3), 320-328.

Smolenski, G., Sullivan, P. A., Cutfield, S. M., & Cutfield, J. F. (1997). Analysis of secreted aspartic proteinases from *Candida albicans*: purification and characterization of individual Sap1, Sap2 and Sap3 isoenzymes. *Microbiology*, 143(2), 349-356.

Souza, E. L. D., Stamford, T. L. M., Lima, E. D. O., Trajano, V. N., & Barbosa Filho, J.



M. (2005). Antimicrobial effectiveness of spices: an approach for use in food conservation systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, 549-558.

Stefanowicz-Hajduk, J., Asztemborska, M., Krauze-Baranowska, M., Godlewska, S., Gucwa, M., Moniuszko-Szajwaj, B., Ochocka, J. R. (2020). Identification of Flavonoids and Bufadienolides and Cytotoxic Effects of *Kalanchoe daigremontiana* Extracts on Human Cancer Cell Lines. *Planta Medica*. doi:10.1055/a-1099-9786

Integración de ómicas para un uso eficiente de los genes del germoplasma silvestre de tomate que aportan a la mejora de la calidad del fruto



D.34. Agroalimentos

Integración de ómicas para un uso eficiente de los genes del germoplasma silvestre de tomate que aportan a la mejora de la calidad del fruto

Autor: Cacchiarelli, Paolo; cacchiarelli@iicar-conicet.gob.ar

Tutotes: Pratta, Guillermo R. gpratta@unr.edu.ar; Tapia, Elizabeth
tapia@cifasis-conicet.gov.ar

Universidad Nacional de Rosario (UNR) - Santa Fe, Argentina.

Resumen

Objetivos

El tomate es una Solanácea originaria de los países andinos. En la actualidad es considerada la segunda hortaliza de mayor importancia a nivel global. En los programas de mejoramiento es usual el cruzamiento con especies silvestres autóctonas de América del Sur, pues presentan diversidad y variabilidad en sus caracteres organolépticos. Sin embargo, su uso trae aparejado efectos indeseables sobre caracteres como peso del fruto, que la selección asistida por marcadores moleculares puede minimizar. La disponibilidad de herramientas ómicas permite desarrollar marcadores de ADN en base a la función de los transcriptomas asociados. En este contexto, análisis *in silico* demostraron que un grupo de genes que codifican a las *small Heat Shock Proteins* (sHSPs) desempeñan funciones de regulación frente a diferentes tipos de estrés bióticos y abióticos, manteniendo la homeostasis celular por mayor tiempo y prolongando las buenas características de calidad del fruto.

Metodología

Se desarrollaron marcadores moleculares SNP a través del polimorfismo detectado en la región genómica donde mapean 4 de las 33 sHSPs de expresión diferencial durante la madurez.

Resultados principales

La caracterización molecular de 18 familias F_4 ($n = 90$) de tomate permitió detectar QTLs para altura, color, dureza, diámetro, peso y pH del fruto. La integración de conocimientos genómicos, transcriptómicos y fenómicos permitió disponer de marcadores moleculares asociados a caracteres del fruto que permiten realizar selección asistida para lograr un uso eficiente de genes del germoplasma silvestre de tomate en los programas de mejoramiento genético tendientes a obtener nuevas variedades de calidad superior.

Palabras claves: *Solanum* spp., Mejoramiento genético, Caracteres de calidad del fruto



Introducción

El tomate cultivado (*Solanum lycopersicum* L.) es la segunda Solanácea de mayor importancia económica en el mundo, luego de la papa. La superficie cultivada dedicada a este cultivo representa el 0,6% a nivel mundial. Su producción se divide principalmente dependiendo del destino, siendo producido para el mercado en fresco o para industria. Para la producción destinada a consumo en fresco, es crucial obtener frutos con alta calidad y también con larga vida poscosecha, ya que las pérdidas en esta etapa de frutas y hortalizas en los países en desarrollo representan casi el 50 % de lo producido (Meli *et al.*, 2010). En consecuencia, tomates de alta calidad comercial y larga vida son fuertemente apreciados para su producción y comercialización como fruto fresco, por lo que las variedades élites con estos atributos son una meta en los programas de mejoramiento genético de la especie. Los atributos de calidad del fruto son de gran importancia biológica, histórica y económica para este cultivo. La obtención de nuevas variedades es el principal objetivo de muchas investigaciones, y hasta el momento estuvo limitada a la introgresión de genes mutantes para la maduración *nor* (*non ripening*), *rin* (*ripening inhibitor*), *alc*

(*alcohaca*) y *Nr* (*never ripe*) en fondos genéticos élites. Esta estrategia puede llevarse a cabo por transgénesis o cruzamientos con estos mutantes espontáneos que retrasan la madurez, pero poseen implicancias socio-económicas desfavorables pues otros caracteres agronómicos de interés son modificados en forma negativa o indeseable. En consecuencia, es necesario buscar otras estrategias para la obtención de nuevas variedades.

En los programas de mejoramiento genético de tomate es usual realizar cruzamientos con especies silvestres para incrementar la variabilidad genética del tomate cultivado. El uso de la biodiversidad relacionada con un cultivo es una alternativa para incrementar la variabilidad disponible, pero junto a la ampliación de la base genética suelen aparecer caracteres agronómicamente indeseables como depresión en el rendimiento, disminución del peso de los frutos, presencia de pubescencia en hojas y frutos y/o metabolitos secundarios que afectan la calidad del producto (van de Wouw *et al.*, 2010).

Dentro del clado de tomate, se conocen 13 especies pertenecientes al género *Solanum* sección *Lycopersicon*, de las cuáles 12 son silvestres y una cultivada (Peralta *et al.*, 2008). Las



especies silvestres crecen en distintas regiones andinas de América del Sur, en los más diversos ambientes característicos de este subcontinente. La zona de distribución de tomates silvestres se encuentra definida por la región comprendida entre Ecuador y el norte de Chile. El tomate fue domesticado en dos etapas con dos centros independientes, una inicial que fue en Perú y Ecuador y una segunda en la región de la península de Yucatán, en México (Blanca *et al.*, 2012 y 2015). Su dispersión por el mundo comenzó con la llegada de los conquistadores españoles a América, siendo llevado de México a Europa y posteriormente, de allí se dispersó al resto del mundo.

En este contexto,, diferentes estudios experimentales comenzaron a ser llevados a cabo por el grupo de Mejoramiento Genético de Tomate (MGT) de la Cátedra de Genética FCA-UNR desde los años '90, que aportaron el conocimiento básico sobre las modificaciones en la estructura genómica del tomate cultivado *S. lycopersicum* (cultivar argentino Caimanta, C, de tipo platense) causadas por la incorporación del germoplasma silvestre de *S. pimpinellifolium* (accesión LA0722, P, recolectada en Trujillo, La Libertad, Perú) para prolongar la vida poscosecha de los

frutos y mejorar su calidad. Los cambios fenotípicos asociados al uso de genes de especies silvestres pueden ser evaluados para la generación de nuevos materiales genéticos que satisfagan la demanda de los productores y los consumidores, y que además estén adaptados al ambiente y las formas de cultivo locales. El grupo de investigación tiene amplia trayectoria en esta área y ha obtenido 18 líneas recombinantes (RILs, siglas del inglés: *Recombinant Inbred Lines*) de tomate obtenidas a partir del cruzamiento interespecífico mencionado, que dio origen a la F₁ CxP (Híbrido de Primer Ciclo, HPC), mediante selección antagónica y divergente para peso y vida poscosecha de los frutos (Rodríguez *et al.*, 2006). Dos de estas 18 RILs presentan características particulares, como color amarillo una de ellas (a pesar de que ambos progenitores poseen color final rojizo) y forma perita la otra (a pesar de sus progenitores poseen forma redonda o aplanada), lo que evidencia la alta variabilidad generada. Algunas RILs fueron seleccionadas para nuevos cruzamientos (Pratta *et al.*, 2011) que generaron Híbridos de Segundo Ciclo (HSC) en los que se observaron distintos tipos de efectos génicos (Pereira da Costa *et al.*, 2016, Cabodevila *et al.*, 2017). Esto demostró una gran componente de



variación genética sobre la variabilidad fenotípica observada, por lo que en las generaciones segregantes de los HSC se presentaron nuevas combinaciones genotípicas entre los alelos favorables que fueron acumulados durante las sucesivas generaciones de autofecundación y selección a través de las cuáles se originaron sus líneas progenitoras, en congruencia con lo postulado por De Toledo *et al.* (1984), Pooni and Jinks (1985) e Ipsilandis *et al.* (2006) en especies autógamias (Ferraz de Toledo, 1987). En consecuencia, estas generaciones segregantes tempranas de segundo ciclo representan una población promisoría para continuar realizando selección y detecta nuevos QTLs (*Quantitative Trait Loci*, o *loci* de caracteres cuantitativos) o bien validar QTLs identificados en sus antecesores.

Este grupo de trabajo ha analizado previamente las generaciones F_2 de tres HSC promisorios (Cabodevila *et al.*, 2013), apareciendo el HSC (ToUNR18 x ToUNR1) como el más apropiado para avanzar a generaciones con mayor grado de homocigosis. En este proceso, el uso de Marcadores Moleculares (MM) posibilita estimar con precisión el número, tipo y magnitud de los efectos génicos involucrados en la determinación de un carácter cuantitativo, volviendo más

eficiente el proceso de obtención de variedades élites. Varias características del fruto fueron ya asociadas a marcadores moleculares (Tanksley *et al.*, 1996; Grandillo y Tanksley 1996; Bernacchi *et al.*, 1998; Fulton *et al.*, 2000; Causse *et al.*, 2001; Gonzalo y van der Knaap 2008), habiendo señalado estos autores la importancia de aplicar marcadores moleculares específicos de cada especie y generación segregante para identificar con menos incertidumbre los genes de interés agronómico presentes en cada población particular.

Paralelamente, los avances en las nuevas tecnologías de secuenciación o NGS (del inglés, *Next Generation Sequencing*) y el auge de la técnica *RNA-seq* permitieron desarrollar estudios genómicos y transcriptómicos de gran alcance. La Transcriptómica es capaz de detectar genes expresados en forma diferencial en diversas situaciones de desarrollo, como es el caso de la maduración de los frutos, o bien durante situaciones de estrés biótico y/o abióticos.

La Genómica ha permitido la secuenciación completa de varios genomas vegetales, entre los que se encuentra el tomate. Este evento ha convertido a la especie en un referente mundial para la integración de Ómicas en el mejoramiento genético de los cultivos,



por lo que la secuenciación del genoma de tomate ha marcado un antes y un después en la historia de la Fitotecnia. Dicha secuenciación fue llevada a cabo en el año 2012 en el cultivar Heinz 1706 de la especie *S. lycopersicum* y permitió la construcción de un genoma de referencia. El grupo de MGT cuenta con las secuencias genómicas de los progenitores utilizados en el programa de mejoramiento genético (los ya mencionados C y P), accediendo así al conocimiento de estructura de la información hereditaria de ambos materiales, lo que resultó de gran utilidad para el desarrollo de marcadores moleculares para continuar con la generación, recombinación y selección de variabilidad genética de forma más eficiente (Cambiaso *et al.*, 2019). Recientemente, también se ha obtenido, mediante la técnica de *RNA-seq*, los transcriptomas de estos mismos progenitores en las principales etapas de desarrollo y maduración del fruto: los estados verde maduro (VM), pintón (Pi) y rojo maduro (RM) (Cacchiarelli *et al.*, 2021). En consecuencia, se dispone ahora no sólo de conocimiento sobre la estructura de la información hereditaria sino también de su función respecto a procesos biológicos relacionados a la determinación de los atributos que componen a la calidad del fruto.

Estudios previos en este cultivo identificaron a una familia génica, denominadas *small Heat Shock Proteins* (sHSPs, o pequeñas proteínas del choque térmico), que desempeñan diversas funciones de regulación durante el desarrollo del fruto y frente a diferentes situaciones de estrés. Estas proteínas presentan actividad de chaperonas moleculares previniendo la agregación irreversible dentro de la célula de otras proteínas que cumplen funciones vitales. Los genes que codifican las proteínas de sHSPs constituyen una familia multigénica que se caracteriza por el bajo peso molecular (entre 15 y 42 kDa) y sus productos de expresión cumplen entonces un rol homeostático en relación al mantenimiento de las características de los frutos durante mayores períodos de tiempo. De la totalidad de sHSPs detectadas en el genoma de referencia mundial de tomate (33 sHSPs), este grupo de trabajo dirigió principal atención a 4 sHSPs cuyos genes se ubican repetidos en tándem en el cromosoma 6 debido a que su expresión representa alrededor del 57% del total de transcritos en el estado RM del fruto. A partir de esta información, el enfoque fue puesto en la región del cromosoma 6 del genoma de tomate en que se ubican estos 4 genes. Miembros de una subfamilia de las sHSPs. Así, la



comparación de esta región génica de interés (18 kb aprox.) entre ambos progenitores del programa puso en evidencia polimorfismo en la secuencia de tipo InDels (Inserción/Delección de bases), que fue estratégica para desarrollar marcadores moleculares cuyo comportamiento esperado es la codominancia. Sin embargo, y a pesar de que se detectaron asociaciones novedales entre estos marcadores InDels y caracteres como peso, diámetro y altura de los frutos, la caracterización molecular de una generación F_4 del HSC (ToUNR 18 x ToUNR 1) demostró que se comportaron como marcadores dominantes. Debido a este comportamiento, se llevó adelante una exploración de la región cromosómica a través de secuenciación de tercera generación, tecnología capaz de revelar con exactitud toda la longitud de la secuencia a analizar y que permite poner de manifiesto la arquitectura y estructura genética con precisión óptima, encontrándose que la secuencia sobre la que se diseñaron los cebadores de los InDels sólo complementaba de forma exacta con el genoma de C. Los apareamientos incorrectos con el genoma de P hacían que, si solo se apareaban con este ADN, había amplificación de una banda de menor tamaño (de acuerdo a lo visualizado en la secuencia de segunda

generación) pero en la F_1 CxP, cuyo ADN ofrece como posibles amplicones tanto a la forma de C como la de P, solo amplifica por su mayor complementariedad la forma de C, explicando así el comportamiento dominante de los InDels.

Dado que a fin de determinar con mayor precisión los efectos génicos involucrados en caracteres cuantitativos para lograr un mayor aprovechamiento de los genes de especies silvestres incorporados (en otras palabras, a fin de determinar si el material a comercializar será un híbrido o una variedad homocigota), es necesario contar con marcadores codominantes, se decidió explorar la región con MM tipo SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*). Éstos son una alternativa rápida y eficiente para distinguir los genotipos homocigotas de los genotipos heterocigotas, debido a que su frecuencia esperada de ocurrencia en un genoma es más alta que la de InDels. Sin embargo, la utilización de las variantes CAPS (Secuencia Polimórfica Amplificada y Cortada) de los SNPs, de amplia aplicación en los programas de mejoramiento, no fue viable ya que requieren de una restricción enzimática, y las variaciones que permiten detectar la presencia o ausencia de estos sitios de restricción no fueron encontrados en la región del cromosoma 6 en la que se



ubicar los 4 miembros de las sHSPs bajo estudio debido a su pequeño tamaño. Ya que los CAPS no fueron una opción para este caso, se decidió emplear la técnica de Sanger (secuenciación de primera generación) para caracterizar la variabilidad molecular que a nivel de SNP existe en la zona de interés. Si bien su uso es relativamente más oneroso en tiempo y dinero que el de los CAPS, esta técnica tradicional implica costos razonables y permite efectuar una primera aproximación con marcadores codominantes a la región cromosómica en la que se encuentran los 4 genes aportados por el germoplasma silvestre cuyo efecto sobre características cuantitativas que hacen a la calidad de fruto se desea analizar. De esta manera, los estudios presentados aquí tuvieron como objeto integrar ómicas (secuenciación de primera, segunda y tercera generación, transcriptómica y fenómica, o estudio a gran escala de fenotipos) a fin de detectar eficientemente el efecto sobre la calidad de fruto de los genes de especies silvestres incorporados al genoma de tomate cultivado, posibilitando la detección de efectos génicos que lleven a una decisión con base sólida sobre el tipo de material a ofrecer a los productores. Esta estrategia tiene por meta final, además, la reducción

de los tiempos de desarrollo de una variedad élite dentro de un programa de mejoramiento genético, asistiendo al mismo con diferentes metodologías y herramientas de análisis de la variabilidad genética y las estrategias para su uso. De esta forma, es posible asistir traslacionalmente a las actividades que se realizan en la Fitotecnia, avanzando hacia la obtención del ideotipo más adecuado a la demanda de los mercados locales, nacionales e internacionales.

Objetivos

Caracterizar la generación F_4 de un HSC mediante marcadores moleculares SNP desarrollados en base al polimorfismo entre los progenitores para la secuencia genómica en la que se localizan genes de expresión diferencial y detectar asociaciones entre las variaciones genómicas, transcriptómicas y fenómicas relacionadas a caracteres de calidad.

Materiales y métodos

Material Vegetal

La generación segregante F_4 obtenida a partir del HSC (ToUNR18 x ToUNR1) fue caracterizada molecular y fenotípicamente en este trabajo. Las plantas fueron seleccionadas a través de los datos fenotípicos de la F_3 , de manera antagónica y divergente para las variables peso y vida poscosecha. Se sembraron 12



plantas por familia F_4 ($n = 216$) más 10 plantas de los genotipos uniformes como testigos ($n = 80$) en bandejas de germinación de 72 celdas de 55 cm^3 utilizando el sustrato N°1 de Dynamics (www.dynamicscompost.com.ar) con un total de 296 plántulas. A los 45 días se realizó el trasplante a tierra en invernadero semicontrolado, en un diseño completamente aleatorizado. Las plantas fueron regadas por goteo diariamente durante todo el ciclo del cultivo evitando el estrés hídrico de las mismas mediante el ajuste en la cantidad de agua suministrada. La temperatura establecida para el invernadero fue de $27 \pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$, la intensidad de luz de $700 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ y la humedad relativa de 60 %.

Caracterización fenotípica de la generación segregante F_4

Se cosecharon frutos de las 18 familias segregantes y los genotipos uniformes para evaluar diferentes caracteres de interés agronómico. En diez frutos en estado Pi (cuando el 10% de la superficie del fruto vira hacia el color de madurez) se evaluaron: peso (P_e , en g), diámetro (D , en cm), altura (A , en cm), forma (cociente entre A y D) y vida poscosecha (VP), expresada como los días transcurridos desde la cosecha hasta el inicio del ablandamiento del fruto. Para evaluar este último carácter los frutos se

almacenaron en estantería a $25 \pm 3^\circ\text{C}$ de temperatura ambiente. Siguiendo la metodología propuesta por Schuelter *et al.* (2002) los frutos se examinaron tres veces por semana descartando aquellos comercialmente inaceptables por mostrar arrugamiento o excesivo ablandamiento. Aproximadamente a seis u ocho frutos de cada planta en estado RM se les midió la dureza (D_u) con un durómetro manual tipo Shore A Durofel y el color con un cromámetro MINOLTA CR400, a través del porcentaje de reflectancia (L), variando desde 0 para negros a 100 para blancos y el cociente a/b , siendo "a" la absorbencia a longitudes de onda de 540 nm y "b" la absorbencia a longitudes de onda de 675 nm. Se obtuvo luego el jugo del pericarpio a partir de frutos cosechados en estado RM y se evaluaron los siguientes caracteres: contenido en sólidos solubles (SS, en $^\circ\text{Brix}$), medido con un refractómetro manual; acidez, medida a través del pH del jugo homogeneizado y de la acidez titulable (AT, en gramos de ácido cítrico/100 gramos de jugo). Con la información recolectada, se probó la distribución normal mediante la prueba propuesta por Shapiro y Wilk (1965). Los datos recolectados se compararon mediante un ANOVA a un criterio de clasificación, a partir de cuyos cuadrados medios se calculó la heredabilidad en



sentido estricto (h^2). Debido al porcentaje de homocigosis esperado para esa generación, el coeficiente de correlación intraclase t fue corregido multiplicándose por $7/6$, producto que permitió finalmente estimar la h^2 para cada carácter de interés.

Detección de polimorfismo molecular y desarrollo de cebadores para generar marcadores SNP

A fin de desarrollar MM tipo SNP que pongan en evidencia el polimorfismo presente en esta región de ~17,9 kb donde mapean las 4 sHSPs del cromosoma 6 que de acuerdo a la información transcriptómica mostraron expresión diferencial entre C y P, se realizó la detección y localización de diferencias en nucleótidos únicos entre los genomas de estos progenitores. La comparación de las secuencias nucleotídicas se realizó en un principio con el uso de la herramienta BLAST+ (Basic Local Alignment Search Tool) (Altschul *et al.*, 1997) para establecer las coordenadas de cada gen de sHSPs. La extracción de la región se realizó con la herramienta *faidx* perteneciente al toolkit de SAMtools (Li *et al.*, 2009), siguiendo las coordenadas que se obtuvieron previamente mediante la herramienta BLAST (Cacchiarelli *et al.*, 2021). La comparación de estas regiones en donde

se encuentran las sHSPs se realizó utilizando los genomas de los progenitores alineados frente a la referencia de tomate del cv. Heinz 1706 (Cambiaso *et al.*, 2019). Luego, las regiones extraídas de ambos progenitores se alinearon con la herramienta *needle* que se encuentra disponible de manera online en el sitio web del EBI, del inglés 'European Bioinformatics Institute' (Rice *et al.*, 2000) (https://www.ebi.ac.uk/Tools/psa/emboss_needle/). La comparación de estas regiones a través del alineamiento de sus secuencias permitió poner de manifiesto los polimorfismos que las diferencian. A partir de estos análisis se detectaron cambios de única base o SNP, que se emplearon para desarrollar MM para su posterior uso en la caracterización molecular de la población segregante. El diseño de los cebadores que amplifican la región identificada se hizo con la herramienta *online* Primer3 (Untergasser *et al.*, 2012) (<https://primer3.ut.ee/>), considerando los parámetros '*any_th*', '*3'_th*' y '*hairpin*' cercanos o igual a 0 para lograr alta calidad y especificidad.

Validación de los marcadores moleculares

Para validar los marcadores desarrollados, se realizó la extracción de ADN siguiendo un protocolo estándar a partir de hojas jóvenes pertenecientes a



cada uno de los genotipos uniformes: C, P su F_1 (HPC), ToUNR18, ToUNR1 y su F_1 (HSC). El ADN extraído de estos genotipos de primer ciclo se chequeo en geles de agarosa al 1% p/v realizando corridas electroforéticas de 30 minutos a 140 V con buffer TAE 1X y tinción con SYBR® Safe (Thermo Fisher Scientific®, Waltham, MA, EEUU). La amplificación a partir de ADN genómico se realizó a través de PCR siguiendo los pasos del protocolo. Se chequeó su funcionamiento en geles de agarosa al 1% p/v realizando corridas electroforéticas de 30 minutos a 140 V con buffer TAE 1X y tinción con SYBR® Safe, para su posterior secuenciación mediante tecnología Sanger®.

Caracterización molecular por SNP de la población F_4

El marcador molecular tipo SNP se utilizó en la población de plantas F_4 (n = 90 a fin de usar eficientemente las celdas disponibles) y se llevó a cabo a través de pirosecuenciación con tecnología Sanger®. La amplificación por PCR se llevó a cabo según protocolo correspondiente y con modificación en la temperatura de anillamiento. La calidad de las amplificaciones de estos SNP fue chequeada en geles de agarosa, tal lo descripto previamente. El total de muestras a laboratorio tercerizado (Centro

Científico, Tecnológico y Educativo 'Acuario del Río Paraná' - Laboratorio Mixto de Biotecnología Acuática) en donde previo a la secuenciación se corroboró la calidad de las muestras mediante espectrofotómetro NanoDrop® 2000 y se purificó por método enzimático.

Detección de QTL mediante el uso de marcadores tipo SNP

Para categorizar las plantas en relación al SNP, luego de disponer de las secuencias, se eliminaron los caracteres especiales y se corrigieron los IDs para la posterior identificación de los individuos. El agrupamiento de los amplicones fue llevado a cabo en la plataforma online del EBI con la herramienta Clustal Omega (<https://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalo/>) que permite alinear múltiples secuencias a la vez, usando los parámetros de manera predeterminada. Luego de categorizados los amplicones como homocigotos tipo C, homocigotos tipo P o heterocigotas como el HPC, la detección de QTLs se hizo a través de un análisis de único punto, a fin de integrar la variabilidad genética (detectada a través de variaciones en el transcriptoma) con la fenómica (detectada a través de las caracteres cuantitativos mencionados previamente). Se aplicó un ANOVA unifactorial, en las que la fuente de variación fue el estado genotípico del SNP descripto en el párrafo anterior. Para

aquellos caracteres que resultaron asociados al MM, y dado que éste se comportó como codominante se calcularon los grados de dominancia, a fin de conocer los efectos génicos involucrados en su expresión. Para esto, se aplicó el test de Duncan para hacer la comparación de medias y se estimaron los valores genotípicos de cada homocigota (valor *a*), del heterocigota (valor *d*) y el grado de dominancia (*d/a*). En todos los casos, las diferencias fueron consideradas significativas con un *p-value* < 0,05.

Resultados y discusión

Caracterización fenotípica de la generación segregante F₄

La prueba de Shapiro y Wilk (1965) demostró que en la generación F₄ todas las variables fenómicas estudiadas se distribuyeron normalmente, con valores de W por encima de 0,91 y *p* > 0,05 (n.s.). La excepción fue peso, con un valor de W = 0,86 y *p* < 0,05, por lo se lo transformó por logaritmo natural. Para este estudio fenómico, se cosecharon en promedio 2377 frutos para el estudio de los caracteres morfológicos y un promedio de 1471 frutos para el estudio de los caracteres organolépticos, dependiendo la cantidad de frutos por planta de acuerdo al tamaño de los mismos (Figura I). Para medir pH, SS y AT se lograron 240 jugos en promedio a partir de los frutos

cosechados en invernadero. Los valores de *h*² para cada carácter, estimados a partir del ANOVA, se presentan en la Tabla I e indican que una alta proporción de la variabilidad fenotípica se debe a variancia aditiva, un componente de variación genética que permite su mejora genética por selección artificial.



Figura I: Frutos de tomate cosechados para obtención de datos fenotípicos en la población F₄.

Variable	<i>h</i> ² en la F ₄
<i>Diámetro</i>	0,74
<i>Altura</i>	0,77
<i>Forma</i>	0,82
<i>Peso*</i>	0,72
<i>Vida Poscosecha</i>	0,46
<i>A</i>	0,30
<i>B</i>	0,22
<i>a/b</i>	0,28
<i>L</i>	0,32
<i>Dureza</i>	0,33
<i>SS</i>	0,27
<i>pH</i>	0,29
<i>AT</i>	0,28

Tabla I: Tabla de *h*² para la F₄ en las variables en estudio. (*transformado por *log*₁₀).

Detección de polimorfismo molecular, diseño de cebadores y validación del SNP desarrollado

Se detectaron 53 SNP a lo largo de la longitud de la región de interés en estudio. Este polimorfismo fue clave para el desarrollo de potenciales MM para caracterizar molecularmente a la F_4 . Estos cambios de nucleótidos entre los genomas de los padres detectados en una posición específica de la secuencia permitieron desarrollar un par de cebadores por fuera de la región del polimorfismo de nucleótido único. Con estos cebadores se predijo la amplificación de un amplicón de 660 pares de bases que contenga el SNP, cuyos datos son:

SNP#1

- Cebador Izquierdo:
TTTGATGGTTGATGGAAGAGGA

- Cebador Derecho:
GCATATTTGACCCTTTCCCTTAA

Amplicón de 660 bases de tamaño. Alinea/empareja con la región promotora del gen Solyc06g076540.1.1 de sHSPs, de acuerdo al genoma de referencia (cv. Heinz).

A partir de este par de cebadores se realizó amplificación y corrida electroforética para chequear el funcionamiento del mismo. Como puede observarse en la Figura II, la banda amplificada presenta el mismo tamaño

para todos los materiales uniformes.

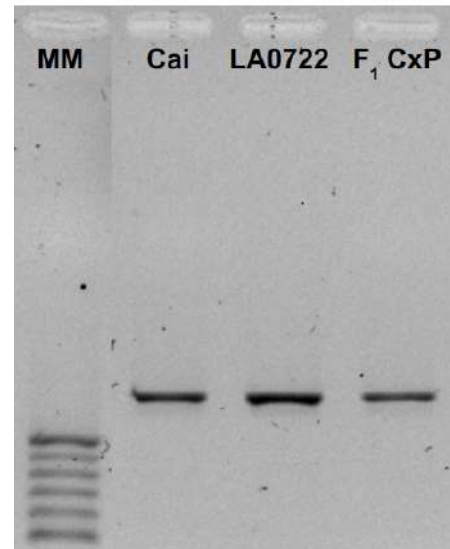


Figura II: Gel de agarosa con amplificación mediante el MM de SNP desarrollado.

Caracterización molecular de la generación segregante F_4 con el SNP validado

Esta caracterización se realizó en 90 plantas de la generación F_4 más los genotipos uniformes como testigos. Las 90 plantas son parte del conjunto de 130 plantas previamente caracterizadas con InDels (Cacchiarelli *et al.*, 2021). Se seleccionaron 30 individuos de alto peso, 30 de bajo peso y 30 de peso intermedio. En estas 90 plantas se volvió a evaluar la distribución de las variables fenotípicas estudiadas, que volvieron a ajustar a la normal, con valores de W mayores a 0,90, excepto Pe ($W = 0,81$), siendo transformado mediante logaritmo natural.

De las 90 plantas totales, 5 fueron desestimadas por fallas en la

secuenciación. La secuencia obtenida en cada planta F_4 fue utilizada para realizar un alineamiento múltiple, incluyendo a los materiales uniformes, usados como testigos en este análisis. A partir del alineamiento múltiple se obtuvo un dendrograma (Figura III) con las 85 plantas F_4 junto con los materiales de primer y de segundo ciclo, pudiendo agruparse en 3 grupos de acuerdo a su constitución genotípica para el SNP.

- *Grupo 1*

Este grupo estuvo formado por plantas que presentaban el SNP al estado homocigota como el progenitor cultivado C y dentro del dendrograma, comprende la sección entre las plantas 18P53_V-2 y 18P50_II-31, presentando un total de 30 individuos F_4 .

- *Grupo 2*

Este grupo fue considerado como portador del SNP al estado heterocigota como la F_1 CxP y correspondió a la sección del dendrograma comprendida entre las plantas 18P60_VII-46 y 18P51_II-37. Presentó un total de 39 individuos.

- *Grupo 3*

El grupo estuvo constituido por aquellas plantas que presentaban SNP al estado homocigota como el progenitor silvestre P y fue la

sección del dendrograma comprendida entre las plantas 18P50_II-30 y la 18P55_III-60. Presentó un total de 16 individuos.

De esta manera, la información suministrada por la Figura III se utilizó para caracterizar a cada una de las plantas de la generación F_4 con un identificador que define la constitución del SNP respecto a alguno de los progenitores homocigotas (Caimanta o LA0722) o como el híbrido F_1 . Así, se identificó con 1 a todas las plantas que presentaban constitución genotípica del SNP como C, con 2 a las que eran como la F_1 CxP y con 3 a las que eran como P. Con esta codificación se prosiguió con la detección de QTL, integrando toda la información genómica aquí detallada con la de los caracteres fenotípicos.

Detección de QTL mediante el uso de marcadores tipo SNP

A partir del ANOVA unifactorial se detectó el efecto del marcador SNP. El marcador fue significativo para muchas de las variables en estudio. Como se observa en la Tabla II, el marcador fue significativo para las variables fenómicas Pe, D, A, a, Du y pH del fruto. Al haber identificado a través del SNP plantas con la constitución genómica como el híbrido entre los progenitores C y P, se realizó la estimación del grado de dominancia d/a ,

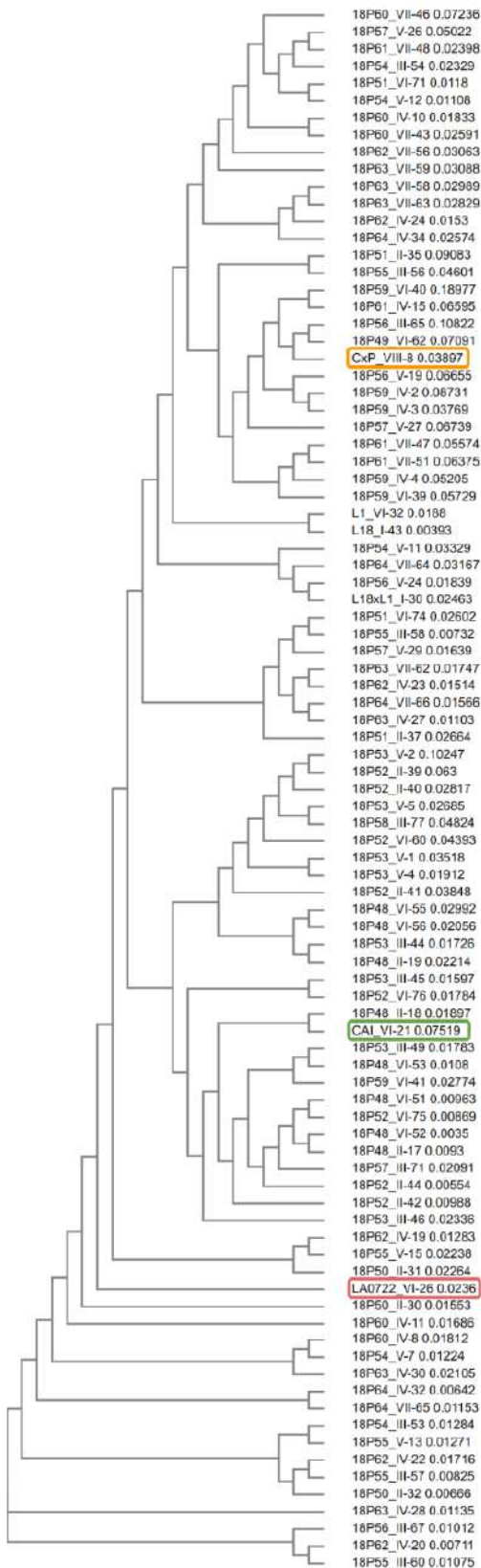


Figura III: Dendrograma obtenido a partir de la caracterización molecular con tecnología Sanger.

previo cálculo de los valores genotípicos a y d , para estos caracteres de interés significativos. Los grados de dominancia se calcularon para los caracteres fenomícos que resultaron asociados al SNP en el ANOVA (Tabla II), empleando un *test de Duncan* para comparar las medias de los 3 grupos de plantas definidos por la constitución genotípica del SNP (Tabla III). Se calculó el efecto de cada SNP. Los resultados presentados en la Tabla III reflejan que, de las 6 variables agronómicas, 4 de ellas mostraron dominancia hacia el progenitor silvestre, mostrando 3 de ellas (Pe, D y Du) sobredominancia positiva pues las plantas con genotipo heterocigota para el SNP mostraron valores superiores al homocigota de mayor valor. En el caso de la A, se detectó dominancia completa hacia los valores asociados al SNP del progenitor silvestre. Esto indica que, para estos caracteres, es conveniente explotar la heterosis, proveyendo a los productores de híbridos con valores superiores a los de sus líneas progenitoras para estos caracteres. El resto de las variables, pH y a , mostraron dominancia hacia el progenitor cultivado, lo que indica que también para ellos los mejores valores los presentan los híbridos, pero es necesario recombinar los genes aportados por ambos padres.

Variable	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	R ² Aj
PESO*	SNP	12,67	2	6,34	21,56	<0,0001	0,33
DIÁMETRO	SNP	6,51	2	3,26	17,35	<0,0001	0,28
ALTURA	SNP	5,76	2	2,88	15,56	<0,0001	0,26
A	SNP	57,92	2	28,96	3,74	0,030	0,08
DUREZA	SNP	193,33	2	96,66	4,13	0,021	0,09
pH	SNP	0,49	2	0,25	7,4	0,001	0,17

*Transformado mediante logaritmo natural

Tabla II: Variables asociadas al marcador SNP en la población F₄ caracterizada molecularmente. FV: fuente de variación; SC: suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: cuadrados medios; F: estadístico F.

Variable	CAIMANTA (1)	LA0722 (3)	F ₁ CxP (2)	Punto Origen	a	-a	d	d/a	Grado Dominancia	Progenitor dominante
PESO	5,26	10,11	11,28	7,69	2,43	-2,43	3,60	1,48	Sobredominancia positiva	LA0722
DIÁMETRO	2,04	2,58	2,64	2,31	0,27	-0,27	0,33	1,22	Sobredominancia positiva	LA0722
ALTURA	1,93	2,47	2,48	2,20	0,27	-0,27	0,28	1,04	Dominancia completa hacia los mayores valores	LA0722
A	26,32	23,49	25,47	24,91	1,42	-1,42	0,56	0,40	Dominancia completa hacia los mayores valores	CAIMANTA
DUREZA	55,12	55,78	58,84	55,45	0,33	-0,33	3,39	10,27	Sobredominancia positiva	LA0722
pH	4,54	4,80	4,66	4,67	0,13	-0,13	-0,01	-0,08	Dominancia parcial hacia los menores valores	CAIMANTA

Tabla III: Estimación del grado de la dominancia en variables significativas. Números en progenitor y F₁ respecto al grupo asignado previamente en el dendrograma. Valor a: A1A1 (homocigota 1); Valor -a: A2A2 (homocigota 2); Valor d: A1A2 (heterocigota).

En resumen, el análisis de todas las variables determinó un 77,7% de dominancia hacia los valores del progenitor silvestre, y el 33,3% restante de los casos la

dominancia fue hacia el progenitor cultivado. Finalmente, los avances llevados a cabo dentro del programa de mejoramiento permitieron la obtención, en



el nivel genómico, de marcadores moleculares codominantes basados en expresión diferencial transcriptómica y asociados a atributos fenómicos de tamaño del fruto (peso, diámetro y altura), que permitirán seleccionar en forma temprana a los genotipos con producción de frutos adecuados a la demanda de los consumidores con mayor certidumbre, pues desde la emergencia de las plántulas se podrá eliminar aquellas que presenten perfiles del SNP no congruentes con los objetivos del programa. De esta manera, se podrán emplear con mayor eficiencia en tiempo, inversión económica y esfuerzo a los recursos pertenecientes a la biodiversidad disponible y proseguir con el mejoramiento de la especie.

Conclusiones

En el presente trabajo se detectó polimorfismo molecular en la secuencia génica de los progenitores en dicha región de interés que permitió el desarrollo de marcadores moleculares capaces de identificar variantes génicas entre los progenitores. Los marcadores moleculares de tipo SNP desarrollados permitieron caracterizar molecularmente la generación F_4 y detectar QTLs asociados a caracteres de calidad de frutos para continuar con el programa de mejoramiento genético de la especie. Se detectaron *QTLs* robustos para caracteres de calidad como lo son

altura, coeficiente *a*, dureza, diámetro, peso y pH del fruto. Así, se pudo integrar información clave para la continuación del programa de mejoramiento hacia la obtención de nuevos ideotipos de tomates tendientes a satisfacer las necesidades más variadas del mercado.

Bibliografía

Altschul, S. F., Madden, T. L., Schäffer, A. A., Zhang, J., Zhang, Z., Miller, W., & Lipman, D. J. (1997). Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic acids research*, 25(17), 3389-3402.

Bernacchi, D., Beck-Bunn, T., Eshed, Y., Lopez, J., Petiard, V., Uhlig, J., ... & Tanksley, S. (1998). Advanced backcross QTL analysis in tomato. I. Identification of QTLs for traits of agronomic importance from *Lycopersicon hirsutum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 97(3), 381-397.

Blanca, J., Cañizares, J., Cordero, L., Pascual, L., Diez, M. J., & Nuez, F. (2012). Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato. *PloS one*, 7(10), e48198.

Blanca, J., Montero-Pau, J., Sauvage, C. *et al.* (2015). Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions. *BMC*



Genomics 16, 257.
<https://doi.org/10.1186/s12864-015-1444-1>

Cabodevila, V.G.; Cacchiarelli, P.; Pratta, G.R. (2013). Phenotypic and molecular characterization of a tomato (*Solanum lycopersicum*) Second Cycle Hybrid and QTL detection in the F₂ segregating population. 4^{to} Congreso Argentino de Bioinformática y Biología Computacional, Rosario.

Cabodevila, V.G.; Picardi, L.A.; Pratta, G.R. (2017). A multivariate approach to explore the genetic variability in the F₂ segregating population of a tomato second cycle hybrid. *Basic and Applied Genetics* 28(1): 7-18

Cacchiarelli P., Arce D., Tapia E., Pratta G.R. (2021). Structural and functional analysis of two sHSP subfamilies in tomato ripening. *Plant Gene*, 27, 100297. *Plant gene*, ELSEVIER BV. Netherlands.
<https://doi.org/10.1016/j.plgene.2021.100297>

Cambiaso, V., Pratta, G. R., da Costa, J. H. P., Zorzoli, R., Francis, D. M., & Rodríguez, G. R. (2019). Whole genome re-sequencing analysis of two tomato genotypes for polymorphism insight in cloned genes and a genetic map construction. *Scientia Horticulturae*, 247, 58-66.

Causse, M., Saliba-Colombani, V., Lesschaeve, I., & Buret, M. (2001). Genetic analysis of organoleptic quality in fresh market tomato. 2. Mapping QTLs for sensory attributes. *Theoretical and Applied Genetics*, 102(2), 273-283.

De Toledo J, Pooni H and Jinks J. (1984). Predicting the properties of second cycle hybrids produced by intercrossing random samples of recombinant inbred lines. *Heredity* 53:283-292.

Ferraz de Toledo J. (1987). Predicting the inbreeding and the outcrossing potential of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Braz J Genet* 10:543-558.

Fulton, T. M., Grandillo, S., Beck-Bunn, T., Fridman, E., Frampton, A., Lopez, J., ... & Tanksley, S. D. (2000). Advanced backcross QTL analysis of a *Lycopersicon esculentum* × *Lycopersicon parviflorum* cross. *Theoretical and Applied Genetics*, 100(7), 1025-1042.

Grandillo, S., & Tanksley, S. D. (1996). QTL analysis of horticultural traits differentiating the cultivated tomato from the closely related species *Lycopersicon pimpinellifolium*. *Theoretical and Applied Genetics*, 92(8), 935-951.

Gonzalo, M. J., & Van Der Knaap, E. (2008). A comparative analysis into the genetic bases of morphology in tomato varieties exhibiting elongated fruit shape.



Theoretical and Applied Genetics, 116(5), 647-656.

Ipsilandis CG, Totaklidis IS, Vafias V and Stefanis, D. (2006). Criteria for developing second-cycle hybrids in maize. *Asian J Plant Sci* 5:680-685.

Li, H., Handsaker, B., Wysoker, A., Fennell, T., Ruan, J., Homer, N., ... & Durbin, R. (2009). The sequence alignment/map format and SAMtools. *Bioinformatics*, 25(16), 2078-2079.

Meli VS, Ghosh S, Parva TN, Chakraborty S and Datta A. (2010). Enhancement of fruit shelf life by suppressing N-glycan processing enzymes. *Proc Natl Acad Sci* 107:2413-2418.

Peralta, I. E., Spooner, D. M., & Knapp, S. (2008). Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; *Solanaceae*). *Systematic botany monographs*, 84.

Pereira da Costa, J.H.; Mahuad, S.L.; Liberatti, D.R.; Marchionni Basté, E.M.; Rodríguez, G.R., Zorzoli, R.; Picardi, L.A. and Pratta, G.R. (2016). Tomato Second Cycle Hybrids as a new source of genetic variability for fruit quality traits. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 16: 289-297

Pooni, H. S., & Jinks, J. L. (1985). Predicting the properties of first cycle

inbreds and second cycle hybrids extractable from two, three and four parent crosses. *Heredity*, 54(3), 397-411.

Pratta, G.R.; Rodriguez, G.R.; Zorzoli, R.; Valle, E.M. and Picardi, L.A. (2011). Phenotypic and molecular characterization of selected tomato recombinant inbred lines derived from a cross *Solanum lycopersicum* x *S. pimpinellifolium*. *Journal of Genetics* 90: 229-237

Rice, P., Longden, I., & Bleasby, A. (2000). EMBOSS: the European molecular biology open software suite. *Trends in genetics*, 16(6), 276-277.

Rodriguez, G.R.; Pratta, G.R.; Zorzoli, R. and Picardi, L.A. (2006). Recombinant lines obtained from an interspecific cross among *Lycopersicon* species selected by fruit weight and fruit shelf life. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131(5): 651-656.

Rodríguez, G. R., Kim, H. J., & Van Der Knaap, E. (2013). Mapping of two suppressors of *OVATE* (*sov*) loci in tomato. *Heredity*, 111(3), 256-264.

Schuelter, A.R.; Finger, F.L.; Casali, V.W.D.; Brommonschenkel, S.H.; Otoni, W.C. (2002). Inheritance and genetic linkage analysis of a firm-ripening tomato mutant. *Plant Breeding*, v.121, p.338-342.

Tanksley, S. D., Grandillo, S., Fulton, T. M., Zamir, D., Eshed, Y., Petiard,

V., ... & Beck-Bunn, T. (1996). Advanced backcross QTL analysis in a cross between an elite processing line of tomato and its wild relative *L. pimpinellifolium*. *Theoretical and applied genetics*, 92(2), 213-224.

Untergasser A., Nijveen H., Rao X., Bisseling T., Geurts R., Leunissen J.A. (2007). Primer3Plus, an enhanced web interface to Primer3. *Nucleic Acids Research*. 35: W71-W74; doi:10.1093/nar/gkm306.

Van de Wouw, M., van Hintum, T., Kik, C., van Treuren, R., & Visser, B. (2010). Genetic diversity trends in twentieth century crop cultivars: a meta analysis. *Theoretical and applied genetics*, 120(6), 1241-1252.

Financiamiento

Esta investigación fue posible gracias a los diferentes recursos que cuenta el grupo de mejoramiento genético en tomate, perteneciente al IICAR (<https://www.iicar-conicet.gob.ar/grupos-de-investigacion/>). Los recursos fueron obtenidos gracias a proyectos adjudicados por los integrantes del grupo. Estos son: 1- Aplicaciones posgenómicas en el mejoramiento genético de tomate. Proyecto de Investigación Orientada IO-2019-00309 Santa Fe, Argentina - fecha de finalización 2023; 2- Desarrollo y

transferencia de cultivares de tomate para sistemas de producción urbanos y periurbanos. Entidad Financiadora: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCyT) - Programa Ciencia y Tecnología contra el Hambre. 2021-C36. Período: 2021-2023; 3- Bases genéticas de la calidad de fruto en tomate y su utilización en los programas de mejoramiento del cultivo. Entidad Financiadora: Universidad Nacional de Rosario 80020190300004UR. Período 2020-2023; 4- Factores genéticos y epigenéticos sobre caracteres de fruto en tomate. PICT 2018-00824. Período 2020-2023. Por ende, los recursos y capacidad del grupo permitieron la satisfacción de las necesidades y cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo.

Agradecimientos

Agradezco enormemente a mis directores, la Dra. Elizabeth Tapia y el Dr. Guillermo R. Pratta, por toda la dedicación, asistencia y guía en todas las actividades relacionadas a este trabajo científico. A la Universidad Nacional de Rosario y a todos los integrantes de la Facultad de Cs. Agrarias, personal docente, personal no docente y personal en general por poner a disposición todo lo necesario para llevar a cabo este trabajo.

ÁREAS DE OCORRÊNCIA POR COVID-19 E A MORBIDADE POR TUBERCULOSE
EM MUNICÍPIO POLO TECNOLÓGICO DO INTERIOR DE SÃO PAULO



"Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos"

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



D.35. Atenção Primária à Saúde

ÁREAS DE OCORRÊNCIA POR COVID-19 E A MORBIDADE POR TUBERCULOSE EM MUNICÍPIO POLO TECNOLÓGICO DO INTERIOR DE SÃO PAULO

Autor: Paglione Carasek, Vinicius; vinicius.paglione@estudante.ufscar.br.

Co-autores: Carraro Gatto, Thamires; thamiresgatto@estudante.ufscar.br; Gabriel de Melo Sergio, Matheus; matheus.sergio@estudante.ufscar.br.

Profesora: Yamamura, Mellina; mellina@ufscar.br.

Universidade Federal de São Carlos

Resumo

OBJETIVO: Identificar os aglomerados espaciais de casos de COVID-19 e TB presentes no município de São Carlos. **MÉTODOS:** A população da pesquisa foi composta por todos os casos confirmados por COVID-19 e internações por síndrome respiratória aguda grave (SRAG) registrados em 2020 e casos de tuberculose (TB) registrados nos anos de 2019 e 2020 dos residentes do município de São Carlos. A detecção dos aglomerados seguiu a técnica de análise espacial denominada varredura, também conhecida como Estatística Scan. Foi realizado o georreferenciamento dos diferentes agravos, seguido para a análises no software SaTScan™. Foram considerados os aglomerados puramente espaciais ($p < 0,05$) com risco relativo (RR) maior que um ($RR > 1,00$). **RESULTADOS:** Foram identificadas quinze regiões de alto risco espacial para COVID-19 e SRAG em 2020. Enquanto os casos notificados de TB em 2020 apontou a existência de um aglomerado espacial de alto risco. **CONCLUSÕES:** Com base nos resultados foi possível identificar regiões censitárias de São Carlos que apresentam um alto risco para cada um dos agravos. Algumas dessas regiões se mostraram coincidentes, o que pode refletir uma provável existência de áreas sindêmicas, com características específicas que podem expressar desvantagem com relação aos aspectos de determinação social de saúde.

Palabras clave: tuberculose, análise espacial, epidemiologia



1. INTRODUÇÃO

Desde 2019 o mundo vem passando por drásticas mudanças nos âmbitos social, cultural, econômico. Toda essa reviravolta global se iniciou em dezembro de 2019 em Wuhan, cidade chinesa, onde inúmeros casos de uma pneumonia de causa desconhecida foram relatados. O elevado número de ocorrências somados aos sintomas de alta gravidade da doença chamaram a atenção das autoridades de saúde chinesas. Já na primeira semana de janeiro de 2020, O Centro Chinês de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) identificou o agente causador dessa doença (Chen et al., 2020a) como sendo um vírus da família *Coronaviridae* também chamados coronavírus como SARS-Cov-2 (Xu et al., 2020), sendo o causador da doença até então batizada pela WHO como doença do coronavírus 2019 (COVID-19) (Fundação Oswaldo Cruz [FIOCRUZ], 2020).

Outros CoVs já haviam causado grandes preocupações à segurança mundial da saúde. Foram eles o causador da síndrome respiratória aguda grave (SARS) SARS-Cov-1 em 2002-2003 e o causador da síndrome respiratória do Oriente Médio (MERS) MERS-CoV desde 2012 (Raoult, Zumla, Locatelli, Ippolito &

Kroemer, 2020). Estas doenças apresentam em comum com a COVID-19 tanto o agente causador da mesma família viral (*Coronaviridae*), quanto a transmissão da doença ao ser humano a partir de outros animais, ou seja, ambas doenças zoonóticas (Wu & Mcgoogan, 2020).

Todavia, mesmo com todas essas semelhanças envolvidas, a COVID-19 foi a que mais chamou a atenção das autoridades de saúde mundiais. Isso porque a dimensão da doença atingiu patamares até então nunca vistos em uma pandemia no mundo contemporâneo. Enquanto a SARS totalizou 8096 casos com 774 mortes (Wu & Mcgoogan, 2020). e a MERS, até então, 2494 casos e 858 mortes (World Health Organization [WHO], 2019a). A COVID-19, segundo dados fornecidos pela WHO até a data de redação deste projeto, no mundo, quase 600 milhões de casos foram confirmados, incluindo mais de seis milhões de óbitos. (WHO, 2022).

Apesar da dimensão descomunal atingida pela doença, grandes esforços foram adotados no controle da pandemia na China, que desde o surto de SARS em 2003, já avançava em esforços para o controle de epidemias. Isso fica evidenciado na rapidez das ações de identificação do patógeno, de manuseio



dos pacientes e na veiculação de informações. A título elucidativo, no intervalo de tempo entre a notificação da doença à WHO e a identificação do patógeno, enquanto na SARS levou cerca de dois meses, a COVID-19 apenas uma semana (Wu & Mcgoogan, 2020).

Embora todo o trabalho das autoridades chinesas na contenção da doença. Em poucos meses o vírus atingiu diferentes continentes pelo planeta. Os mais afetados até então são os continentes americano e europeu.

No Brasil, o primeiro caso identificado da doença aconteceu em 26 de fevereiro de 2020, sendo também o primeiro caso da doença registrado na América Latina (Ministério da Saúde, 2020). Desde então o vírus vem se disseminando por todo o país, contabilizando até então mais de 34 milhões de casos confirmados. Em destaque está o estado de São Paulo, liderando o ranking brasileiro em notificações por COVID-19, sendo ao todo quase seis milhões de casos confirmados e 173 mil óbitos (Ministério da Saúde, 2022).

As problemáticas trazidas pelo vírus SARs-Cov2 por si só, representam um grande desafio a ser superado pelo Brasil. Esse desafio se torna cada vez maior quando somado às dificuldades já

pré-existentes no país. Entre as maiores dificuldades estão as desigualdades tanto sociais quanto demográficas. Onde uma ampla fatia da população se encontra em situações de aglomeração, com condições precárias de habitação, sem o aporte de saneamento básico (Barreto et al., 2020).

Neste contexto, a fragilidade social existente em cada estado brasileiro intensifica ainda mais os problemas trazidos pelo vírus. Na qual as populações menos favorecidas socialmente, apresentam maiores vulnerabilidades a doença. Um retrato disso são as medidas de precaução, que são muitas vezes inviáveis a estas pessoas (Santos & Fachin, 2020).

Ainda se tratando das disparidades sociais, temos as condições crônicas, que conforme apontado pelo estudo (Barros, César, Carandina & Torre, 2006) possui uma elevada prevalência nas camadas mais socialmente desfavorecidas. Alguns indicadores como baixos índices de escolaridade e ausência de plano de saúde, serviram como base para constatar a maior prevalência das condições crônicas na sociedade adulta brasileira desfavorecida socialmente. Entre as condições crônicas que apresentaram maior prevalência em relação às desigualdades foram cirrose, insuficiência renal crônica e Tuberculose (TB).



A TB quanto à condição crônica transmissível, apresenta longa duração, intensificação dos sintomas ao longo do tempo e requer cuidado a longo prazo. A doença é causada pela bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, identificada pela primeira vez em 1832 (Sakula, 1982). E assim como os CoVs, a bactéria pode acarretar problemas respiratórios ao seu hospedeiro, possuindo uma alta capacidade de disseminação a partir de um indivíduo infectado. A transmissão da *M. tuberculosis*, assim como no caso do SARS-CoV-2, também ocorre de pessoa para pessoa, principalmente através de gotículas e secreções (Guan et al, 2020; Ministério da Saúde, 2019a).

De acordo com World Health Organization (WHO), no ano 2018 mais de 10 milhões de pessoas adoeceram por TB. A estimativa é de que 25% da população mundial esteja infectada pela *M. tuberculosis*, possuindo a forma assintomática da doença (WHO, 2019b). Além disso, a TB está entre as dez doenças que mais matam em todo o mundo (WHO, 2017).

Da mesma forma que a COVID-19, a TB enfrenta inúmeros obstáculos em seu controle. As disparidades sociais como a pobreza, a má distribuição de renda e os movimentos migratórios dificultam constantemente a contenção da

doença (Lönnroth, Jaramillo, Williams, Dye & Raviglione, 2009).

No Brasil o cenário desfavorável da doença persiste, conforme dados divulgados pela Secretaria de Vigilância em Saúde, em 2018 foram registrados 72.778 novos casos de TB. Dentre os quais 33.857 foram registrados somente na região sudeste do país. Sendo São Paulo o estado com o maior número de notificações da doença (Ministério da Saúde, 2019b).

No atual cenário brasileiro a TB se mostra como um grave problema de saúde pública, principalmente para os estados mais afetados pela doença, como é o caso do estado de São Paulo e seus municípios. Esse cenário se torna ainda mais pessimista com uma possível convergência entre a TB e a COVID-19 (Maciel, Gonçalves Júnior, Dalcolmo, 2020). Alguns estudos alertam para possíveis cenários catastróficos decorrentes da associação destas doenças (Chen et al., 2020b; Maciel, Gonçalves Júnior, Dalcolmo, 2020; Moyo et al., 2020).

Os autores Chen et al. (2020b) sugerem uma importante correlação entre as doenças. Onde a infecção por TB se mostra como um possível fator de risco, contribuindo na suscetibilidade da infecção pelo coronavírus. Como



apontado no estudo, as taxas de infecção por TB em pacientes infectados pelo SARS-CoV-2 foram consideravelmente maiores se comparado a pacientes com pneumonia viral ou bacteriana (Chen et al., 2020b).

Além disso, a TB pode estar associada à evolução dos quadros sintomáticos de pacientes com a COVID-19. Como também mostrado pelo estudo, casos de COVID-19 que apresentavam coinfeção por TB tiveram uma maior rapidez no surgimento dos sintomas, em média 3,3 dias antes dos pacientes não infectados por TB (Chen et al., 2020b).

Ainda dentro da sintomatologia, existe outro fator preocupante que é a similaridade dos sintomas destas doenças. No qual os sintomas mais comuns relacionados tanto a COVID-19 quanto a TB podem se sobrepor, dificultando a identificação e a distinção destas doenças aos profissionais de saúde (Moyo et al., 2020).

Assim, a TB pode ser considerada um dos fatores de risco mais importante, se comparado a outras comorbidades como diabetes e hipertensão em relação à infecção pelo SARS-CoV-2 (Chen et al., 2020b). Sendo indispensável que os profissionais da área da saúde permaneçam vigilantes quanto ao

diagnóstico de TB em pessoas com COVID-19 (Moyo et al., 2020).

Diante deste cenário alarmante, as respostas exigem grande precisão. Para isso, a compreensão da dinâmica epidemiológica dessas doenças se torna fundamental (Battegay et al., 2020). Além disso, existe a necessidade de se identificar as populações e cenários que contribuam para a transmissão das doenças, auxiliando no direcionamento das intervenções (Cobey, 2020). Isso possibilitará a realização de medidas de prevenção adequadas e eficazes no combate tanto da COVID-19 quanto da TB (Battegay et al., 2020).

O uso de sistemas e métodos geográficos de informação, por sua vez, têm sido extremamente importantes na construção de respostas efetivas às epidemias. A transmissão de dados através de mapas e representações gráficas torna mais acessível a disseminação dessas informações para com a população. Ademais também garantem uma maior transparência na veiculação de dados, assim como contribuem para a autoproteção das pessoas e comunidades (Kamel Boulos & Geraghty, 2020).

Entre as ferramentas essenciais está o georreferenciamento. No qual é possível transformar informações textuais



descriptivas de uma região em representações gráficas. Através dele é possível correlacionar determinados contextos a posições geográficas, permitindo a visualização e a busca de informações de forma simples e rápida (Camargos & Oliver, 2020).

O uso das diferentes ferramentas de geolocalização constitui um instrumento essencial para a saúde pública. Uma vez que, através destes aparatos é possível promover melhorias no atendimento em saúde a toda a sociedade, auxiliando as autoridades de saúde na compreensão dos fenômenos epidemiológicos, na tendência e prognóstico das doenças e na formulação e realização de estratégias de saúde para a população em geral (Lima et al. 2020).

No contexto da COVID-19 e da TB, São Paulo está entre os estados brasileiros mais afetados por essas doenças. Dessa forma alguns de seus municípios poderiam apresentar maiores vulnerabilidades, como é o caso de São Carlos, cenário em que este presente estudo se propõe a analisar.

Como apontado nos dados analisados em um estudo realizado no estado de São Paulo, municípios do interior do estado estão na rota de disseminação do vírus. No primeiro momento a dispersão do vírus se

concentrou na região de contato inicial, região essa que engloba a capital e suas regiões metropolitanas. Em segundo momento, a disseminação se estendeu aos municípios próximos e a longas distâncias, principalmente devido à conexão (rodovias) de outros pólos urbanos com a grande São Paulo. Assim a difusão do vírus dentro do estado pode atingir o interior, podendo afetar municípios menores (Fortaleza et al., 2020), aumentando a vulnerabilidade de municípios como São Carlos à COVID-19.

Por outro lado, também temos a tuberculose como uma epidemia persistente dentro do município de São Carlos, com uma média anual de 63,2 casos confirmados entre os anos de 2015 e 2019 (Ministério da Saúde, 2019b). Todavia a TB permanece negligenciada, onde mesmo após extensa revisão da literatura, poucos estudos para estimar as áreas de risco foram encontrados (Rocha et al., 2015).

Dessa forma, com uma possível associação danosa entre a TB e a COVID-19, estudos envolvendo a demarcação das suas áreas de risco são fundamentais. Para isso o uso de ferramentas geográficas são essenciais. A fim de possibilitar uma maior compreensão na distribuição espacial destas doenças, auxiliando na

demarcação das regiões de maior vulnerabilidade do município. Para assim proporcionar ferramentas que possibilitem um maior controle da doença no município.

2. OBJETIVOS

Identificar a existência de aglomerados espaciais de casos de COVID-19 e verificar se eles seguem o mesmo padrão de distribuição dos aglomerados espaciais de casos de TB em municípios tecnológicos do interior de São Paulo.

3. MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Trata-se de um estudo ecológico descritivo que permite utilizar dados secundários, possibilitando análises de grande amplitude territorial. Seu principal objetivo consiste na construção de inferências biológicas e ecológicas sobre determinados grupos, a partir de medidas agregadas, ambientais ou globais (Morgenstern, 1995).

3.2 CENÁRIO DA PESQUISA

O município de São Carlos pertence ao estado brasileiro de São Paulo, localizado na região sudeste do país. A cidade ocupa uma área territorial de aproximadamente 1.136,907 Km² e possui uma população estimada até 2019 de 251.983 habitantes. O município possui

um bom Índice de Desenvolvimento Humano se comparado ao país, por volta de 0,805. A taxa de escolaridade na faixa etária dos 6 aos 14 anos é de cerca de 97,9% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2017). Além dos bons indicadores o município se destaca por ser um polo tecnológico, isso se deve ao grande impulso em educação e tecnologia decorrentes de implementação, em abril de 1953, da escola de Engenharia de São Carlos, vinculada à Universidade de São Paulo, e, na década de 70 pela Universidade Federal de São Carlos (IBGE, 2020).

Figura 1: Localização do cenário da pesquisa de acordo com mapa mundi, Brasil, estados e municípios paulistas – São Carlos/SP (2020).



3.3 PERÍODO, POPULAÇÃO DA PESQUISA E FONTE DADOS

A população da pesquisa foi composta por todos os casos de COVID-19 e SRAG confirmados e registrados no período de janeiro a dezembro de 2020. Enquanto a amostra dos casos de tuberculose compreenderam os anos de 2019 a 2020.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Considerando as diversas etapas analíticas para obtenção dos resultados da pesquisa, as etapas seguiram o fluxo de procedimentos divididos em três fases: I) Caracterização dos casos; II) Cálculo das taxas de mortalidade e incidência e por fim, III) Identificação das áreas de risco. A seguir, encontra-se a explicação dos critérios adotados.

I) Caracterização dos casos

Após a coleta dos dados, eles foram computados em planilhas distintas para COVID-19, SRAG e para TB e posteriormente foram realizadas as análises quanto a consistência, partindo para análise descritiva com tabulação dos dados, cálculos das frequências absolutas e relativas, bem como medidas de posição e dispersão para as variáveis quantitativas.

II) Cálculo das taxas de incidência

De forma distinta, para o cálculo da taxa de incidência de ambos os agravos, segundo setores censitários urbanos do município, foi considerado os critérios da equação abaixo:

$$x = \frac{Y_i}{P_i} \times \frac{1}{T} (100.000)$$

Em que x representa a taxa de incidência do agravo (COVID-19, SRAG e TB), Y_i o número de casos por COVID-19, SRAG e por TB, P_i a população estimada de cada setor censitário do município e T o período do estudo.

Após os cálculos, serão construídos dois mapas distintos com a distribuição de cada resultado considerando os setores censitários urbanos de São Carlos neste momento, para a construção dos mapas coropléticos, será considerado o Software ArcGis.

III) Identificação das áreas de risco

No intuito de contemplar os objetivos específicos quatro e cinco, para detecção dos aglomerados espaciais dos casos de COVID-19 e de TB, será utilizada a técnica de análise espacial denominada varredura, também conhecida como Estatística Scan,

desenvolvida por Kulldorff e Nagarwalla (1995).

Antes de aplicar a técnica propriamente dita, será realizado o georreferenciamento de forma distintas dos casos de COVID-19 e de TB.

Para este procedimento, será utilizado o software Google Earth Pro® para obtenção das respectivas coordenadas geográficas referentes aos endereços residenciais notificados (latitude e longitude). A malha digital de São Carlos com os setores censitários urbanos será obtida no site do IBGE, de acesso aberto.

Posteriormente a utilização da Estatística Scan, serão criadas planilhas distintas para análises dos casos de COVID-19 e TB. Essas planilhas necessárias para a utilização do método proposto, apenas considera o número de ocorrências, faixa etária e sexo.

Assim, foi testada de forma distinta entre os agravos, a hipótese nula (H_0) frente à hipótese alternativa (H_1), destacando-se que H_0 assume que não há aglomerados espaciais para COVID-19 ou TB, ou seja, a população possui a mesma probabilidade de contrair COVID-19 ou TB e H_1 assume que uma ou mais regiões z são áreas nas quais existem maior ou menor probabilidade de

contraírem os agravos, em comparação com as que estão fora dessa área.

Tendo em vista a identificação de aglomerados puramente espaciais, em que a distribuição é heterogênea e os eventos são raros em relação à população, foi utilizado o modelo discreto de Poisson com requisitos de não sobreposição geográfica dos aglomerados, aglomerados com formato circular, 999 replicações e o tamanho da população exposta foram estipulados pelo coeficiente de Gini liberado pelo próprio software. Neste modelo, o número de casos foi comparado aos dados da população de base e o número esperado de casos em cada unidade foi proporcional ao tamanho da população em risco (Alves et al., 2019).

Assim o risco relativo (RR) de cada aglomerado foi calculado, permitindo a comparação das informações entre áreas distintas, indicando a intensidade de ocorrência da COVID-19, SRAG e da TB no município de São Carlos. Destaca-se que o RR foi definido como o risco de terem de forma distinta as doenças COVID-19, SRAG e TB em uma área de risco do município em relação ao risco de terem as doenças fora desta área. Foram consideradas áreas estatisticamente significativas aquelas com $p < 0,05$. O

intervalo de confiança foi calculado e estimado em 95% (Arroyo et al., 2017).

A identificação do RR dos aglomerados proporciona a comparação de informações em áreas dessemelhantes, pois os efeitos das diferentes populações são desconsiderados, resultando assim na intensidade de ocorrência do fenômeno sob análise em toda a área do estudo. Os valores resultantes deste cálculo serão nomeados de alto risco quando o RR do aglomerado se apresentar maior que um ($RR > 1$), e de baixo risco quando menor que um ($RR < 1$) (Arroyo et al., 2017).

As análises de detecção de aglomerados foram realizadas no software SaTScan™ versão 9.2 e os mapas coropléticos contendo os RR das áreas identificadas na análise de varredura foram construídos através do software ArcGis versão 10.5.

4. RESULTADOS

Conforme apresentado nos resultados parciais, foram notificados no ano de 2020, 5.784 casos de COVID-19 oriundos do sistema de informação eSUS VE e 1.497 casos de SRAG no SIVEP GRIPE, ambos referentes aos sistemas de informação do Ministério da Saúde. Quanto a TB, no ano de 2019 foram identificados 65 casos e em 2020, 31 casos, ambos os anos notificados através

do sistema de informação TBWeb da Secretaria Estadual de Saúde do Estado de São Paulo. Foram georreferenciados ao todo 5.576 casos de COVID-19 e 1.388 casos de SRAG, totalizando uma perda de 317 casos, sendo 1 caso devido inconsistência dos dados, 185 por pertencerem a zona rural e 131 casos por residirem em outro município. Enquanto, os casos de TB foram georreferenciados 100% dos casos.

As figuras 2, 3 e 4 respectivamente, representam a ocorrência e distribuição dos casos de síndrome gripal (eSUS VE), de SRAG (SIVEP GRIPE), ambos do ano de 2020 e os casos de tuberculose (TBWeb) dos anos de 2019 e 2020.

Figura 2: Geocodificación dos casos de síndrome gripal COVID-19 na área urbana de São Carlos/SP de acordo com o banco de dados e SUS VE ano 2020. São Carlos/SP, 2021.

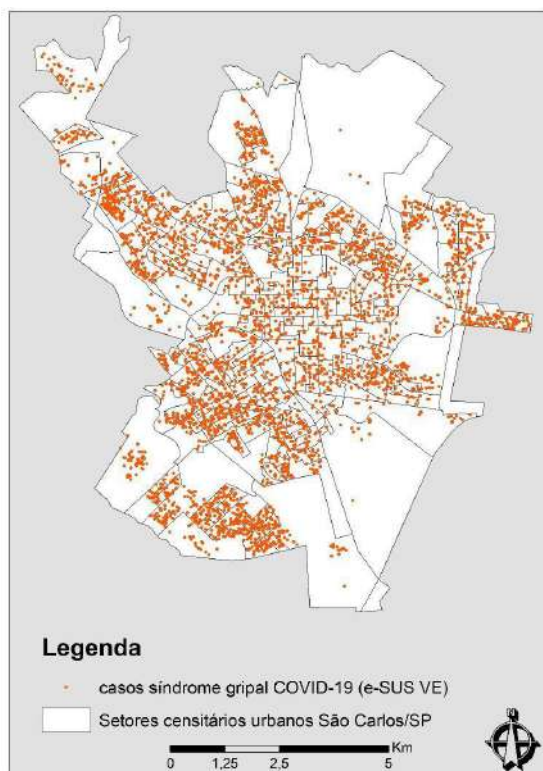


Figura 3: Geocodificação dos casos de Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) COVID-19 na área urbana de São Carlos/SP de acordo com o banco de dados SIVEP GRIPE ano 2020. São Carlos/SP, 2021.

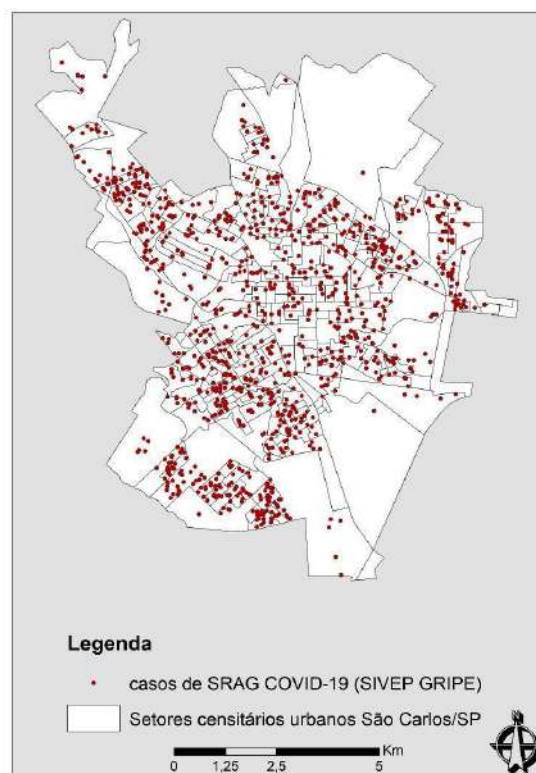
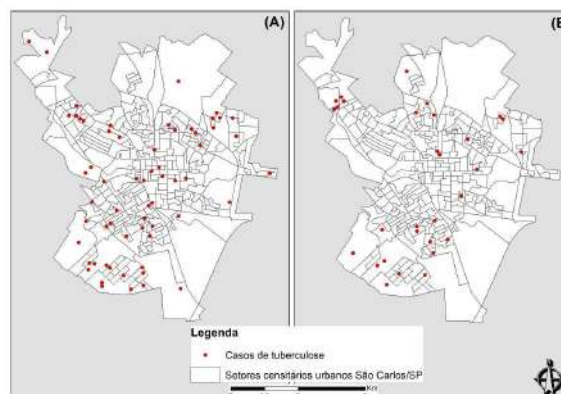


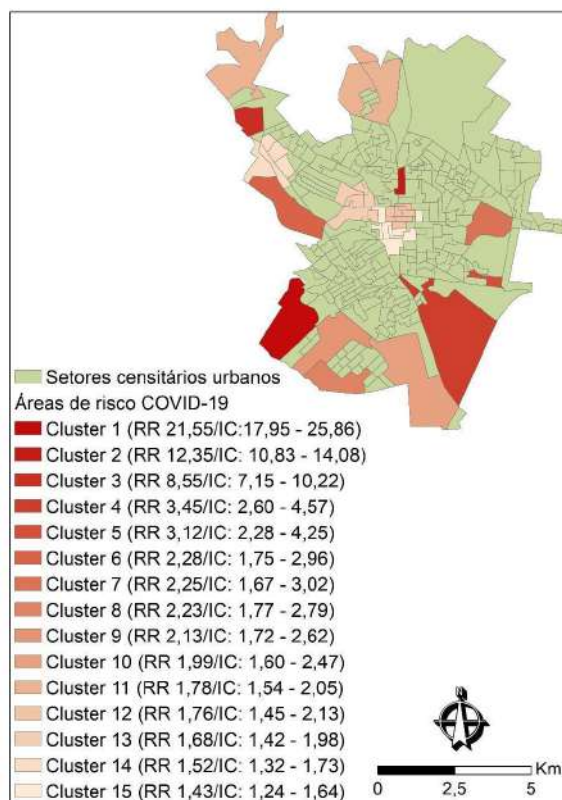
Figura 4: Geocodificação dos casos de tuberculose na área urbana de São Carlos/SP de acordo com o banco de dados Sistema de Controle de Pacientes com Tuberculose - TBWeb, (A) ano 2019 e (B) 2020. São Carlos/SP, 2021.



A análise de varredura puramente espacial revelou a existência de quinze aglomerados espaciais de alto risco

(RR>1) para COVID-19, conforme representado no mapa coroplético da Figura 4. Onde é possível identificar uma grande heterogeneidade nos valores do RR para cada cluster, variando do valor máximo de 21,55 (cluster 1) para o mínimo de 1,43 (cluster 15).

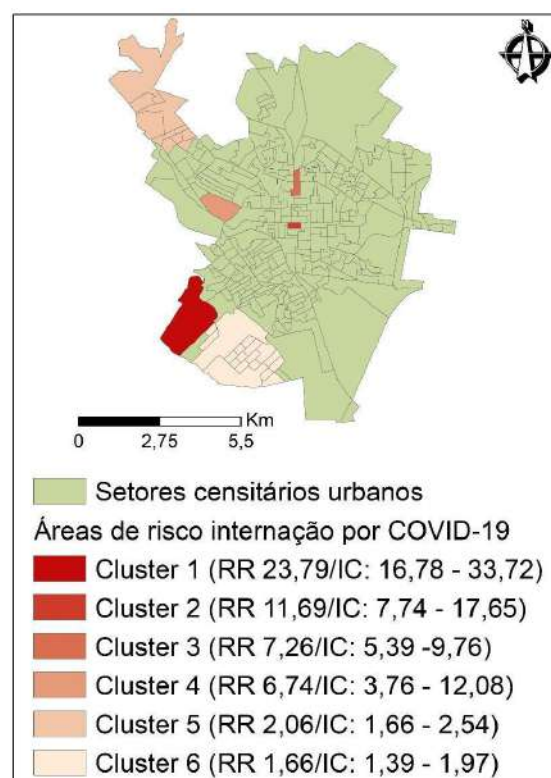
Figura 5: Áreas de risco espacial para COVID-19 de acordo com os setores censitários de São Carlos



As notificações de internação por SRAG (SIVEP GRIPE) em 2020, apresentaram uma taxa anual de incidência de 65 casos para cada dez mil habitantes. A análise de varredura revelou a existência de seis aglomerados

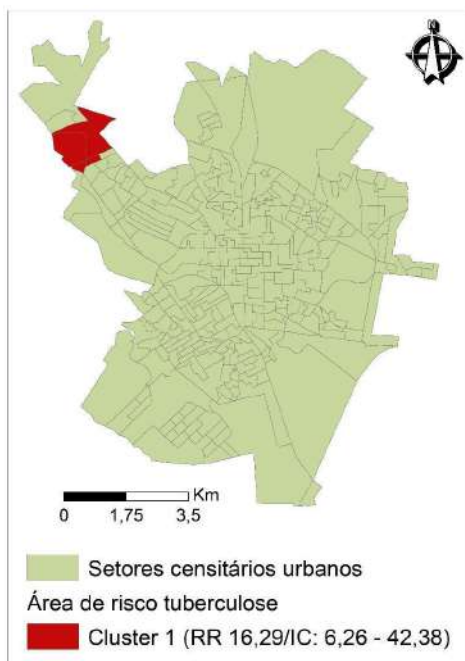
espaciais com RR variando de 23,79 (cluster 1) a 1,66 (cluster 6), conforme representado na figura 6.

Figura 6: Áreas de risco espacial para SRAG de acordo com os setores censitários de São Carlos.



Apesar de em 2019 apresentar um número maior de notificações, não houve a formação de aglomerados espacialmente significativos. Entretanto, em 2020, a análise revelou a existência de um aglomerado espacial de alto risco, com RR de 16,26, Figura 7.

Figura 7: Áreas de riesgo espacial para SRAG de acuerdo con los sectores censitarios de São Carlos.



5. DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo descrever a ocorrência de COVID-19 e TB nos setores censitários do município de São Carlos/SP e foi possível observar a presença de áreas de alto risco para ambos os agravos. No município em estudo, assim como na perspectiva mundial, a dispersão do vírus SARS-COV-2 aconteceu de forma acelerada. Através do mapa de pontos é possível ver a presença de um grande volume de casos da doença, cobrindo toda a extensão territorial da cidade sem

possibilidade de identificar áreas com maior risco para ocorrência dos agravos.

O perfil epidemiológico casos de COVID-19 no município seguiu padrões semelhantes aos descritos em outros estudos realizados tanto no Brasil, quanto em outras regiões do mundo (Gujski et al., 2020; Magalhães et al., 2020; Nascimento et al., 2020; Teich et al., 2020). Nos casos confirmados de COVID-19 em 2020, houve uma maior prevalência entre pessoas de 15 a 44 anos de idade. Enquanto os casos de COVID-19 com evolução para SRAG foram de maior frequência em idosos maiores de 60 anos.

Contudo, conforme apontam estudos recentes (Banho et al., 2021; Ranzani et al., 2021; Victora et al., 2021). A implementação da vacinação aliada a diferentes variações genômicas do vírus, trouxe consigo importantes mudanças no perfil epidemiológico da doença ao longo de 2021. Isso configura uma das grandes limitações deste estudo, visto que foram utilizados dados referentes somente ao ano de 2020. O que reforça a necessidade de novas pesquisas regionais para complementar os achados e fomentar novas discussões sobre a temática.

Assim como apontado pelos autores Fronteira et al. (2021), é importante encararmos as diferentes sindemias decorrentes do avanço da



COVID-19. Esse princípio define a existência de uma sinergia entre diferentes epidemias dentro de uma mesma região e/ou população. Como é o caso da coinfeção entre TB e COVID-19, que representa um dos grandes desafios à saúde pública mundial (Udwadia et al., 2020; World Health Organization [WHO], 2020).

Isso porque, essas doenças compartilham íntimas semelhanças. Desde a forma de transmissão, onde ambas podem se disseminar através do ar (Zemouri et al., 2020). Até a sobreposição dos seus sintomas e sinais clínicos, dificultando o diagnóstico e a diferenciação dos casos concomitantes destes agravos (Knight et al., 2021; The Lancet HIV, 2020). Outra importante similaridade está em suas comorbidades, onde diabetes, tabagismo, doenças pulmonares crônicas e obesidade elevam ainda mais o grau de vulnerabilidade para ambas as doenças (Visca et al., 2021).

Além disso, talvez a principal e mais desafiadora característica desta síndrome está na relação com a vulnerabilidade das populações. Principalmente quando analisamos as consequências da pandemia no que tange seus reflexos econômicos e sociais (Duarte al., 2021; Fronteira et al., 2021;). No qual, o Brasil, volta a ocupar o mapa

mundial da fome, enfrentando uma grave retração econômica, altos índices de desemprego e miséria (Carvalho, Viola & Esperandio, 2020; Neves et al., 2021).

Esse cenário torna-se ainda mais preocupante quando analisamos os achados da varredura espacial. Em que é possível destacar regiões de alto risco para ambos os agravos nas extremidades do município, ou seja, nas regiões periféricas. O que indica tanto a existência de regiões “sindêmicas”, como também reforça a enorme vulnerabilidade sofrida por uma parcela dos habitantes do município. Principalmente as pessoas que residem em regiões mais precárias, estando à mercê das sanções impostas pelas desigualdades socioeconômicas, que infelizmente ainda são muito presentes, não só em São Carlos, mas também em todo o território nacional e no mundo (Ribeiro, Teles & Tuon, 2021; WHO, 2020).

A título elucidativo, a região coincidente para o risco de síndrome gripal COVID-19, SRAG COVID-19 e TB, é uma região que de acordo com o Índice Paulista de Vulnerabilidade Social que caracterizam grupos de vulnerabilidade social considerando a combinação entre as dimensões demográfica e socioeconômica, estão agrupadas em sua maioria como Grupo 3 com



vulnerabilidade baixa, com características de ciclo de vida familiar jovem (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados [SEADE], 2013).

Apesar da interação TB-COVID-19 ainda não ser totalmente clara. Compreende-se que uma pode ser agravante à outra (Allué-Guardia, Garcia & Torrelles, 2021) e como os achados da pesquisa apresentaram regiões coincidentes entre os agravos, e tais regiões apresentam característica de grupos familiares jovens (SEADE, 2013), há a preocupação da ocorrência de mortes prematuras, que consequentemente afetam na qualidade de vida, aparecimento de incapacidades, impacto econômico para a sociedade e principalmente para os sistemas de saúde (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2020).

Vale ainda destacar as inúmeras fragilidades do sistemas de saúde e o comprometimento da prestação de serviços, principalmente no que tange o Sistema Único de Saúde (SUS). Devido a insuficiente e ineficiente gestão pública brasileira frente a COVID-19, que parte desde os altos escalões da governança federal até as esferas estadual e municipal. Se agravando perante a postura política de “imunidade de rebanho”, negacionismo científico e,

principalmente, da promoção de tratamentos medicamentos sem comprovação científica de sua eficácia até então. (Ortega & Orsini, 2020).

Este cenário de favorecimento aos tratamento medicamentoso para combate da COVID-19, trouxe consigo um grande aumento no consumo de antibióticos devido ao contexto acima citado e também pela especificidade dos sintomas da COVID-19, resultado em prescrição inadequada ou até mesmo falta de prescrição, diagnóstico incorreto e pela própria influência da prevalência dos agravos (Knight et al., 2021).

Essa interação e uso em grande escala de antibióticos de amplo espectro em pessoas com COVID-19 (Knight et al., 2021) favorece o surgimento da tuberculose droga resistente (TB-DR) exacerbando a crise de saúde global e arruinando as estratégias de prevenção e controle da TB. Estima-se que nas próximas três décadas, a TB-DR matará aproximadamente 75 milhões de pessoas, elevando os gastos da economia global a um valor de mais de US \$16,7 trilhões de dólares. Não obstante, a COVID-19 já favoreceu o descontrole dos casos de TB, sendo estimado mais de 6,3 milhões de novos casos ainda não identificados devido às orientações de isolamento social obrigatório inclusive em áreas

endêmicas para TB (Allué-Guardia, Garcia & Torrelles, 2021). Tais apontamentos são evidenciados pelos achados deste estudo, em que no ano de 2020 foram identificados menos da metade dos casos de TB quando comparado com ano de 2019 que antecedeu a pandemia.

Dentre as limitações do estudo está a precisão na identificação das regiões e população de risco dos setores censitários. Uma vez que o método de análise utilizado nesse estudo permite apenas esclarecer qual(is) o(s) setor(es) mais vulneráveis, não demarcando geograficamente onde estariam os possíveis pontos mais vulneráveis dentro de toda a extensão do setor censitário (Kulldorff, 1997).

Outro fator limitante relevante está na base de dados geográfica e demográfica utilizada. Uma vez que o levantamento destas informações foi baseado no último censo do IBGE, realizado em 2010. Onde a realidade atual da população brasileira somente será esclarecida mediante a realização de um novo censo, que está programado para 2022, segundo o IBGE. Até lá são cerca de 11 anos de desconhecimento do real cenário geográfico e populacional dos municípios brasileiros.

Ainda se tratando da base de dados é importante ressaltar as questões

ligadas ao uso de dados secundários. O que pode gerar viesamentos na análise e, conseqüentemente, nos resultados obtidos. Todavia, não podemos desconsiderar sua relevância, uma vez que, apresentam baixo custo e uma importante abrangência no que tange informações populacionais (Drumond, Machado, Vasconcelos & França, 2009).

Por último, mas não menos importante, cabe mencionar o papel da enfermagem dentro de todo este contexto, pois dentro no enorme leque de atribuições do enfermeiro, estes se destacam na coordenação de cargos técnicos da vigilância epidemiológica com participação hiperativa no planejamento, coordenação e estimativa das ações de saúde da comunidade (Silva Filho et al, 2020). E como indiferente de outras situações emergenciais, a enfermagem em meio ao grande colapso vivenciado na pandemia da COVID-19, além de estar na linha de frente dos cuidados, estão também na liderança da organização e estratégias em saúde coletiva frente à campanha vacinal (Geremia et al., 2020).

A partir do momento que todos compreenderem esta dinâmica de gestão, atuação e multidisciplinaridade, haverá um grande ganho relacionado às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e com as ações 2 e 3 da agenda

2030 que visam o fortalecimento dos sistemas estratégicos de vigilância e informação de saúde e enfrentamento dos determinantes ambientais e sociais da saúde que corroboram, especificamente com o ODS 3. E os sucessos regionais são o ponto inicial (Organização Pan-Americana da Saúde [OPAS], 2019).

6. CONCLUSÃO

O estudo evidenciou que a distribuição espacial dos casos de COVID-19 e tuberculose não ocorrem de forma homogênea, há regiões que apresentam maior risco relativo à formação de aglomerados espaciais. Além de ser possível observar que a distribuição dos casos ocorre com maior frequência nas regiões periféricas do município de São Carlos/SP, foi possível observar que uma área da região norte do município foi considerada de alto risco tanto para COVID-19 quanto para TB.

Áreas com risco para ocorrência de eventos concomitantes, como a COVID-19 e TB, podem trazer consequências imensuráveis para a saúde desta população, arruinando inclusive as estratégias de controle da TB previstas para a agenda 2030 que também prevê o fortalecimento dos sistemas estratégicos de vigilância e informação de saúde e enfrentamento dos determinantes ambientais e sociais da saúde.

7. BIBLIOGRAFÍA

Allué-Guardia, A., García, J. I. & Torrelles, J. B. (2021). Evolution of drug-resistant Mycobacterium tuberculosis strains and their adaptation to the human lung environment. *Frontiers in Microbiology*, 12, 612675. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2021.612675>.

Alves, L. S., Dos Santos, D. T., Arcoverde, M. A. M., Berra, T. Z., Arroyo, L. H., Ramos, A. C. V. & Arcêncio, R. A. (2019). Detection of risk clusters for deaths due to tuberculosis specifically in areas of southern Brazil where the disease was supposedly a non-problem. *BMC Infectious Diseases*, 19(1), 1-13.

Arroyo, L. H., Yamamura, M., Protti-Zanatta, S. T., Fusco, A. P. B., Palha, P. F., Ramos, A. C. V. & Arcêncio, R. A. (2017). Identificação de áreas de risco para a transmissão da tuberculose no município de São Carlos, São Paulo, 2008 a 2013. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 26, 525-534.

Banho, C. A., Sacchetto, L., Campos, G. R. F., Bittar, C., Possebon, F. S., Ullmann, L. S. & Nogueira, M. L. (2021). Effects of SARS-CoV-2 P. 1 introduction and the impact of COVID-19 vaccination on the epidemiological landscape of São José Do Rio Preto, Brazil. *medRxiv*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1101/2021.07.28.21261228>.

Barreto, M., Barros, A., Carvalho, M., Codeço, C., Hallal, P., Medronho, R., Struchiner, C., Victora, C. & Werneck, G. (2020). O que é urgente e necessário para subsidiar as políticas de enfrentamento da pandemia de COVID-19 no Brasil?. *Rev. bras. epidemiol.*

Barros, M. B. D. A., César, C. L. G., Carandina, L., & Torre, G. D. (2006). Desigualdades sociais na prevalência de doenças crônicas no Brasil,



PNAD-2003. *Ciência & Saúde Coletiva*, 11, 911-926.

Battegay, M., Kuehl, R., Tschudin-Sutter, S., Hirsch, H. H., Widmer, A. F., & Neher, R. A. (2020). 2019-novel Coronavirus (2019-nCoV): estimating the case fatality rate—a word of caution. *Swiss medical weekly*, (5).

Camargos, M. A. D., & Oliver, F. C. (2020). Uma experiência de uso do georreferenciamento e do mapeamento no processo de territorialização na Atenção Primária à Saúde. *Saúde em Debate*, 43, 1259-1269.

Carvalho, C. A., Viola, P. C. D. A. F. & Sperandio, N. (2021). How is Brazil facing the crisis of Food and Nutrition Security during the COVID-19 pandemic?. *Public Health Nutrition*, 24(3), 561-564. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/s1368980020003973>.

Chen, N., Zhou, M., Dong, X., Qu, J., Gong, F., Han, Y. & Zhang, L. (2020a). Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *The lancet*, 395(10223), 507-513.

Chen, Y., Wang, Y., Fleming, J., Yu, Y., Gu, Y., Liu, C. & Liu, Y. (2020b). Active or latent tuberculosis increases susceptibility to COVID-19 and disease severity. *MedRxiv*.

Cobey, S. (2020). Modeling infectious disease dynamics. *Science*, 368(6492), 713-714.

Drumond, E. D. F., Machado, C. J., Vasconcelos, M. D. R. & França, E. (2009). The use of secondary data from SIM, Sinasc, and SIH in Brazilian scientific production between 1990 and 2006. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 26, 7-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.1>

Duarte, R., Aguiar, A., Pinto, M., Furtado, I., Tiberi, S., Lönnroth, K. & Migliori, G. B. (2021). Different disease, same challenges: social determinants of tuberculosis and COVID-19. *Pulmonology*, 27(4), 338-344. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pulmoe.2021.02.002>.

Fortaleza, C. M. C. B., Guimarães, R. B., de Castro Catão, R., Ferreira, C. P., de Almeida, G. B., & Pugliesi, E. (2020). Elementary spatial structures and dispersion of COVID-19: health geography directing responses to public health emergency in Sao Paulo State, Brazil. *medRxiv*.

Fronteira, I., Sidat, M., Magalhães, J. P., de Barros, F. P. C., Delgado, A. P., Correia, T. & Ferrinho, P. (2021). The SARS-CoV-2 pandemic: A syndemic perspective. *One Health*, 12, 100228. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100228>.

Fundação Oswaldo Cruz [FIOCRUZ]. (2020). Ministério da Saúde. COVID-19: Perguntas e respostas.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados [SEADE]. (2013). Índice paulista de vulnerabilidade social. Governo do Estado de São Paulo.

Geremia, D. S., Vendruscolo, C., Celuppi, I. C., Adamy, E. K., Toso, B. R. G. D. O. & Souza, J. B. D. (2020). 200 Years of Florence and the challenges of nursing practices management in the COVID-19 pandemic. *Revista latino-americana de enfermagem*, 28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.4576.3358>.

Guan, W. J., Ni, Z. Y., Hu, Y., Liang, W. H., Ou, C. Q., He, J. X. & Zhong, N. S. (2020). Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *New England journal of medicine*, 382(18), 1708-1720.



Gujski, M., Raciborski, F., Jankowski, M., Nowicka, P. M., Rakocy, K., & Pinkas, J. (2020). Epidemiological analysis of the first 1389 cases of COVID-19 in Poland: A preliminary report. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 26, e924702-1. DOI:

<http://dx.doi.org/10.12659/msm.924702>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2017) Governo Federal. Cidades: São Carlos.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2020). Pesquisa nacional de saúde 2019: percepção do estado de saúde, estilos de vida, doenças crônicas e saúde bucal. Brasil, Rio de Janeiro.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. (2020). Biblioteca: Catálogo.

Kamel Boulos, M. N., & Geraghty, E. M. (2020). Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. *International journal of health geographics*, 19(1), 1-12.

Knight, G. M., Glover, R. E., McQuaid, C. F., Olaru, I. D., Gallandat, K., Leclerc, Q. J. & Chandler, C. I. (2021). Antimicrobial resistance and COVID-19: Intersections and implications. *Elife*, 10, e64139. DOI: <http://dx.doi.org/10.7554/elife.64139>.

Kulldorff, M. (1997). A spatial scan statistic. *Communications in Statistics-Theory and methods*, 26(6), 1481-1496. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03610929708831995>.

Lima, K. P., Neves, D. C., Santos, N. M., Rocha, S. L., Valente, A. S. O., & De Souza, M. C. (2020). Uso de geotecnologias aplicadas em serviços de saúde: revisão Integrativa. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 12(6), e3072-e3072.

Lönnroth, K., Jaramillo, E., Williams, B.G., Dye, C., & Raviglione, M. (2009). Motores da epidemia de tuberculose: o papel dos fatores de risco e determinantes sociais. *Ciências sociais e medicina*, 68 (12), 2240-2246.

Maciel, E. L. N., Gonçalves Júnior, E., & Dalcolmo, M. M. P. (2020). Tuberculose e coronavírus: o que sabemos?. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 29(2), e2020128.

Magalhães, J. J. F., Mendes, R. P. G., Silva, C. T. A., Silva, S. J. R., Guarines, K. M., Pena, L., & for the Pernambuco COVID-19 Research Group. (2020). Epidemiological and clinical characteristics of the first 557 successive patients with COVID-19 in Pernambuco state, Northeast Brazil. *Travel medicine and infectious disease*, 38, 101884. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101884>.

Ministério da Saúde. (2019a). Manual de Recomendações para o Controle da Tuberculose no Brasil. 2. ed. Brasília: Editora MS.

Ministério da Saúde. (2019b). Tuberculose: Casos Confirmados Notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação.

Ministério da Saúde. (2020). Centro de Operações de Emergência em Saúde Pública-COVID19. Secretaria de vigilância em saúde. Bol Epidemiol Especial, v. 15, p. 1-68.



Ministério da Saúde. (2022). COVID-19: Painel Coronavírus. Secretaria de Vigilância em Saúde.

Morgenstern, H. (1995). Ecologic studies in epidemiology: concepts, principles, and methods. *Annual review of public health*, 16(1), 61-81.

Moyo, S., Boffa, J., Mhlaba, T., Sulis, G., Sifumba, Z., Pai, M., & Daftary, A. (2020). COVID-19 and tuberculosis in South Africa: A dangerous combination. *South African Medical Journal*, 110(5), 341-342.

Nascimento, I. J. B. D., Pinto, L. R., Fernandes, V. A., Romero, I. M., Oliveira, J. A. D. Q., Marcolino, M. S., & Leite, M. F. (2020). Clinical characteristics and outcomes among Brazilian patients with severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 infection: an observational retrospective study. *Sao Paulo Medical Journal*, 138, 490-497. DOI: <http://dx.doi.org/10.117441692.2020.1795223>.

Neves, J. A., Machado, M. L., Oliveira, L. D. D. A., Moreno, Y. M. F., Medeiros, M. A. T. D. & Vasconcelos, F. D. A. G. D. (2021). Unemployment, poverty, and hunger in Brazil in Covid-19 pandemic times. *Revista de Nutrição*, 34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1590/s0102-30982009000100002.678-9865202134e200170>

Organização Pan-Americana da Saúde [OPAS]. (2019). Estrutura integrada sustentável para a eliminação de doenças transmissíveis nas Américas. Washington, D.C.

Ortega, F. & Orsini, M. (2020). Governing COVID-19 without government in Brazil: Ignorance, neoliberal authoritarianism, and the collapse of public health leadership. *Global public health*, 15(9), 1257-1277. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/>

Ranzani, O. T., Hitchings, M. D., Dorion, M., D'Agostini, T. L., de Paula, R. C., de Paula, O. F. P. & Croda, J. (2021). Effectiveness of the CoronaVac vaccine in older adults during a gamma variant associated epidemic of covid-19 in Brazil: test negative case-control study. *bmj*, 374. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n2015>.

Raoult, D., Zumla, A., Locatelli, F., Ippolito, G., & Kroemer, G. (2020). Coronavirus infections: Epidemiological, clinical and immunological features and hypotheses. *Cell stress*, 4(4), 66.

Ribeiro, V. S. T., Telles, J. P., & Tuon, F. F. (2021). Concerns about COVID-19 and tuberculosis in Brazil: Social and public health impacts. *Enfermedades infecciosas y microbiología clinica*, 39(4), 216. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eimce.2020.08.003>.

Rocha, M. S., Oliveira, G. P. D., Aguiar, F. P., Saraceni, V., & Pinheiro, R. S. (2015). What are the causes of death of patients with tuberculosis: multiple causes of death in a cohort of cases and a research proposal of presumed causes. *Cadernos de Saúde Pública*, 31, 709-721.

Sakula, A. (1982). Robert Koch: centenary of the discovery of the tubercle bacillus, 1882. *Thorax*, 37(4), 246-251.

Silva Filho, P. S. P., Reis, R. L., Paiva, M. L. R., Silva, A. N., Santos, B. S. P., Sousa, D. C. & Cunha, B. D. P. R. (2020). A Importância da Atenção Primária à Saúde Em Pacientes Acometidos Pela Covid-19. *Research, Society and Development*, 9(10). DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8260>.

Teich, V. D., Klajner, S., Almeida, F. A. S. D., Dantas, A. C. B., Laselva, C. R., Torritesi, M. G. & Cendoroglo Neto, M. (2020). Epidemiologic and clinical features



of patients with COVID-19 in Brazil. *Einstein (Sao Paulo)*, 18.. DOI: http://dx.doi.org/10.31744/einstein_journal/2020ao6022.

The Lancet HIV. (2020). When pandemics collide. *The Lancet. HIV*, 7(5), e301. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s2352-3018\(20\)30113-2](http://dx.doi.org/10.1016/s2352-3018(20)30113-2).

Udwadia, Z. F., Vora, A., Tripathi, A. R., Malu, K. N., Lange, C., & Raju, R. S. (2020). COVID-19-Tuberculosis interactions: When dark forces collide. *Indian journal of tuberculosis*, 67(4), S155-S162. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijtb.2020.07.003>.

Victora, C., Castro, M. C., Gurzenda, S., de Medeiros, A. C., França, G., & Barros, A. J. (2021). Estimating the early impact of vaccination against COVID-19 on deaths among elderly people in Brazil: analyses of routinely collected data on vaccine coverage and mortality. *medRxiv*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1101/2021.04.27.21256187>.

Visca, D., Ong, C. W. M., Tiberi, S., Centis, R., D'ambrosio, L., Chen, B. & Goletti, D. (2021). Tuberculosis and COVID-19 interaction: a review of biological, clinical and public health effects. *Pulmonology*, 27(2), 151-165. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pulmoe.2020.12.012>.

World Health Organization [WHO]. (2020). *Global Tuberculosis Report 2020*. Geneva, Suíça, 232 p.

World Health Organization [WHO]. (2022). *Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic*.

World Health Organization [WHO]. (2017). *Global Tuberculosis Report 2017*. Geneva, Suíça.

World Health Organization [WHO]. (2019a). *Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV)*.

World Health Organization [WHO]. (2019b). *Global Tuberculosis Report 2019*. Geneva, Suíça.

Wu, Z., & McGoogan, J. M. (2020). Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China: summary of a report of 72 314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *Jama*, 323(13), 1239-1242.

Xu, J., Zhao, S., Teng, T., Abdalla, A. E., Zhu, W., Xie, L. & Guo, X. (2020). Systematic comparison of two animal-to-human transmitted human coronaviruses: SARS-CoV-2 and SARS-CoV. *Viruses*, 12(2), 244.

Zemouri, C., Awad, S. F., Volgenant, C. M. C., Crielaard, W., Laheij, A. M. G. A., & De Soet, J. J. (2020). Modeling of the transmission of coronaviruses, measles virus, influenza virus, Mycobacterium tuberculosis, and Legionella pneumophila in dental clinics. *Journal of dental research*, 99(10), 1192-1198. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0022034520940288>.

8. FINANCIAMENTO

Este projeto foi financiado pela agência de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2020/07060-2.

AYUNO INTERMITENTE Y BENEFICIOS REPORTADOS EN LA SALUD DE QUIENES LO
PRACTICAN



D. 36. SALUD HUMANA
AYUNO INTERMITENTE Y BENEFICIOS REPORTADOS EN LA SALUD DE QUIENES LO PRACTICAN

Autores: Algarbe Martino, Fernanda Aylén (feralgarbe@gmail.com), Garro Bustos, Jessica Vanina (vanigarrob@gmail.com).

Coautor: Rodríguez Salama, Ivana (ivanarodriguezsalama@gmail.com).
Profesor/as guía: Garro Bustos, Jessica Vanina – Rodríguez Salama, Ivana
Universidad Nacional de San Luis - UNSL

Resumen

Introducción: La Alimentación restringida en el tiempo o ayuno intermitente (AI) ha ganado considerable repercusión científica y popular. El ayuno es una práctica útil que se aplica ya sea por falta de disponibilidad de alimentos, por cuestiones de religión o beneficios en la salud.

Objetivo: Analizar el conocimiento, práctica e impacto subjetivo en la salud del AI

Metodología: Estudio cuantitativo, descriptivo, retrospectivo de corte transversal. Participaron individuos de entre 20 a 59 años de edad oriundos de la ciudad de San Luis que respondieron voluntariamente una encuesta virtual. Variables estudiadas: conocimiento sobre AI (tipo y fuente de información consultada), práctica de AI (tipo, supervisión profesional y motivos), impacto subjetivo del AI sobre la salud (efectos beneficios y/o adversos) y características de la alimentación implementada durante el AI (predominio de alimentación natural; supervisión profesional; disponibilidad física y económica).

Resultados: La muestra fue de 100 individuos (68% mujeres y 32% hombres). El 80% poseían conocimientos sobre AI, consultando mayormente como fuente las redes sociales. En cuanto a su práctica, el 80% lo realiza, predominando el AI de 12hs (60%) y el de 16hs en segundo lugar (30%). Sólo 30% lo realizó bajo supervisión profesional. El motivo que predominó fue bajar de peso, optimizar la salud y mejorar la situación intestinal (40%, 20% y 20%, respectivamente). En cuanto a los beneficios subjetivos obtenidos, se destacan: descenso de peso (40%), control del hambre (40%) y bienestar intestinal (20%) y no se observaron aspectos negativos (en un 98%). En cuanto a la alimentación, el 80% respondió “intento comer alimentos naturales disminuyendo procesados y ultra procesados”, el 10% “mi alimentación es saludable ya que me la indicó una nutricionista” y el 10% “me alimento con lo que tengo en casa”.



Conclusiones: Se evidenció el predominio de la práctica de AI de 12 y de 16 hs, con los beneficios de: descenso de peso, control del hambre y bienestar intestinal. Como aspectos negativos se destaca la práctica de AI sin supervisión profesional y el gran predominio de consulta en redes sociales. Se requiere empoderamiento de los profesionales de la salud para disminuir el riesgo que comporta que las redes sociales sean la principal fuente de información.

Palabras Clave: Ayuno Intermitente, Alimentación restringida en el tiempo, Descenso de peso

Introducción:

Desde el origen de nuestra especie hasta los tratamientos más recientes el ayuno intermitente, basado en la restricción de la ingesta de alimentos sólidos, se practica en todo el mundo por motivos tradicionales, culturales o religiosos.

En las últimas décadas, el ayuno intermitente ha ganado popularidad como método de cuidado personal para la prevención y promoción de la salud, en particular para iniciar un estilo de vida saludable., aunque también a nivel social sigue la incertidumbre por y por ignorancia y creencias arraigadas en los mismos investigadores y docentes universitarios. (Pablo Saz-peiro,2016)

Se puede definir como ayuno intermitente a un patrón de alimentación (no una dieta) que alterna períodos de abstención total o parcial de comida y/o bebida con períodos de alimentación normal, de forma regular y controlada. (Fung, Jason, 2018)

Cada día, todos ayunamos de forma natural en el período que va desde la cena hasta el desayuno, pero ayunar a otras horas del día no es algo nuevo para el hombre, la capacidad de desarrollar mecanismos y adaptaciones para sobrevivir y funcionar adecuadamente durante períodos de escasez de comida ha sido un factor clave en la historia de la evolución del hombre. Un ejemplo de esas adaptaciones es la habilidad de cambiar del estado metabólico de glucólisis al estado metabólico de cetosis.

Podemos dividir al ayuno intermitente en 3 categorías principales que pueden practicarse de forma diaria, semanal, y/o mensual. Alimentación restringida en el tiempo, ayuno de día alterno y ayuno de día completo.

En relación a los beneficios que el AI pudiera aportar podemos decir que cada día surgen estudios sobre su eficacia en la prevención y el tratamiento en enfermedades crónicas como: obesidad,



diabetes, cardiovasculares, en la prevención de las enfermedades inflamatorias y degenerativas crónicas, durante la quimioterapia del cáncer, problemas asociados con el envejecimiento.

En el marco del PROIPRO N° 10-05-20 “Ayuno Intermitente y Dieta Cetogénica en Adultos de SL”. de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de San Luis, se realizaron 4 talleres en el Centro de Salud del Trapiche, San Luis, con la participación de personas de entre 20 a 59 años de edad de la comunidad y personal profesional y no profesional de la institución, una vez finalizada dicha actividad de extensión, se elaboró y ejecuto una encuesta ad hoc de manera virtual que dio lugar al presente trabajo, el cual pretende analizar la práctica del AI referido a la Alimentación restringida en el tiempo y conocer los posibles beneficios que reporten quienes lo practican.

Objetivo General:

Analizar el conocimiento, práctica e impacto subjetivo en la salud del AI en adultos maduros que asisten a un centro médico y al hospital de la ciudad de San Luis en el año 2022.

Metodología:

Estudio cuantitativo, descriptivo, retrospectivo de corte transversal.

VARIABLES ESTUDIADAS: conocimiento sobre AI (tipo y fuente de información consultada), práctica de AI (tipo, supervisión profesional y motivos), impacto subjetivo del AI sobre la salud (efectos beneficios y/o adversos)

Resultados

Del total de encuestados N 100 y en relación con el rango etario, los resultados arrojaron que el 45% (n 45) poseen entre 35 a 49 años, el 36% (n 36) entre 26 a 34 años, el 10 (n 10) entre 50 y 60 años, el 7% (n 7) entre 18 a 25 años; y finalmente el 2% (n 2) posee 60 años o más. Además, el 68% (n 68) corresponde al género femenino y el 32% (n 32) restante al género masculino.

El 80% (n 80) manifestó conocimientos sobre el “ayuno intermitente”, mientras que el 20% (n 20) restante refirió no poseer conocimientos.

Las fuentes de información fueron 28% redes sociales, 24% consultas profesionales, 22% personas cercanas, 11% internet, 7% revistas científicas, 5% libros y el 3% restante corresponde a otras fuentes de información.

Del total de encuestados que poseen conocimientos sobre el ayuno intermitente N 80, el 80% (n 64) manifestó ejecutar dicha práctica actualmente, el 15% (n 12) lo ha practicado alguna vez y nunca el 5% (n 4) restante.

Por otro lado, en lo que respecta a tipo de alimentación restringida en el tiempo que realiza, se observó que el 60% (n 48) practica el ayuno de 12hs, el 30% (n 24) de 16hs, el 5% (n 4) de 18hs, el 3,75% (n 3) de 14hs y el 1,25% restante (n 1) de 20hs.

En relación al acompañamiento o no de profesionales para la práctica del AI, el 70% (n 56) realiza la práctica de ayuno intermitente sin supervisión y solo el 30% (n 24) restante bajo supervisión profesional, de los cuales el 83,3% (n 20) es llevada a cabo por un profesional de la nutrición y el 16,7% (n 4) restante por médicos u otros profesionales de la salud.

En cuanto a los motivos de la práctica, el 56,25% (n 45) realiza ayuno intermitente motivado por el descenso de peso, el 47,50% (n 38) para optimizar la salud, el 40% (n 32) para mejorar la actividad a nivel intestinal, el 15% (n 12) para controlar el hambre, el 10% (n 8) para controlar la ansiedad y el 5% (n 4) restante para mantener el peso.

Los beneficios reportados fueron el 52,5% (n 42) manifestó como beneficio de la práctica del ayuno intermitente el descenso de peso, el 42,5% (n 34) el control del hambre, el 20% (n 16) el bienestar a nivel intestinal, el 15% (n 12) mayor saciedad, el 16,25% (n 13) mejora en los parámetros bioquímicos y el 11,25% (n 9) bienestar a nivel gástrico. El 93,75% (n 75) refirió no encontrar ningún aspecto negativo de la práctica del ayuno intermitente, el 3,75% (n 3) manifestó aumento de la ansiedad, el 1,25% (n 1) refirió mayor desorganización alimentaria y el 1,25% restante aumento de peso

Discusión:

En el presente estudio se obtuvo como resultado que el principal motivo y beneficio obtenido de la práctica del ayuno intermitente fue el descenso de peso, lo cual coincide con numerosas evidencias científicas, como las publicadas por Harvie MN, Pegington M, Mattson MP et al. 2011, “The effects of intermittent or continuous energy restriction on weight loss and metabolic disease risk markers: a randomized trial in young overweight women” en Int J Obes., así como también se destaca al autor Varady KA, en su publicación 2011, “Intermittent versus daily calorie restriction: which diet regimen is more effective for weight loss?” Obes Rev;



y a los autores *Ash S Reeves MM Yeo Set al. 2003* en *“Effect of intensive dietetic interventions on weight and glycaemic control in overweight men with type II diabetes: a randomised trial”*. *Int J Obes. 2003; 27:797–802*. Los mencionados estudios científicos afirman que el ayuno intermitente en días alternos reduce el peso corporal (3 a 7 %), la grasa corporal (3 a 5,5 kg), el colesterol total (10 a 21 %) y los triglicéridos (14 a 42 %) en personas con peso normal, sobrepeso y obesidad. También se han observado reducciones en el LDL y la presión arterial. Por otro lado, se ha demostrado que el ayuno de un día completo reduce el peso corporal (3 a 9 %), la grasa corporal, el colesterol total (5 a 20 %) y los triglicéridos (17 a 50 %).

Conclusión:

Del total de la población encuestada la mayoría pertenece al grupo de adultos jóvenes y maduros (entre 26 a 49 años); y al género femenino.

Existe de manera predominante conocimiento con respecto al ayuno intermitente, así como la práctica del mismo, destacándose los tipos de ayuno de 12 y de 16hs, lo que da cuenta de que estaríamos en presencia de un cambio de paradigma en la nutrición y alimentación tradicional.

Por otro lado, se puede considerar que la influencia de las redes sociales se posiciona casi al mismo nivel que la consulta profesional como fuentes de información, lo que reafirma que en esta nueva era la tecnología es una fuerza que hay que sumar al desempeño profesional, y debe ser parte de la educación alimentaria nutricional a fin de evitar el “charlatanismo nutricional” y la desinformación o inadecuada información que pudiera ser perjudicial para la salud.

Lo antes expuesto, se reafirma con el hecho alarmante de que solo una minoría de las personas que practica el ayuno intermitente lo hace bajo supervisión de un profesional, no obstante, y como aspecto positivo, se destaca el rol del licenciado en nutrición.

Los motivos por los cuales las personas comenzaron a implementar la práctica del ayuno intermitente se asemejan a los beneficios obtenidos, siendo para ambos casos el descenso de peso el que ocupa el primer lugar, estos resultados se condicen con el hecho de que el ayuno intermitente es una estrategia dietética en la que los períodos de consumo normal de alimentos y bebidas están marcados por períodos de restricción energética generando una reducción neta en la ingesta energética, la cual se ubica por debajo del gasto



energético, es decir, se produce un estado de balance energético negativo, induciendo la pérdida de peso. Por esta razón, se ha convertido en una estrategia nutricional de creciente interés para el control del peso corporal.

En los resultados también se obtuvo como motivos y beneficios de la práctica las mejoras a nivel intestinal; y la obtención de mayor saciedad y por ende mejor control del hambre. Uno de los problemas intestinales que puede resolverse es el estreñimiento, debido a que el ayuno favorece el tránsito intestinal gracias a la activación del complejo motor migratorio (CMM). Esta activación hace que la musculatura lisa del estómago e intestino haga avanzar los residuos de la digestión y se puedan expulsar a través de las deposiciones. Este proceso también favorece una microbiota intestinal sana.

Por otro lado, el ayuno permite disminuir la dependencia de la comida ya que disminuye el apetito constante además de reforzar la opción de que no hace falta estar ingiriendo alimento constantemente sino cuando es esencial. Ayuda a regular los ritmos circadianos ya que tiene un impacto a nivel hormonal. Finalmente, se destaca que la amplia mayoría de las personas encuestadas no visualiza

aspectos negativos de la mencionada práctica.

Bibliografía:

Canicoba M. (2020). Clinical applications of intermittent fasting. Revista Nutrición Clínica Metabólica.

Santacruz Pacheco D. (2020) Efectos del ayuno intermitente en el envejecimiento, la salud y la enfermedad. Puesta al día en cardiología; 136.

Evaluación de la actividad antiprotozoaria sobre *Leishmania infantum*
de extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum*
sisymbriifolium



D. 36. Salud Humana

Evaluación de la actividad antiprotozoaria sobre *Leishmania infantum* de extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium*

Autor: Alvarenga, Eliana; e.mail: elialvarengat@gmail.com

Co-autores: Yaluff, Gloria; e.mail: gloriayaluff@yahoo.com; Alvarenga, Nelson; e-mail:nelson@qui.una.py; Portillo, Nilda; Laterza, Eugenia; Gayozo, Elvio; ; Langjahr, Patricia.

Profesor guía: Alvarenga, Nelson

Universidad Nacional de Asunción

La leishmaniasis visceral, causada por *Leishmania infantum*, es una enfermedad que afecta a personas en todo el mundo. En el presente trabajo se evaluó la actividad antileishmania de extractos metanólicos de *S. sisymbriifolium* y *S. americanum* sobre formas promastigotes de *L. infantum*, la actividad citotóxica de estos extractos en macrófagos extraídos de ratones, se identificaron los compuestos del extracto metanólico de *S. americanum* y se evaluó la actividad antiparasitaria del extracto de *S. americanum* sobre amastigotes de *L. infantum*, infectando líneas celulares THP- 1. En la evaluación antileishmania sobre las formas promastigotes del parásito y el ensayo de citotoxicidad, *S. americanum* presentó IC50 de 21,1 µg/mL y CC50 de 98,2 µg/mL, con IS de 4,6 (más selectivo por el parásito que por la célula huésped) y *S. sisymbriifolium* presentó IC50 de 76,0 µg/mL y CC50 de 58,4 µg/mL, con IS de 0,7, lo que da indicios de que *S. americanum* presenta una interesante actividad antileishmania. Por otro lado, dos de las fracciones de *S. americanum*, de cloroformo y acetato de etilo, presentaron actividad antiparasitaria sobre las formas promastigotes de *L. infantum* con IC50 de 54.6 µg/mL y 66.8 µg/mL, respectivamente. Los compuestos identificados en el extracto metanólico de *S. americanum* y sus fracciones fueron flavonoides, alcaloides, triterpenos. Para el estudio de evaluación de actividad antiparasitaria sobre formas amastigotes en células THP-1, el extracto de *S. americanum* presentó IC50 de 10,8 µg/mL e IS de 9,1. Estos datos muestran que el extracto de *S. americanum* presenta actividad antileishmania y representa un potencial candidato a fármaco para el tratamiento de la leishmaniasis.

Palabras clave: *Solanum americanum*, leishmaniasis, THP-1



D. 36. Salud Humana

“Evaluación de la actividad antiprotozoaria sobre *Leishmania infantum* de extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium*”

Autor: Alvarenga, Eliana; e.mail:

elialvarengat@gmail.com

Co-autores: Yaluff, Gloria; e.mail:

gloriayaluff@yahoo.com; Alvarenga,

Nelson; e-mail:nelson@qui.una.py;

Portillo, Nilda; Laterza, Eugenia; Gayozo,

Elvio; Langjahr, Patricia.

Profesor guía: Alvarenga, Nelson; Yaluff,

Gloria.

Universidad Nacional de Asunción

Introducción

Las enfermedades tropicales desatendidas (ETD) son causadas por varios agentes infecciosos y son responsables de altas tasas de mortalidad y morbilidad en todo el mundo (Yaluff, et al., 2015). La leishmaniasis es una enfermedad tropical y subtropical desatendida que causa considerable morbilidad y mortalidad por el alto número de personas afectadas y en riesgo de adquirirlas a pesar de los grandes esfuerzos realizados para su control. La Organización Mundial de la Salud (OMS)

considera que la leishmaniasis es una de las siete enfermedades tropicales más importantes y representa un grave problema de salud mundial que presenta un amplio espectro de manifestaciones clínicas con un resultado potencialmente fatal (Torres et al., 2017)

La leishmaniasis comprende un grupo complejo de enfermedades causadas por protozoarios eucariotas unicelulares e intracelulares estrictos del género *Leishmania* (Kasper et al., 2015) Estos microorganismos se transmiten por insectos hematófagos del género *Phlebotomus* y *Lutzomyia*, y esta transmisión puede ser zoonótica o antroponótica (Cenaprece, 2015). El ciclo de vida de *Leishmania* sp. implica la transmisión del parásito entre un invertebrado y un huésped mamífero, los promastigotes extracelulares móviles de *Leishmania* sp. proliferan en el intestino de la mosca de la arena y luego se transmiten al huésped mamífero a través de la picadura del vector (Chow, et al., 2011).

Las diferentes formas clínicas de la leishmaniasis son el resultado de la infección por diferentes especies del parásito. La leishmaniasis visceral (LV), mortal si no se trata, suele ser causada por *Leishmania infantum*. Esta forma de leishmaniasis se presenta en individuos de todas las edades, pero circunstancias



como la malnutrición o la inmunosupresión predisponen a la enfermedad (Barrio, et al., 2012).

El principal vector de *L. amazonensis* es la mosca de arena *Lutzomyia flaviscutellata* (Martínez, et al., 2014).

Se estima que en todo el mundo hay alrededor de 350 millones de personas que se encuentran en riesgo de contraer leishmaniasis, con una incidencia aproximada de 2 millones de casos nuevos por año. En los últimos 10 años ha habido un aumento en el registro de los casos de LV en el Paraguay por el aumento propio de la endemia y por el creciente reconocimiento de los casos por parte de los médicos. En el Paraguay, más del 90% de los casos provienen del distrito de Asunción y de los departamentos Central, Paraguarí y Cordillera, en donde convergen una alta proporción de perros infectados y flebótomos vectores, además de un crecimiento urbano desordenado de la población (Ministerio de Salud Pública, 2018). Todos los casos confirmados de LV deben ser tratados con antimonio pentavalente, como fármaco de primera elección. En el caso de una respuesta no satisfactoria al tratamiento o en caso de falla terapéutica, efectos adversos severos, se deben utilizar los fármacos de segunda elección. La anfotericina B desoxicolato es el fármaco de segunda elección

recomendada. En el Paraguay, la anfotericina B desoxicolato presenta un costo elevado y la principal dificultad para el tratamiento es su discontinuidad y las dificultades económicas de la población (Giménez et al., 2017)

Para los países subdesarrollados, donde la falta de acceso al tratamiento y el desinterés de las grandes empresas farmacéuticas debido al mercado no rentable representa un problema, el desarrollo de nuevos fármacos leishmanicidas es una gran prioridad. El Paraguay cuenta con una gran diversidad en especies vegetales, que constituyen una fuente de productos naturales que podrían ser utilizados para el tratamiento de enfermedades parasitarias como la leishmaniasis. A través de estudios anteriores en los cuales se ha visto que *Solanum sisymbriifolium* y *Solanum americanum* son plantas con interés farmacéutico, ya que contienen compuestos bioactivos que pueden actuar como antiparasitarios. Este estudio preclínico podría contribuir al hallazgo de nuevas alternativas terapéuticas para el tratamiento de la leishmaniasis.

Con el fin de alcanzar dichos objetivos, el presente trabajo contempló el desarrollo de las actividades experimentales planteándose: I) El ensayo *in vitro*, dirigido a la evaluación de la actividad citotóxica en



macrófagos extraídos de ratones, II) El ensayo dirigido a la evaluación de la actividad antiparasitaria de extractos metanólicos de *S. sisymbriifolium* y *S. americanum* sobre *Leishmania infantum*, y III) El ensayo *in vitro* para evaluar la actividad leishmanicida del extracto metanólico de *Solanum americanum* sobre amastigotes intracelulares de *Leishmania infantum*, infectando líneas celulares THP-1.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la actividad antiprotozoaria sobre *Leishmania infantum* de extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium*.

Objetivos específicos

- Determinar la actividad citotóxica de extractos metanólicos derivados de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium* sobre macrófagos intra-peritoneales extraídos de ratones.
- Determinar la actividad leishmanicida *in vitro* de los extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium* sobre promastigotes de *Leishmania infantum*.
- Determinar la actividad leishmanicida *in vitro* de los extractos fraccionados de

Solanum americanum sobre promastigotes de *Leishmania infantum*.

- Identificar los metabolitos secundarios del extracto metanólico de *Solanum americanum*.
- Determinar la actividad leishmanicida del extracto metanólico de *Solanum americanum* sobre amastigotes intracelulares de *Leishmania infantum* infectando experimentalmente la línea celular THP-1.

Materiales y métodos

Recolección e identificación del material vegetal

Se colectaron plantas de la especie *Solanum sisymbriifolium* y *Solanum americanum* en Villa Hayes, Barrio San Jorge, las coordenadas de ésta área son -25.089063,-57.545395, dejando un ejemplar de estas especies vegetales en el Herbario del departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción, bajo los códigos 57486 y 57488, respectivamente.

Preparación del extracto

Las plantas *Solanum sisymbriifolium* y *Solanum americanum* fueron secadas, pulverizadas, pesadas y depositadas en un Erlenmeyer de 1000 ml al cual se adicionó metanol, 500 mL para *Solanum*

americanum y 600 mL para *Solanum sisymbriifolium*, fueron sonicadas y filtradas repetidas veces. El solvente fue eliminado al vacío hasta obtener un residuo sólido.

Obtención de fracciones del extracto metanólico de *Solanum americanum*

El extracto metanólico de *Solanum americanum* se fraccionó con los solventes: hexano, cloroformo y acetato de etilo. Cada uno de los solventes fueron separados de su fase acuosa y filtrados. Cada solvente fue eliminado al vacío hasta obtener un residuo sólido.

Perfiles cromatográficos de extractos metanólicos de origen vegetal con actividad antileishmania

Se seleccionaron las plantas que presentaban actividad antileishmania y se determinó la presencia de metabolitos secundarios. Para ello, se utilizó el método de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tándem (LC-MS/MS).

Cepas de *Leishmania infantum*

Se utilizaron cepas de LEM 75 - *Leishmania* (Leishmania) (MHOM/FR/78/LEM 75) del laboratorio de Medicina Tropical del IICS. Estos parásitos fueron mantenidos por pasajes sucesivos en medio Schneider's enriquecido con 10%

de suero fetal bovino e incubados en estufa a 28°C. Los pasajes se realizaron cada cuatro días.

Evaluación de la actividad citotóxica en macrófagos extraídos de ratones

Para la realización de esta técnica, se sacrificaron utilizando el método de eutanasia por agente químico inhalatorio, cuya especie química es el dióxido de carbono (CO₂) 4 ratones sanos obtenidos del bioterio del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud y en ayunas de 12 horas aproximadamente, se desinfectó el abdomen de cada animal con alcohol de 70°. Los ratones fueron sacrificados utilizando el método de eutanasia por agente químico inhalatorio, cuya especie química es el dióxido de carbono (CO₂) (CIOMS- ICLAS, 2012).

Se extrajo el contenido del peritoneo de cada animal, se guardó en un tubo estéril hasta su uso, (para estimular y obtener mayor número de macrófagos se inoculó por vía intraperitoneal una solución de almidón al 2 % en solución salina fría 4 días antes del sacrificio). Se centrifugó el preparado, se resuspendió en medio RPMI y se contó en cámara de Neubauer (1.3.10⁶ macrófagos / ml). Se utilizó macroplacas de 24 pocillos a los cuales se le colocaron laminillas de forma redondeada previamente sumergidas en ácido nítrico al



3 %, esto para mejor adherencia de los macrófagos.

Se colocaron 100 μ l del medio RPMI conteniendo los macrófagos ($1 \cdot 10^5$ macrófagos /cubre) en cada pocillo. Se incubó a 37°C -5% CO₂ durante 3 horas. Se pesaron 2 mg del extracto y se disolvió con PBS. Se realizaron diluciones a concentraciones de producto de 100, 50 y 25 μ g/ml. Se realizó un lavado de los pocillos con medio RPMI de manera a eliminar los macrófagos que no se adhirieron a las laminillas y se pusieron en contacto las diferentes diluciones de los productos con las células de macrófagos. Luego se incubaron nuevamente en estufa durante 48 horas.

Para la evaluación se utilizó microscopio invertido y la lectura se realiza con azul trypan blue al 0.4%. Se contaron 100 macrófagos y se determinó la frecuencia de vivos y muertos, se procedió a la determinación de la concentración citotóxica 50 (CC₅₀- la concentración citotóxica de los extractos para causar la muerte del 50% de las células viables en el huésped). Se utilizó la prueba de bondad de ajuste de Pearson. La CC₅₀ y el límite de confianza del 95% correspondiente se determinaron a partir de una línea de regresión de mortalidad Probit de dosis logarítmica.

Evaluación de la actividad antiparasitaria *in vitro* de los extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium* sobre *L. infantum*.

Se pesó 20 mg del extracto y se disolvió utilizando DMSO (Dimetil Sulfóxido), agregando el medio Schneider's hasta llegar a una concentración de 100 μ g/ml. Los parásitos promastigotes en fase de crecimiento logarítmico fueron distribuidos en una microplaca de 96 pocillos a una concentración de 10⁶ parásitos/ml. Cada pozo fue tratado con las diferentes concentraciones del extracto (100, 50, 25, 12,5, 6,25 y 3,125 μ g/mL y la prueba fue realizada por triplicado. Se incubaron en estufa a 28°C durante 72 horas, pasado dicho tiempo, se observaron los parásitos utilizando un microscopio invertido OLYMPUS IMT-2. Para el control se utilizó el mismo cultivo de parásitos en medio Schneider's también por triplicado. La actividad se evaluó mediante conteo óptico en microscopio, comparándose con pocillos control positivo y negativo. Los resultados de la actividad leishmanicida también fueron expresados en valores de porcentajes en una tabla y gráficos en Excel (2016).

La determinación de la concentración inhibitoria 50% (IC₅₀) se realizó mediante



el análisis Probit, para ello se empleó un complemento Excel (Finney, 1952). Los resultados fueron comparados con Anfotericina B descrita en el protocolo.

Se procedió a la determinación de la concentración inhibitoria media máxima (IC₅₀- es una medida cuantitativa que indica la cantidad de una sustancia que se necesita para inhibir, *in vitro*, un proceso biológico dado o componente biológico en un 50%). Se utilizó la prueba de bondad de ajuste de Pearson para determinar si el modelo Probit se ajusta adecuadamente a los datos proporcionados por los experimentos.

IC₅₀ y el límite de confianza del 95% correspondiente se determinaron a partir de una curva de regresión de mortalidad, usando el método de análisis de Probit. Para la comparación entre grupos se utilizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de múltiples comparaciones de Tukey, esto se realizó utilizando el software estadístico GraphPad Prism versión 8.0.0 para Windows. Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas cuando los valores de p eran ≤ 0.05 .

Se calculó el índice de selectividad: El índice de selectividad fue calculado con base a la relación de la concentración citotóxica al 50% y la concentración inhibitoria al 50% (CC₅₀/CI₅₀). El extracto

que mejor actividad e índice de selectividad frente a promastigotes presentaba, fue fraccionado y utilizado para realizar el perfil cromatográfico y para realizar la fase III.

Evaluación de la actividad antiparasitaria *in vitro* de las fracciones de *Solanum americanum*

Para el ensayo con las fracciones de *Solanum americanum* se procedió de la misma manera descrita anteriormente para los extractos.

Cultivo y diferenciación de THP- 1

La diferenciación de las células THP-1 tipo monocito, fue realizada en el departamento de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Químicas. San Lorenzo-Paraguay.

Cultivo de amastigotes axénicos

Se cultivaron formas promastigotes de la cepa MHOM/FR/LEM 75 de *Leishmania infantum* en la fase exponencial tardía o fase de crecimiento estacionario. Se ajustó la concentración a $5,0 \times 10^6$ promastigotes/mL en medio Schneider suplementado con PBS al 10%, pH 6,3, en un frasco de cultivo celular de 25 cm² mantenido a 34 °C sin CO₂ y se mantuvo los parásitos en estas condiciones durante 24-48 h, o hasta que más del 90% de las formas estén redondeadas.



Evaluación de actividad antiparasitaria *in vitro* sobre amastigotes de *L. infantum* del extracto metanólico de *Solanum americanum*

Se colocaron los macrófagos axénicos y amastigotes (10 parásitos: célula) en contacto, en una macroplaca de 24 pocillos, a la concentración de 10^5 células: 10^6 parásitos por mL.

Luego se incubó la placa durante 4 horas a $37\text{ }^\circ\text{C}$ en presencia de CO_2 al 5% para la adhesión celular. Se utilizó monocapas de células sin infectar como control positivo, monocapa de células infectadas sin tratar como control negativo, y un control DMSO al 1%. Cada control y compuesto fue analizado por triplicado.

Se pesó 20 mg del extracto de *S. americanum* y se añadió 1000 μL de DMSO. Se tomó 10 μL de la solución madre y se llevó a 1000 μL con medio RPMI- 1640, se realizaron diluciones seriadas para obtener las concentraciones: 100, 50, 25 y 12,5 $\mu\text{g/mL}$. Se monitoreó hasta 72 horas después de la infección, usando un microscopio óptico y una vez finalizado el experimento, se retiró el medio de cultivo y se tiñó con Giemsa.

Se determinó la tasa de infección mediante un análisis aleatorio de 200 células, evaluando el porcentaje de células infectadas y el número medio de parásitos intracelulares. IC_{50} y el límite de confianza

del 95% correspondiente se determinaron a partir de una curva de regresión de mortalidad, usando el método de análisis de Probit. Para la comparación entre grupos se utilizó ANOVA seguido de la prueba de múltiples comparaciones de Tukey, esto se realizó utilizando el software estadístico GraphPad Prism versión 8.0.0 para Windows. Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas cuando los valores de p eran ≤ 0.05 .

Se calculó el índice de selectividad: El índice de selectividad fue calculado con base a la relación de la concentración citotóxica al 50% y la concentración inhibitoria al 50% ($\text{CC}_{50}/\text{IC}_{50}$).

Declaración de Ética

Todos los procedimientos en los que estuvieron implicados animales fueron realizados en conformidad con los Principios Internacionales, Guías de la Investigación Biomédica que utiliza animales, elaborados por el Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas (CIOMS- ICLAS, 2012). Este trabajo de tesis fue aprobado por el comité de ética en la investigación de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción, bajo el código CEI 473/19.

Una línea celular comercial, línea celular monocítica de leucemia humana (THP-1),

obtenida del departamento de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción, fue utilizada en este estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo de citotoxicidad en macrófagos extraídos de ratones

En el presente trabajo se evidenciaron los niveles de toxicidad y se comparó las CC_{50} determinadas para cada extracto metanólico. En la figura 1 se muestran las curvas entre las concentraciones del extracto metanólico de *Solanum americanum* y el porcentaje de viabilidad celular de los macrófagos extraídos de ratones, después de 48 horas de exposición, comparándose con el control negativo que consistía en células macrófagos sin tratamiento. El análisis de Pearson mostró una correlación negativa significativa en las células macrófagos evaluadas entre las concentraciones del extracto metanólico de *Solanum americanum* ($r = -0,9475$, $p < 0,05$) y de *Solanum sisymbriifolium* ($r = -0,9364$, $p < 0,05$), y la viabilidad celular en un tiempo prolongado de exposición. Así mismo, la viabilidad celular, al exponer las células al extracto de *Solanum americanum*, fue de 60% cuando los macrófagos se expusieron a la dosis de 50 $\mu\text{g/mL}$ y 55% cuando se expusieron a la dosis de 100 $\mu\text{g/mL}$, lo que

indica que cuando se aumenta la concentración del extracto metanólico de *Solanum americanum*, la viabilidad celular se ve afectada, pero no de manera significativa. Un porcentaje elevado de viabilidad celular obtenido frente a la exposición de un extracto vegetal o compuesto químico, es indicativo de la baja citotoxicidad que presenta dicho compuesto, lo deseable para cualquier molécula candidata a nuevo fármaco.

De igual forma, lo que corresponde al extracto de metanólico de *Solanum sisymbriifolium*, la viabilidad celular fue de 40% cuando los macrófagos fueron expuestos a la dosis de 50 $\mu\text{g/mL}$ y un 30% con la dosis de 100 $\mu\text{g/mL}$ (Figura 2).

La concentración citotóxica semimáxima o CC_{50} fue de 98,2 $\mu\text{g/mL}$ para el extracto metanólico de *S. americanum* y de 58,4 $\mu\text{g/mL}$ para el extracto de *S. sisymbriifolium* (Tabla 1).

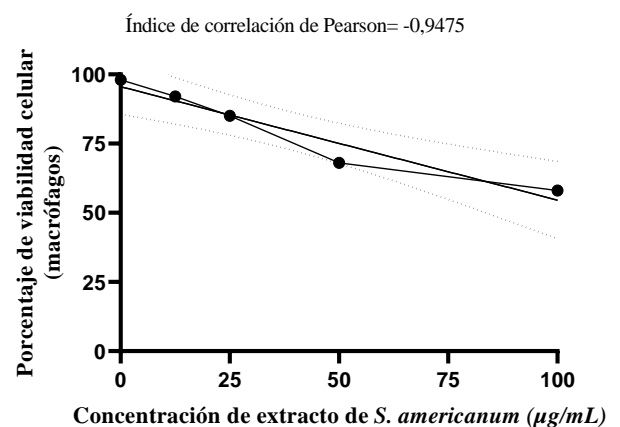


Figura 1. Porcentaje de viabilidad celular a las 48 horas de exposición al extracto metanólico de *Solanum americanum*.

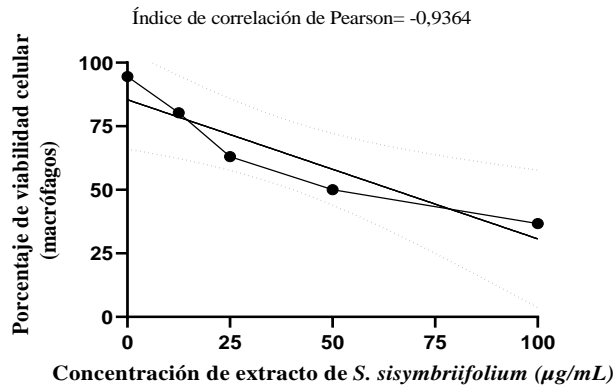


Figura 2. Porcentaje de viabilidad celular a las 48 horas de exposición al extracto metanólico de *Solanum sisymbriifolium*.

Tabla 1. Concentración citotóxica de extractos metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium* sobre macrófagos.

Compuesto	CC ₅₀ (µg/mL)	Intervalo de confianza (µg/mL)	
<i>S. americanum</i>	98,2	79,56	119,43
<i>S. sisymbriifolium</i>	58,4	44,04	74,98
Anfotericina B	21,3	-	-

La tabla resume los hallazgos obtenidos en los ensayos de evaluación de la actividad citotóxica sobre macrófagos, mostrando la media de los tres (3) experimentos independientes y su correspondiente intervalo de confianza.

Leishmania infantum es el agente causante de la leishmaniasis visceral, una enfermedad tropical desatendida. Esta enfermedad provoca problemas de salud

sustanciales y la muerte de hasta 400.000 personas por año (Ready, 2014). Los principales fármacos disponibles para el tratamiento de la LV son el antimonio pentavalente, la anfotericina B y la miltefosina, pero, considerando la baja eficacia de estos fármacos disponibles para el tratamiento, la toxicidad que causa y la resistencia desarrollada por parásitos; la investigación de productos naturales, puede conducir al descubrimiento de nuevas terapias con alta eficiencia que serían seguros y a los cuales tendrían fácil acceso los pacientes (Serafim et al., 2020). Se ha indicado que estos materiales que se encuentran en la naturaleza exhiben una acción selectiva contra los parásitos sin reducir la viabilidad de la célula huésped (Fürst y Zündorf, 2014) En este estudio se determinó la actividad antiparasitaria *in vitro* de los extractos metanólicos de *S. americanum* y *S. sisymbriifolium* y las fracciones de *S. americanum*, así como también se evaluó la citotoxicidad que presentan estos extractos.

El extracto metanólico de *S. americanum*, presentó una CC₅₀ de 98.2 µg/mL, presentando alta viabilidad de macrófagos, aún con la dosis más alta que fue de 100 µg/mL, en comparación con el extracto metanólico de *S. sisymbriifolium* que presentó CC₅₀ de 58.4 µg/mL, es decir, a

esa dosis, se observaba un número reducido de células vivas. A la dosis más alta, el extracto metanólico de *S. sisymbriifolium* presentó un 70% de reducción de células vivas comparando con el extracto de *S. americanum* en el cual, a la dosis más alta, la viabilidad celular sólo se redujo un 40%. En estudios realizados anteriormente, se observó una mayor citotoxicidad al aumentar las concentraciones de extracto de *Solanum americanum* y se observó que el valor de la concentración citotóxica del 50% del extracto de metanol es el más bajo, en comparación con otros solventes (Gabrani et al., 2012). *S. sisymbriifolium* podría presentar mayor nivel de citotoxicidad debido a que fue utilizada la planta en su totalidad, autores sugieren que las hojas de *S. sisymbriifolium* presentan alta toxicidad (Apu et al., 2013)

La anfotericina B tiene una tasa de curación de 97% para leishmaniasis visceral. Sin embargo, los importantes efectos secundarios, principalmente la nefrotoxicidad, que produce este fármaco cuando se administra a dosis terapéuticas, han llevado a menudo a su rechazo como tratamiento de primera elección (Otsubo et al., 1999).

Evaluación de la actividad antiparasitaria *in vitro* de los extractos

metanólicos de *Solanum americanum* y *Solanum sisymbriifolium* sobre *L. infantum*.

El porcentaje de mortalidad de parásitos fue estadísticamente significativo con ambos extractos metanólicos, comparando con el control negativo, $p < 0,05$. Se puede observar que existe mayor mortalidad de parásitos con el extracto metanólico de *Solanum americanum* en comparación a *Solanum sisymbriifolium*. El control DMSO no sobrepasó el 1%, por lo que no presentó mortalidad de parásitos (Figura 3).

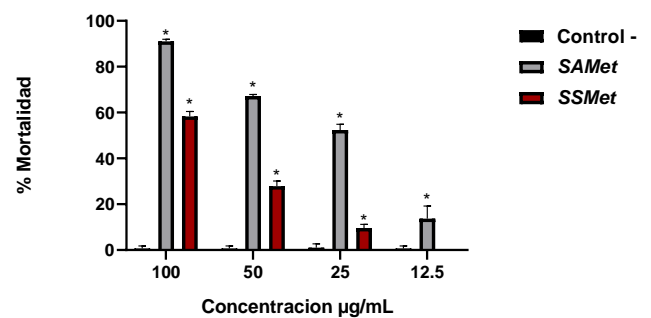


Figura 3. Efecto *in vitro* del extracto metanólico de *S. americanum* y *S. sisymbriifolium* sobre promastigotes de *L. infantum*. El porcentaje de mortalidad se calculó después de 72 h de tratamiento con diferentes diluciones de cada compuesto. El control negativo son promastigotes de *L. infantum* sin tratar. *: Diferencia significativa en relación con el control negativo de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$). SSMet: Extracto metanólico de *S. sisymbriifolium*; SAMet: Extracto metanólico de *S. americanum*.



La concentración inhibitoria semimáxima (IC_{50}) fue de 32,1 $\mu\text{g/mL}$ para el extracto de *Solanum americanum* y 76,0 $\mu\text{g/mL}$ para *S. sisymbriifolium*, esto se comparó con la IC_{50} de anfotericina B. El índice de selectividad (CC_{50}/IC_{50}) obtenido para el extracto metanólico de *S. americanum* fue de 4,7 y para *S. sisymbriifolium* fue de 0,7. Teniendo estos resultados, al observar que el extracto metanólico de *Solanum americanum* presenta mejor índice de selectividad, es decir, es más selectivo por el parásito que por las células, este extracto se utilizó para los siguientes ensayos.

En este ensayo se pudo observar, que el extracto metanólico de *S. americanum* produjo un 90% de mortalidad de parásitos con la dosis más alta estudiada en este trabajo comparando con el control negativo. *S. sisymbriifolium* presentó una reducción del 55% de parásitos de *L. infantum* a altas dosis. *S. americanum* presentó actividad antileishmania con las dosis de 100, 50, 25 y 12,5 $\mu\text{g/mL}$. La actividad mostrada por el extracto metanólico de *S. americanum* se podría atribuir a que posiblemente, ante la exposición al compuesto, el material genético del parásito presenta sensibilidad. Aún no se conoce el mecanismo de acción antiparasitaria del extracto, pero puede deberse a su estructura química, a los

metabolitos secundarios que presenta esta planta (Mutoro et al., 2018). El índice de selectividad (SI) es un gran indicador de la actividad de un compuesto herbal. El SI de un compuesto de hierbas es un parámetro ampliamente aceptado que se utiliza para expresar la eficacia in vitro de un compuesto en la inhibición de la multiplicación del parásito. (Inmaculada et al., 2012).

S. sisymbriifolium en el ensayo de citotoxicidad y el ensayo de evaluación antiparasitaria in vitro sobre *L. infantum*, con CC_{50} de 58,4 $\mu\text{g/mL}$ y una IC_{50} de 76,0 $\mu\text{g/mL}$, presenta un índice de selectividad de 0,7, es decir, tiene selectividad por la célula y no por el parásito; por el contrario, *S. americanum*, presenta una diferencia significativa en las dosis utilizadas en ambos ensayos, la CC_{50} de 98,2 y la IC_{50} de 21,1, se puede observar un índice de selectividad de 4,7, esto demuestra que es selectivo por el parásito de *L. infantum* y no por el huésped. El volumen de DMSO utilizado en todos los ensayos no superaba el 1%, lo cual indica que no influyó en la viabilidad celular y mortalidad de parásitos. Si bien el índice de selectividad de anfotericina B es 21,6, la alta toxicidad que presenta es lo que evidencia que el extracto metanólico de *S. americanum* puede ser un prometedor agente leishmanicida. Además la determinación

del valor de significancia de los índices de selectividad es arbitrario, y muchos grupos de investigación lo consideran como promisorio cuando es superior a 10, otros grupos sostienen que índices de selectividad significativos están representados por cualquier valor, equivalente a, por lo menos, dos veces menor a la concentración letal o inhibitoria 50 (Sánchez et al., 2012)

Es importante tener en cuenta que por tratarse de extractos metanólicos, variables como la proporción de los compuestos que sean responsables de la actividad leishmanicida y la presencia de antagonistas, pueden ser trascendentales para vislumbrar su verdadero potencial antileishmanial y podrían ser los responsables de la actividad observada en este extracto; no obstante, sus acciones pueden estar limitadas por la presencia de antagonistas. También se ha reportado, para el caso de extractos y/o compuestos con potencial leishmanicida, SI arbitrarios, considerándose un valor ≥ 2 como eventualmente significativo, dado que dicho valor corresponderá a la necesidad de requerirse 2 o más cantidad de producto para tener un efecto sobre el parásito antes de inducir efectos deletéreos sobre la célula hospedera, efectividad/seguridad, respectivamente (Srivastava y Chandra, 2018).

Evaluación de la actividad antiparasitaria *in vitro* de las fracciones de *Solanum americanum*

Como *Solanum americanum* presentó mejor IC₅₀ y CC₅₀, se fraccionó y a cada una de las fracciones obtenidas se les realizaron evaluaciones biológicas *in vitro* contra promastigotes de la cepa MHOM/FR/LEM 75 de *Leishmania infantum*, con el fin de determinar cuál de estos extractos orgánicos presenta actividad antiparasitaria.

La fracción de cloroformo presentó 85% de mortalidad de parásitos con la dosis de 100 µg/mL, lo cual fue significativo comparando con el control negativo. La fracción de acetato de etilo presentó 75% de mortalidad de parásitos, ambas fracciones no presentaron mortalidad de parásitos con la dosis de 12,5 µg/mL, la fracción de hexano no presentó reducción de parásitos cuando se expusieron a los mismos a las diferentes dosis (Figura 4).

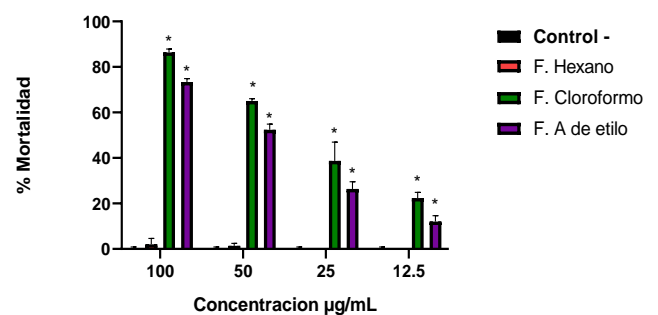


Figura 4. La concentración inhibitoria semimáxima (IC_{50}) fue determinada para cada fracción, la IC_{50} de la fracción de cloroformo es de 54,63 $\mu\text{g/mL}$ y la IC_{50} de la fracción de acetato de etilo es de 66,8 $\mu\text{g/mL}$.

Perfil cromatográfico y metabolitos secundarios identificados en el extracto de *Solanum americanum* y las fracciones de cloroformo y acetato de etilo

Posterior a los ensayos de evaluación de actividad antileishmania sobre promastigotes de *L. infantum*, se seleccionaron a los tres extractos que presentaron actividad leishmanicida. El perfil cromatográfico realizado por cromatografía líquida de alta resolución acoplado a un espectrómetro de masas brinda un cromatograma del extracto metanólico de *Solanum americanum*, la identificación de los siguientes compuestos: los flavonoides, Quercetina e Isorhamnetina-3-O-glucósido y los alcaloides solasodina y tomatidinol.

En la fracción clorofórmica fueron identificados el triterpenoide ácido betulínico, el éster 2-hidroximetilen-3-metil pentanodioato de 1-metil -5-(3,4,5-trihidroxi-6-fenetiloxi-tetrahidropiran-2-il metil) y el compuesto fenólico, lignano, 1-Acetoxi-pinoresinol.

En la fracción de acetato de etilo se identificaron los flavonoides Isoramnetina, Kaempferol y el fitoesterol Beta- sitosterol. Los metabolitos secundarios de las especies vegetales con actividad antileishmaniásica incluyen flavonoides. Se ha demostrado que dos biflavonas de *Podocalyx loranthoides* fueron moderadamente activas contra promastigotes de *Leishmania sp.*, y se han reportado otros flavonoides, además de alcaloides y triterpenos, con capacidad leishmanicida. En estudios previos se ha visto que la solasodina, el alcaloide presente en *S. lycocarpum*, presentó actividad *in vitro* sobre amastigotes de especies de *Leishmania* (Mothana et al., 2014) *Solanum americanum* también está constituido por el alcaloide solasodina, este compuesto podría ser —en parte—, el responsable de la actividad antileishmania sobre amastigotes de *L. infantum*, pero para confirmar se requeriría aislar el compuesto y evaluar su actividad leishmanicida.

En estudios anteriores se ha visto que la fracción clorofórmica de *S. americanum* presenta actividad antiinflamatoria, esto puede deberse a los flavonoides presentes en la fracción (Khang et al., 2011). También se ha visto que el triterpenoide ácido betulínico presenta actividad antileishmania sobre *L. amazonensis* y

presenta también actividad tripanocida. El 1-acetoxipinoresinol es un lignano, se atribuyen a los lignanos efectos antioxidantes que ayudan a combatir los efectos de los dañinos radicales libres (Dominguez et al., 2010).

Estudios anteriores han demostrado que la fracción de acetato de etilo de *S. ovalifolium*, la cual contiene flavonoides presenta actividad antileishmania sobre parásitos de *L. infantum*, la fracción de acetato de etilo de *S. americanum* también está constituido por flavonoides: Isorhamnetina y Kaempferol (Mothana et al., 2014).

Evaluación de actividad antiparasitaria *in vitro* sobre amastigotes axénicos de *L. infantum* del extracto metanólico de *Solanum americanum*.

El método de microscopía consistió en contabilizar el número de células totales (200 células) entre ellas número de células infectadas y número de células no infectadas, y se realizó una tabla en Excel con los datos obtenidos.

En la tabla 2 se observa el número (1, 2, 3) y el promedio de células tratadas con las diferentes concentraciones del extracto metanólico de *S. americanum* e infectadas con *L. infantum* y el porcentaje de reducción de la infección (Este ensayo se realizó por triplicado).

Se compararon las dosis del extracto metanólico de *S. americanum* con el control negativo. En la figura 5 se observa que no hubo diferencia significativa entre el porcentaje de índice de infección del control negativo vs. control DMSO y el control negativo vs. la dosis de 12.5 µg/mL, pero si hubo diferencias estadísticamente significativas entre el control negativo y las concentraciones de 100, 50 y 25 µg/mL ($p < 0,05$).

Finalmente al obtener la concentración citotóxica semimáxima, la concentración inhibitoria semimáxima sobre amastigotes, el extracto metanólico presentó una IC50 de 10,8 µg/mL e Índice de selectividad de 9,1.

Tabla 2. Porcentaje de reducción de la infección con el extracto metanólico de *S. americanum*

Concentraciones (µg/mL)	1	2	3	Promedio	% de reducción
Control -	161	180	153	165	-
Control DMSO	135	152	177	154,6	6,3
100	16	55	60	43,6	73,4
50	63	62	63	63	62
25	69	121	70	86,6	41,2
12,5	148	147	130	141,6	14,1

Control -: Control negativo (células infectadas con amastigotes de *L. infantum* sin tratar)

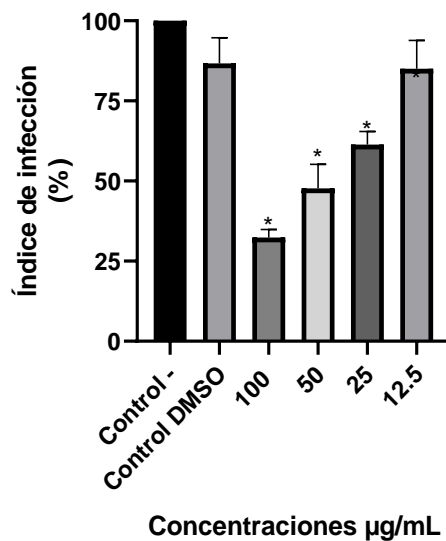


Figura 5. Efecto *in vitro* del extracto metanólico de *S. americanum* sobre amastigotes de *L. infantum*. El índice de infección (nro. de células infectadas/ nro. de células infectadas sin tratar) se calculó después de 72 h de tratamiento. El control negativo son amastigotes de *L. infantum* sin tratar. Los datos se expresan como promedios más las desviaciones estándar (DE) para dos experimentos independientes. *: diferencia estadísticamente significativa con respecto al control negativo de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

En la evaluación antiparasitaria del extracto metanólico de *S. americanum* sobre amastigotes de *L. infantum*, se evidencia que, a medida que aumenta la concentración del extracto, es más alto el porcentaje de reducción de parásitos; con la concentración de 100 $\mu\text{g/mL}$, hay un

71% de reducción de células THP-1 infectadas con amastigotes y disminuye a medida que se reduce la concentración del extracto. El valor de IC_{50} es de 10,8 $\mu\text{g/mL}$, comparando con la IC_{50} que se obtuvo con la forma promastigote, se puede observar que se obtuvo un valor menor de IC_{50} con la forma amastigote, y un índice de selectividad de 9,1.

Estos resultados son prometedores al tratarse de un extracto, ya que comparando con Anfotericina B, el fármaco de referencia contra la leishmaniasis, el extracto de *S. americanum* presentó alta actividad leishmanicida.

La actividad antileishmania observada podría atribuirse —en parte— a los alcaloides, que representan los componentes principales de las especies de *Solanum*. El importante efecto antileishmania de la solamargina y la solasodina, los principales alcaloides presentes en *S. lycocarpum* mostraron actividad *in vitro* hacia amastigotes de *L. amazonensis* (Mans et al, 2016). Como en este estudio se identificó, *S. americanum* también está constituido por el alcaloide solasodina.

Conclusión

Este estudio estableció resultados satisfactorios en la eliminación del parásito de *Leishmania*



infantum tanto sobre la forma promastigote como sobre la forma amastigote. Por lo tanto, el extracto metanólico de *S. americanum* puede considerarse un compuesto de hierbas eficaz e inofensivo para matar el parásito sin toxicidad para los macrófagos del huésped. También teniendo en cuenta estos resultados, las fracciones de cloroformo y acetato de etilo mostraban una actividad antileishmania prometedora, por lo que se sugiere realizar más estudios sobre su actividad aislando los metabolitos secundarios identificados en este estudio.

Bibliografía

Apu, A. S., Bhuyan, S. H., Matin, M., Hossain, F., Khatun, F., Taiab, A., & Jamaluddin. (2013). Analgesic, neuropharmacological, anti-diarrheal, and cytotoxic activities of the extract of *Solanum sisymbriifolium* (Lam.) leaves. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 3(4), 302–312. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25050287/>

Barrio, A., Parodi, C. M., Locatelli, F., Mora, M. C., Basombrío, M. A., Korenaga, M., ... Marco, J. D. (2012). *Leishmania infantum* and human visceral leishmaniasis, Argentina. *Emerging Infectious Diseases*, 18(2), 354–355. doi:10.3291/eid1802.110924

CENAPRECE. (2015). *Manual para el diagnóstico, tratamiento y control de la leishmaniasis*.

CIOMS- ICLAS. (2012). Principios rectores internacionales para investigación biomédica con animales.

Chow, C., Cloutier, S., Dumas, C., Chou, M.-N., & Papadopoulou, B. (2011). Promastigote to amastigote differentiation of *Leishmania* is markedly delayed in the absence of PERK eIF2alpha kinase-dependent eIF2alpha phosphorylation: PERK eIF2alpha kinase and intracellular *Leishmania* development. *Cellular Microbiology*, 13(7), 1059–1077. doi:10.1111/j.1462-5822.2011.01602.x

Domínguez-Carmona, D. B., Escalante-Erosa, F., García-Sosa, K., Ruiz-Pinell, G., Gutierrez-Yapu, D., Chan-Bacab, M. J., ... Peña-Rodríguez, L. M. (2010). Antiprotozoal activity of betulinic acid derivatives. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytomedicine*, 17(5), 379–



382.
doi:10.1016/j.phymed.2009.08.002
- Fürst, R., & Zündorf, I. (2014). Plant-derived anti-inflammatory compounds: hopes and disappointments regarding the translation of preclinical knowledge into clinical progress. *Mediators of Inflammation*, 2014, 146832. doi:10.1155/2014/146832
- Gabrani, R., Jain, R., Sharma, A., Sarethy, I. P., Dang, S., & Gupta, S. (2012). Antiproliferative effect of *Solanum nigrum* on Human leukemic cell lines. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 74(5), 451–453. doi:10.4103/0250-474X.108421
- Giménez-Ayala, A., Ruoti, M., González-Britez, N., Torales, M., & Rojas de Arias, A. (2017). Situación epidemiológica de las leishmaniosis y percepción de actores claves en el departamento de alto Paraná, Paraguay. *Mem. Inst. Invest. Cienc. Salud (Impr.)*, 85–96. Recuperado de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/esSiqueira/biblio-869115>
- Inmaculada Ramírez-Macías, Carmen R. Maldonado, Clotilde Marín, Francisco Olmo, Ramón Gutiérrez-Sánchez, María J. Rosales, Miguel Quirós, Juan M. Salas, Manuel Sánchez-Moreno. (2012). In vitro anti-leishmania evaluation of nickel complexes with a triazolopyrimidine derivative against *Leishmania infantum* and *Leishmania braziliensis*. *J Inorg Biochem.*, 112, 1–9.
- Kang, H., Jeong, H. D., & Choi, H. Y. (2011). The chloroform fraction of *Solanum nigrum* suppresses nitric oxide and tumor necrosis factor- α in LPS-stimulated mouse peritoneal macrophages through inhibition of p38, JNK and ERK1/2. *The American journal of Chinese medicine*, 39(6), 1261–1273. <https://doi.org/10.1142/S0192415X11009548>
- Kasper, D. Hauser, L. Jameson. J, Fauci. A, Longo. D, Loscalzo J. (2015). *Principios de Medicina Interna*. Harrinson. Principios de medicina interna.
- Mans, D. R., Beerens, T., Magali, I., Soekhoe, R. C., Schoone, G. J., Oedairadjsingh, K., Hasrat, J. A., van den Bogaart, E., & Schallig, H. D. (2016). In vitro evaluation of traditionally used Surinamese



- medicinal plants for their potential anti-leishmanial efficacy. *Journal of ethnopharmacology*, 180, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.01.012>
- Martinez, P. A., & Petersen, C. A. (2014). Chronic infection by *Leishmania amazonensis* mediated through MAPK ERK mechanisms. *Immunologic Research*, 59(1–3), 153–165. [doi:10.1007/s12026-014-8535-y](https://doi.org/10.1007/s12026-014-8535-y)
- Ministerio de salud pública. *Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica*. (2018).
- Mothana, R. A., Al-Musayeib, N. M., Al-Ajmi, M. F., Cos, P., & Maes, L. (2014). Evaluation of the in vitro antiplasmodial, antileishmanial, and antitrypanosomal activity of medicinal plants used in Saudi and Yemeni traditional medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM*, 2014, 905639. [doi:10.1155/2014/905639](https://doi.org/10.1155/2014/905639)
- Mothana, R. A., Al-Musayeib, N. M., Al-Ajmi, M. F., Cos, P., & Maes, L. (2014). Evaluation of the in vitro antiplasmodial, antileishmanial, and antitrypanosomal activity of medicinal plants used in Saudi and Yemeni traditional medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM*, 2014, 905639. [doi:10.1155/2014/905639](https://doi.org/10.1155/2014/905639)
- Muturo, C. N., Kinyua, J. K., Ng'ang'a, J. K., Kariuki, D. W., Ingonga, J. M., & Anjili, C. O. (2018). In vitro study of the efficacy of *Solanum nigrum* against *Leishmania major*. *F1000Research*, 7(1329), 1329. [doi:10.12688/f1000research.15826.1](https://doi.org/10.12688/f1000research.15826.1)
- Otsubo, T., Maesaki, S., Hossain, M. A., Yamamoto, Y., Tomono, K., Tashiro, T., ... Kohno, S. (1999). In vitro and in vivo activities of NS-718, a new lipid nanosphere incorporating amphotericin B, against *Aspergillus fumigatus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 43(3), 471–475. [doi:10.1128/AAC.43.3.471](https://doi.org/10.1128/AAC.43.3.471)
- Ready, P. D. (2014). Epidemiology of visceral leishmaniasis. *Clinical Epidemiology*, 6, 147–154. [doi:10.2147/CLEP.S44267](https://doi.org/10.2147/CLEP.S44267)
- Sánchez-Suárez, Jeysson, Albarracín, Diego, Rojas, Maritza, Rincón, Javier, Robledo, Sara, Muñoz,



- Diana Lorena, Oviedo, Jairo José, Calderón, Martha Nancy, Fernández, Nelson, & Delgado, Gabriela. (2010). Evaluación de la actividad citotóxica y leishmanicida de extractos y fracciones de *Piper cumanense* y *Piper holtonii*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 39(1), 21-29.
- Serafim, T. D., Iniguez, E., & Oliveira, F. (2020). *Leishmania infantum*. *Trends in Parasitology*, 36(1), 80–81. doi:10.1016/j.pt.2019.10.006
- Srivastava, A., & Chandra, D. (2018). Alkaloids and *Leishmania donovani* UDP-Galactopyranose mutase: A Novel Approach in Drug Designing Against Visceral Leishmaniasis. *Infectious disorders drug targets*, 18(2), 145–155. doi:10.2174/1871526517666170606104003
- Torres-Guerrero, E., Quintanilla-Cedillo, M. R., Ruiz-Esmenjaud, J., & Arenas, R. (2017). Leishmaniasis: a review. *F1000Research*, 6, 750. doi:10.12688/f1000research.11120.1
- Yaluff, G., Maldonado, M., Ferreira, M. E., Benítez, B., López, T., & Vera, N. (2015). Actividad antiparasitaria in vitro de extractos etanólicos de *Erythrina crista-galii* L., *Erythrina falcata* Benth y *Erythrina dominguezii* Hassl. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 13(2), 60–066. doi:10.18004/mem.iics/1812-9528/2015.013(02)60-066.

Financiamiento

La Maestría en Ciencias Biomédicas, POSG17-59, fue cofinanciada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT, con recursos del FEEI

“Prevalencia del Virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco
Chuquisaqueño del Departamento de Chuquisaca 2019-2020”



D.36. Salud humana

“Prevalencia del Virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del Departamento de Chuquisaca 2019-2020”

Autor: Dávila, Pamela; pamy11610@gmail.com

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca
(UMRPSFXCH)

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad conocer la prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca, ya que se ha visto últimamente en estos años la presencia del virus en este sector de Chuquisaca, que si bien el virus no es propio de esta región pero por sus características climatológicas y topográficas tropicales similares al del oriente boliviano han dado lugar a la presencia del vector portador del virus.

Como objetivos de esta investigación se tiene, Objetivo General: Determinar la prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca. Objetivos Específicos: Conocer la prevalencia del virus del Dengue en la población de estudio; Determinar la infección por virus del Dengue según el sexo; Determinar la infección por virus del Dengue según la edad; Determinar la infección por virus del Dengue según la procedencia.

En lo que corresponde a la metodología utilizada: El enfoque de este estudio es cuantitativo porque se emplearon métodos y técnicas cuantitativas en todo el proceso, tanto para el diseño del instrumento como para la recolección de la información y el análisis de la misma; con respecto al tipo y diseño de la investigación se puede indicar: Es de tipo observacional porque el investigador no interviene en la manipulación de las variables de exposición o independientes; Es de tipo Descriptivo porque describe a todas las variables de estudio; Es de tipo transversal porque se realiza un corte en un momento o periodo determinado. En cuanto a los procedimientos: La información obtenida de la población que llega a ser la muestra en sí, se determinan y seleccionan dependiendo de las variables. A partir de las Hojas de Registro se realiza la base de datos, de donde se procede al recuento, análisis e interpretación de los mismos.



Los resultados principales son: Existe una prevalencia de 26% del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca; Se pudo determinar que en la infección por virus del Dengue el sexo de los pacientes febriles más afectado es el femenino con un porcentaje del 58% sobre un 42% del masculino; Con respecto a la edad, el rango más afectado se encuentra entre 15 a 24 años con un porcentaje del 23 %; Los municipios de los pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño más afectados son Monteagudo con un porcentaje del 42% y Machareti con un porcentaje del 35%.

Palabras clave: Prevalencia, virus, dengue.

Introducción

Existe una gran preocupación generada por el aumento alarmante del número de casos de Dengue, sucedidos en nuestro país a raíz de las inundaciones en zonas tropicales y sub-tropicales, lugares donde existe alto riesgo de diseminación del virus causante de ésta y otras muchas enfermedades, debido a los factores favorables para la reproducción de los mosquitos vectores.

La población se encuentra expuesta a esta y otras enfermedades relacionadas con inundaciones y malas condiciones de salud existentes en las zonas afectadas y producidas por los flavivirus al cual pertenece el Dengue. (Chávez Navarro, 2017)

Debido a la expansión en la Región de las Américas de las enfermedades transmitidas por el mosquito *Aedes aegypti* (Dengue, Chikungunya y Zika) y tomando en cuenta que el mosquito está presente en

varios países de la región, la Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) refuerzan las recomendaciones sobre las estrategias a implementar para reducir la densidad del vector así como la vigilancia, medidas de prevención, medidas de control y el diagnóstico oportuno, teniendo en cuenta las diferentes presentaciones clínicas de cada patología.

El Dengue como principal enfermedad endémica en la región de las Américas por flavivirus, con ciclos epidémicos, continúa siendo un problema significativo de salud pública. Su persistencia se asocia con la existencia de determinantes sociales y ambientales, tales como el crecimiento poblacional, las migraciones, la urbanización no controlada ni planificada y los grandes cinturones de pobreza en las ciudades. En las Américas, el Dengue mantiene una situación epidemiológica muy compleja, con la circulación de los



cuatro serotipos de la enfermedad y condiciones muy propicias para su transmisión. (Ministerio de Salud, 2018)

En la actualidad los serotipos identificados en Bolivia son DEN-2, DEN-3 y reaparece DEN-1, en los últimos años, como sucedió en Brasil, se han incrementado los casos de dengue y dengue hemorrágico.

Ante el progresivo incremento en la frecuencia y severidad de los brotes de dengue en las Américas, los programas de control tratan de identificar los factores involucrados en la transmisión para orientar las estrategias de control de manera más efectiva, tratando de identificar las zonas de mayor riesgo. En la mayoría de los países se han constituido bases de datos a partir de las notificaciones de casos de dengue confirmados por laboratorio, ya que se ha observado una baja concordancia entre las manifestaciones clínicas tempranas de sospecha y la confirmación serológica. (Roca, Ávila, Galarza, & Pachuri, 2018)

El Dengue es actualmente el arbovirus del género flavivirus más importante que afecta al hombre. Su agente etiológico son los cuatro serotipos del virus del dengue (D1- 4). Se transmite entre humanos mediante la picadura del mosquito *Aedes aegypti*. Aunque el dengue clásico no es una enfermedad grave, la sobreexposición (volver a infectarse por otra picadura)

aumenta el riesgo de contraer la variante hemorrágica, que sí tiene una alta letalidad (50 % sin tratamiento adecuado).

Los factores de riesgo en la aparición y distribución de la enfermedad se agrupan en: ambientales, del agente, de la población susceptible y del vector. Los macrofactores determinantes de la transmisión del dengue son los factores de riesgo ambiental y social. Los microfactores determinantes de la transmisión son los factores de riesgo del huésped, el agente y el vector: factores del huésped (sexo, edad, grado de inmunidad, condiciones de salud específicas y ocupación), factores del agente (cepas y nivel de viremia), factores del vector (abundancia y focos de proliferación del mosquito, densidad de hembras adultas, edad de las hembras, frecuencia de alimentación, preferencia de huéspedes, disponibilidad de huéspedes y susceptibilidad innata a la infección). (A Hoyos Rivera, 2017)

Todos quienes trabajan en salud deben estar preparados para atender a pacientes febriles, desde la clínica hasta la identificación del agente etiológico por medio del diagnóstico laboratorial como también el clasificar sus serotipos para especificar cuadros clínicos y difundir de la manera más apropiada los casos obtenidos para tratarlos y sobre todo prevenir nuevas



infecciones. Más aun tomando en cuenta que día a día se incrementa el número de casos sospechosos de Dengue, lo que ha motivado que el Programa Ampliado de Inmunizaciones del Servicio Departamental de Salud de los Departamentos con municipios tropicales realicen campañas de prevención. (Chávez Navarro, 2017)

Mediante el diagnóstico clínico presuntivo se puede indicar el día y hora de inicio de la fiebre, cronología de los signos y síntomas, búsqueda de signos de alarma, búsqueda de manifestaciones hemorrágicas como hematemesis, melenas, epistaxis, etc. En niños los síntomas son inespecíficos presentando pérdida de apetito, y síntomas gastrointestinales principalmente vómito, dolor abdominal y distensión abdominal.

En cuanto a la comorbilidad o riesgo social, el embarazo, niños menores de 5 años, mayores de 65 años, presencia de enfermedades crónicas como: Hipertensión arterial, diabetes mellitus, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfermedades hematológicas crónicas (anemia falciforme), enfermedad renal crónica, enfermedad cardiovascular grave, enfermedad ácido péptica y enfermedades autoinmunes, paciente con riesgo social (Pacientes que vivan solos, difícil acceso a un servicio de salud,

pobreza extrema y otros).

El diagnóstico definitivo de infección por dengue, es hecho solamente en el laboratorio y depende del aislamiento viral, de la detección del antígeno viral o el RNA viral en el suero o tejido, o detección de anticuerpos específicos en el suero del paciente. Una muestra sanguínea en la fase aguda debe tomarse, tan pronto sea posible luego del inicio de la enfermedad febril. Una muestra sanguínea en la fase de convalecencia, idealmente debe ser tomada de 2-3 semanas después. (OPS/OMS, 2019)

Dos pruebas serológicas son las más usadas en el diagnóstico de infección por dengue: prueba de inmunocaptura enzimática de la inmunoglobulina M (MAC-ELISA) y prueba de inmunoglobulina indirecta G (ELISA). De acuerdo con la prueba usada, el diagnóstico serológico inequívoco lo da el aumento significativo de cuatro veces o más en los títulos de anticuerpos específicos entre las muestras séricas de la fase aguda y la fase de convalecencia. La batería antigénica de estas pruebas, incluye los cuatro serotipos del dengue, otros flavivirus como el virus de la fiebre amarilla, de la encefalitis japonesa, el virus de la encefalitis de San Luis, o flavivirus como el virus Zika y el virus de la encefalitis equina. Idealmente estas pruebas deben contener un antígeno no



infectado de control.

En cuanto a los sistemas de aislamiento viral para el virus del dengue, se realiza una inoculación intracerebral en ratones de 1-3 días de edad, cultivos de células de mamíferos (LLC-MK2), inoculación intratorácica de mosquitos adultos y el uso de cultivos de células de mosquitos C6/36. El método seleccionado de aislamiento viral depende de las facilidades disponibles en el laboratorio. Las técnicas de inoculación en el mosquito son las más sensibles y es el método de elección para casos fatales o pacientes con enfermedad hemorrágica severa. La línea celular del mosquito es el método de elección para la vigilancia virológica rutinaria.

La TR-PCR (Reacción de cadena de polimerasa-transcriptasa reversa): Es un método rápido, sensible, simple y reproducible con los adecuados controles. Es usado para detectar el RNA viral en muestras clínicas de humanos, tejido de autopsia y mosquitos. Tiene una sensibilidad similar al aislamiento viral con la ventaja de que problemas en el manipuleo, almacenaje y la presencia de anticuerpos no influyen en su resultado. Sin embargo, debe enfatizarse que la PCR no sustituye el aislamiento viral. (Faingezicht & Ávila, 2018)

En la infección por el virus del Dengue más allá del diagnóstico clínico por signos y

síntomas y el diagnóstico por medio de las pruebas serológicas las cuales si bien son de mucha ayuda para comprobar el diagnóstico presuntivo e intervenir para tratar al paciente, el poder identificar el virus del Dengue por técnicas de biología molecular representa mayor impacto, al reconocerlo con anticipación y especificidad, y por ende mejorar de acuerdo a este conocimiento la atención clínica y tener en cuenta también la epidemiología de la misma para su prevención en zonas con más riesgo.

Es importante conocer los factores para la presencia del virus y su vector en los municipios que conforman el Chaco Chuquisaqueño: Monteagudo, Huacareta (Provincia Hernando Siles), Villa Vaca Guzmán o Muyupampa, Huacaya y Machareti (Provincia Luis Calvo), por lo que es fundamental realizar estrategias de detección más sensibles y oportunas para controlar esta infección que podría amenazar la salud de poblaciones susceptibles a ella.

Según lo informado por el jefe de la Unidad de Epidemiología del Servicio Departamental de Salud (SEDES), Chuquisaca registro 49 casos confirmados de Dengue en el Departamento, de los cuales el 78% se encuentran en el municipio de Monteagudo. (Martínez Carrasco, 2019)



Este estudio de prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles de los 5 municipios que conforman el Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca aporta datos importantes de nuestra realidad, y por la descripción de las características particulares de la identificación del virus Dengue, la frecuencia de la infección y la enfermedad en sí, se puede generar pautas de prevención basadas en la evidencia.

Objetivos

➤ Objetivo General

Determinar la prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca.

➤ Objetivos Específicos

- Conocer la prevalencia del virus del Dengue en la población de estudio.
- Determinar la infección por virus del Dengue según el sexo.
- Determinar la infección por virus del Dengue según la edad.
- Determinar la infección por virus del Dengue según la procedencia.

Materiales y métodos

➤ Enfoque de la investigación

El enfoque de este estudio es cuantitativo porque se emplearon métodos y técnicas

cuantitativas en todo el proceso, tanto para el diseño del instrumento como para la recolección de la información y el análisis de la misma.

➤ Tipo y Diseño de la investigación

- Es de tipo observacional porque el investigador no interviene en la manipulación de las variables de exposición o independientes.
- Es de tipo Descriptivo porque describe a todas las variables de estudio.
- Es de tipo transversal porque se realiza un corte en un momento o periodo determinado, obteniendo la información de variables independientes y dependiente al mismo tiempo.

➤ Métodos Teóricos

. Método histórico-lógico

El método lógico debe basarse en los datos que proporciona el método histórico de manera que no constituya un simple razonamiento especulativo. Mediante el método histórico-lógico analizamos la trayectoria concreta de la teoría. De igual manera lo histórico no debe limitarse a la simple descripción de los hechos sino también debe descubrir la lógica objetiva del desarrollo histórico de la investigación. (EcuRed, 2018) Este método permitió obtener datos de los diferentes períodos de la historia con respecto a la enfermedad y la evolución en el tiempo de la infección por el virus del Dengue.



. Método de revisión bibliográfica

Uno de los problemas iniciales que enfrenta cualquier estudioso al comenzar el proceso de investigación científica es la construcción del marco teórico referencial que sirve de base a su argumentación, desde el punto de vista epistemológico. Este proceso implica la acción de indagación científica sistematizada como revisión bibliográfica. Como parte del proceso de investigación científica, toda revisión bibliográfica implica más que un paso lógico, ósea un método científico en el cual se aplican procedimientos para localizar, procesar y reconstruir información relevante para un tema en tres sentidos: de acuerdo a su fuente, al proceso de análisis implicado y al resultado esperado. (Izaguirre Remón, Rivera Oliva, & Mustelier, 2019) Este método permitió obtener información referente al tema de investigación y armar la teoría, desde una primera, segunda y/o tercera fuente de datos, que son base del criterio de argumentación.

. Método de análisis y síntesis

Este método distingue los elementos de un fenómeno y procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado, consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver las relaciones entre las mismas

como también permite llevar y unir los elementos por separados en un todo. (UNAM-México, 2019) Este método permitió el análisis del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca a partir de la relación que existe entre varios elementos que conforman un todo y el cómo asociar estos para mejorar.

➤ Métodos Empíricos

Se realizó un estudio de prevalencia a partir del análisis secundario de datos obtenidos de las fichas de registro de los pacientes con fiebre en fase de viremia de los municipios miembros del Chaco Chuquisaqueño y cuyas muestras fueron enviadas al CENETROP.

Como instrumento se usó una Hoja de Registro que permitió recoger los siguientes datos: Código de muestra, Fecha de recojo de la muestra, Fecha de procesamiento de la muestra, Sexo, Edad, Procedencia, Presencia o Ausencia del virus del Dengue en pacientes de la Región del Chaco Chuquisaqueño.

La población son los 200 pacientes con fiebre en fase de viremia del Chaco Chuquisaqueño cuyas muestras sanguíneas fueron enviadas al CENETROP de junio 2019 a agosto 2020. No se calculó muestra, se trabajó con el total de la población.



Criterios de inclusión:

- Muestras sanguíneas de pacientes con fiebre en fase de viremia enviadas al CENETROP.
- Pacientes residentes de los municipios miembros del Chaco Chuquisaqueño.

Criterios de exclusión:

- Residentes foráneos a los municipios miembros del Chaco Chuquisaqueño.
- Muestras sanguíneas de pacientes que no sean conservadas en condiciones adecuadas.
- Muestras que hayan mostrado resultados erróneos.

➤ Método estadístico descriptivo

Este método consiste en una secuencia de procedimientos para el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos de la investigación. Este manejo de datos tiene como propósito la comprobación en una parte de la realidad de una o varias consecuencias de la investigación, los procedimientos propios del método estadístico dependen del diseño de la investigación seleccionada para la comprobación de la consecuencia verificable planteada. (Reynaga Obregón, 2018) Este método cuenta con 5 etapas: recolección, recuento, presentación, análisis y síntesis, este método permitió obtener los resultados de la investigación para el diagnóstico, mediante la población y muestra en sí.

➤ Materiales y Procedimientos

Procedimientos para la recolección de la información

Las Hojas de Registro permitieron tener datos tanto de las características particulares y demográficas de los pacientes como de los resultados obtenidos de las muestras procesadas de éstos mismos en base a las categorías de cada variable.

A partir de estas Hojas de Registro se realizó la base de datos, de donde se procede al recuento, análisis e interpretación de los mismos.

Procesamiento y análisis de los Datos estadísticos

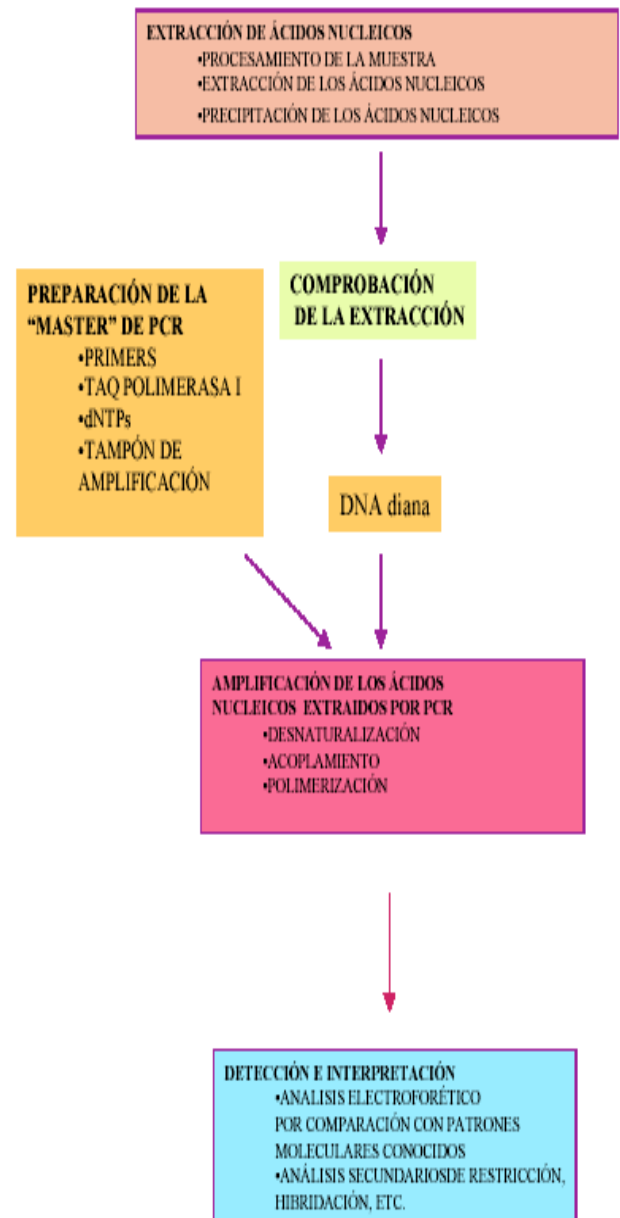
Una vez recogida la información se procedió a realizar la selección de la misma, se la transcribió en una base de datos creada con el programa Excel.

Posteriormente se calculó la prevalencia y se valoró la relación entre las variables independientes y la variable dependiente mediante la construcción de tablas de contingencia.

Como también se realizó el análisis de tipo descriptivo de cada una de las variables de estudio mediante la construcción de gráficos y la interpretación de las mismas.

Procesamiento de las muestras sanguíneas

Las muestras son procesadas de acuerdo al diagrama de flujo que se muestra a continuación:



Resultados y discusión

➤ Resultados

1. Porcentaje de pacientes con fiebre en fase de viremia del Chaco Chuquisaqueño, cuyas muestras sanguíneas fueron enviadas al CENETROP de junio 2019 a agosto 2020.

Tabla N°1

Mes/Año	Nº de Pacientes	Porcentaje
jun-19	8	4%
jul-19	10	5%
ago-19	14	7%
sep-19	8	4%
oct-19	16	8%
nov-19	6	3%
dic-19	8	4%
ene-20	10	5%
feb-20	12	6%
mar-20	18	9%
abr-20	26	13%
may-20	32	16%
jun-20	18	9%
jul-20	10	5%
ago-20	4	2%
TOTAL	200	100%

Fuente: Centro Nacional de Enfermedades Tropicales e Infecciosas

Gráfico N°1



Fuente: Elaboración Propia

2. Prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño, cuyas muestras sanguíneas fueron enviadas al CENETROP de junio 2019 a agosto 2020.

$$P = \frac{\text{Nº de casos positivos en un momento en el tiempo}}{\text{Nº total de personas susceptibles en el mismo momento dado}} \times 100 = \%$$

$$P = \frac{52 \text{ casos positivos al virus del dengue del mes de junio 2019 a agosto 2020.}}{200 \text{ pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño de junio 2019 a agosto 2020.}} \times 100 = 26\%$$

Interpretación: De cada 100 pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño, cuyas muestras sanguíneas fueron enviadas al CENETROP de junio 2019 a agosto 2020 hay 26 casos positivos al virus del Dengue. Por lo tanto la Prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño es del 26%.

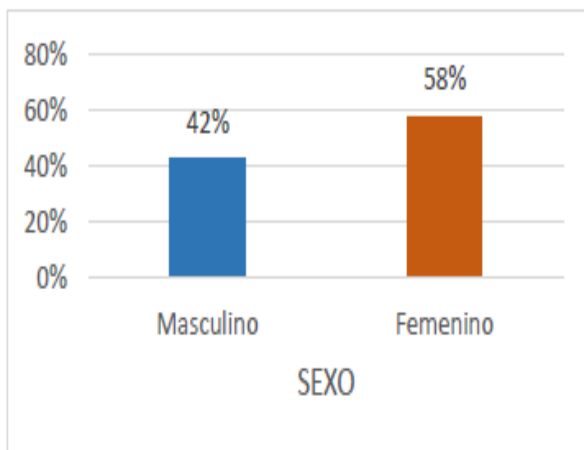
3. Infección por virus del Dengue según el sexo en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño.

Tabla N°2

Sexo	Pacientes Positivos	Porcentaje
Masculino	22	42%
Femenino	30	58%
TOTAL	52	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°2



Fuente: Elaboración Propia

La presencia del sexo femenino es mayor al sexo masculino en los pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño que dieron positivo a la infección por virus del Dengue.

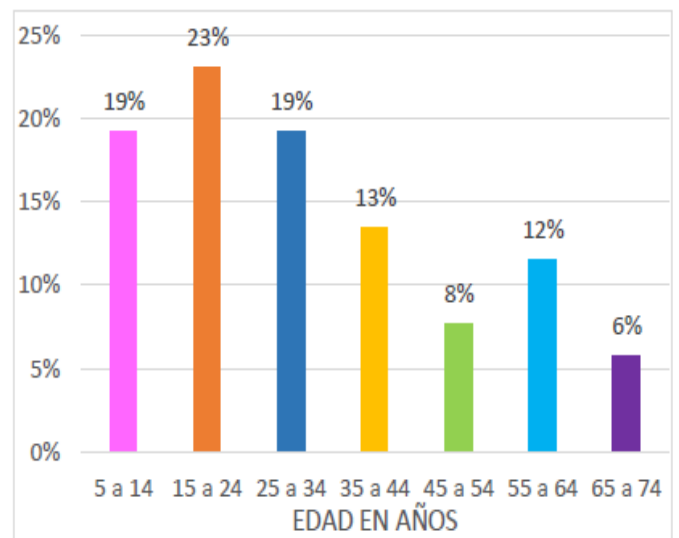
4. Infección por virus del Dengue según la edad en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño.

Tabla N°3

Edad	Pacientes Positivos	Porcentaje
5 a 14	10	19%
15 a 24	12	23%
25 a 34	10	19%
35 a 44	7	13%
45 a 54	4	8%
55 a 64	6	12%
65 a 74	3	6%
TOTAL	52	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°3



Fuente: Elaboración Propia

El rango de edad más frecuente en los pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño que dieron positivo a la infección por virus del Dengue es entre 15 a 24 años y el rango de edad menos frecuente es entre 65 a 74 años.

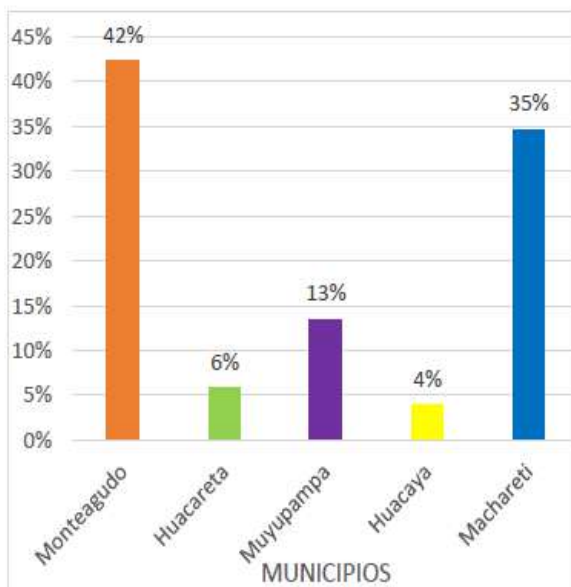
5. Infección por virus del Dengue según la procedencia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño.

Tabla N°4

Municipio	Pacientes Positivos	Porcentaje
Monteagudo	22	42%
Huacareta	3	6%
Muyupampa	7	13%
Huacaya	2	4%
Machareti	18	35%
TOTAL	52	100 %

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°4



Fuente: Elaboración Propia

Entre los municipios del Chaco Chuquisaqueño que presentan más pacientes febriles que dieron positivo a la

infección por virus del Dengue están Monteagudo y Machareti.

➤ **Discusión**

En estos últimos años la presencia del virus del Dengue en el sector del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca ha aumentado, que si bien el virus no es propio de esta región pero por sus características climatológicas y topográficas tropicales similares al del oriente boliviano los municipios que conforman el Chaco Chuquisaqueño se han visto afectados y se ha dado lugar a la presencia del vector portador del virus, que viene a ser el *Aedes aegypti*.

Se ha visto que los factores de riesgo en la aparición y distribución de la enfermedad se agrupan en: ambientales, del agente, del vector y de la población susceptible, por lo cual en esta investigación se ha estudiado y revisado las características del agente, del vector y del ambiente, pero sobre todo se ha evaluado a la población susceptible, en este caso del Chaco Chuquisaqueño, determinando como objetivo principal la prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles de la región del Chaco Chuquisaqueño como también la relación entre infección por virus del Dengue con sus variables de edad, sexo y procedencia. En primera instancia se tomó en cuenta el número de pacientes con fiebre en fase de



viremia del Chaco Chuquisaqueño, cuyas muestras sanguíneas fueron enviadas al CENETROP de junio 2019 a agosto 2020 y por medio de estadística de meses se pudo demostrar en porcentajes, que el mayor número de pacientes están en el mes de mayo del 2020.

Teniendo ya los respectivos positivos y negativos de la presencia del virus del Dengue en la población de estudio se obtuvo el principal objetivo de este trabajo de investigación es decir la descripción y análisis de la prevalencia del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca, cuya interpretación de prevalencia ha sido expresada en porcentaje, siendo esta del 26%.

La valoración de la relación entre las variables independientes (Sexo, Edad, Procedencia) y la variable dependiente (Virus del Dengue) determinó que el sexo femenino con un porcentaje del 58% sobre un 42% del sexo masculino, es un tanto más vulnerable a la infección, en el caso de la edad, la más afectada se encuentra entre el rango de 15 a 24 años con un porcentaje del 23% siguiéndole el rango de edad de 5 a 14 como también el rango de edad de 25 a 34 ambas con un 19%, lo que manifiesta que las edades más jóvenes son las más vulnerables a la infección, y en el

caso de la procedencia los municipios más afectados son Monteagudo con un porcentaje del 42% y Machareti con un porcentaje del 35%, lo que manifiesta que a pesar que todos los municipios miembros del Chaco Chuquisaqueño presentan características climatológicas y topográficas similares, tanto Monteagudo como Machareti son más vulnerables a la infección.

Se puede decir que esta investigación es útil epidemiológicamente ya que se la determinó en una población específica y en un momento dado, la cual genera conocimientos sobre la prevalencia de este virus y así refleja su frecuencia del virus en este sector, permitiendo a la sociedad y sobre todo a nuestro departamento una mejor comprensión de los aspectos clínicos y así poder generar estrategias preventivas con éxito para una mejor calidad de vida de la población susceptible. Si bien en el transcurso de los años se han reportado una mínima cantidad de casos en este sector de Chuquisaca a comparación de las ciudades del oriente boliviano, el número de casos aumentó con el paso de los años y poco a poco fueron incorporándose municipio por municipio del Chaco Chuquisaqueño en la evaluación de posible infección por el virus del Dengue. Sería bueno que se puedan generar otros estudios de prevalencia e incidencia del



virus del Dengue o de otros virus en diferentes municipios de Chuquisaca susceptibles, para así continuar obteniendo datos propios de nuestra realidad.

Conclusiones

1. Existe una prevalencia de 26% del virus del Dengue en fase de viremia en pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño del departamento de Chuquisaca.
2. Se pudo determinar que en la infección por virus del Dengue el sexo de los pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño más afectado es el femenino con un porcentaje del 58% sobre un 42% del masculino, lo que manifiesta que el género un tanto más vulnerable a la infección es el femenino, y estudios en lugares endémicos también muestran que las mujeres están más expuestas a ésta y otras enfermedades relacionadas con inundaciones y malas condiciones de salud existentes en las zonas afectadas.
3. Se pudo determinar que en la infección por virus del Dengue la edad de los pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño más afectada se encuentra entre el rango de 15 a 24 años con un porcentaje del 23 %, siguiéndole el rango de edad de 5 a 14 años como el de 25 a 34 años ambos con el 19%, lo que

manifiesta que las edades más jóvenes son las más vulnerables a la infección, y estudios en lugares endémicos también muestran que los niños como los jóvenes están más expuestos a esta enfermedad por su falta de conocimiento y su baja respuesta inmunológica a dicha infección.

4. Se pudo determinar que en la infección por virus del Dengue los municipios de los pacientes febriles del Chaco Chuquisaqueño más afectados son Monteagudo con un porcentaje del 42% y Machareti con un porcentaje del 35%, lo que manifiesta que a pesar que todos los municipios miembros del Chaco Chuquisaqueño presentan características climatológicas y topográficas similares junto a sus áreas sub-tropicales cada una, tanto Monteagudo como Machareti son más vulnerables a la infección, esto puede estar relacionado con el crecimiento poblacional de estos 2 municipios junto a su urbanización no controlada que conlleva a mayores problemas con lo que respecta por ejemplo a desagües obstruidos por desechos, agua almacenada por más de siete días, ausencia de abastecimiento de agua corriente individual, disponibilidad intermitente y uso de depósitos destapados.



Bibliografía

- A Hoyos Rivera, C. A. (2017). Factores de riesgos asociados a la infección por dengue. *Revista Habana Ciencia Médica*, 19-22.
- Chávez Navarro, E. (2017). Enfermedades tropicales en Bolivia: Fiebre amarilla y dengue. *Revista Boliviana de Pediatría*, 15-18.
- EcuRed. (25 de Marzo de 2018). *Método de análisis histórico-lógico*. Obtenido de http://www.ecured.cu/index.php/M%C3%A9todo_de_an%C3%A1lisis_hist%C3%B3rico-l%C3%B3gico
- Faingezicht, I., & Ávila, M. (2018). Diagnóstico clínico y de laboratorio del paciente con dengue. *Revista Médica del Hospital Nacional de Niños*, 23-26.
- Izaguirre Remón, R., Rivera Oliva, R., & Mustelier, N. (2019). La revisión bibliográfica como paso lógico y método de la investigación científica. *Revista de Ciencias Médicas Ecuador*, 38-40.
- Martínez Carrasco, D. (13 de Agosto de 2019). Dengue: Chuquisaca tiene nuevos casos e infectados se acercan a 50. *Correo del Sur*, págs. 9-11.
- Ministerio de Salud. (16 de Septiembre de 2018). *Dirección general de salud división epidemiología*. Obtenido de Plan de respuesta nacional ante una epidemia de enfermedades transmitidas por Aedes aegypti: <https://higiene.edu.uy/materiales/Galeria/terminada/MSP.pdf>
- OPS/OMS. (29 de abril de 2019). *Atención del paciente con Dengue*. Obtenido de https://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=599&Itemid=1
- Reynaga Obregón, J. (12 de julio de 2018). *El método estadístico*. Obtenido de <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spii/antologia/03REYNAGA1.pdf>
- Roca, Y., Ávila, C., Galarza, E., & Pachuri, J. (2018). Características de las epidemias de dengue en la ciudad de Santa Cruz. *Revista de Enfermedades Infecciosas y Tropicales*, 12-14.
- UNAM-México. (17 de Mayo de 2019). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de http://profesores.fib.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/Metodologia_de_la_Investigacion.pdf

AYUNO INTERMITENTE Y BENEFICIOS REPORTADOS EN LA SALUD DE QUIENES
LO PRACTICAN



D. 36. SALUD HUMANA
AYUNO INTERMITENTE Y BENEFICIOS REPORTADOS EN LA SALUD DE QUIENES LO PRACTICAN

Autores: Algarbe Martino, Fernanda Aylén (feralgarbe@gmail.com), Garro Bustos, Jessica Vanina (vanigarrob@gmail.com).

Coautor: Rodríguez Salama, Ivana (ivanarodriguezsalama@gmail.com).
Profesor/as guía: Garro Bustos, Jessica Vanina – Rodríguez Salama, Ivana
Universidad Nacional de San Luis - UNSL

Resumen

Introducción: La Alimentación restringida en el tiempo o ayuno intermitente (AI) ha ganado considerable repercusión científica y popular. El ayuno es una práctica útil que se aplica ya sea por falta de disponibilidad de alimentos, por cuestiones de religión o beneficios en la salud.

Objetivo: Analizar el conocimiento, práctica e impacto subjetivo en la salud del AI

Metodología: Estudio cuantitativo, descriptivo, retrospectivo de corte transversal. Participaron individuos de entre 20 a 59 años de edad oriundos de la ciudad de San Luis que respondieron voluntariamente una encuesta virtual. Variables estudiadas: conocimiento sobre AI (tipo y fuente de información consultada), práctica de AI (tipo, supervisión profesional y motivos), impacto subjetivo del AI sobre la salud (efectos beneficios y/o adversos) y características de la alimentación implementada durante el AI (predominio de alimentación natural; supervisión profesional; disponibilidad física y económica).

Resultados: La muestra fue de 100 individuos (68% mujeres y 32% hombres). El 80% poseían conocimientos sobre AI, consultando mayormente como fuente las redes sociales. En cuanto a su práctica, el 80% lo realiza, predominando el AI de 12hs (60%) y el de 16hs en segundo lugar (30%). Sólo 30% lo realizó bajo supervisión profesional. El motivo que predominó fue bajar de peso, optimizar la salud y mejorar la situación intestinal (40%, 20% y 20%, respectivamente). En cuanto a los beneficios subjetivos obtenidos, se destacan: descenso de peso (40%), control del hambre (40%) y bienestar intestinal (20%) y no se observaron aspectos negativos (en un 98%). En cuanto a la alimentación, el 80% respondió “intento comer alimentos naturales disminuyendo procesados y ultra procesados”, el 10% “mi alimentación es saludable ya que me la indicó una nutricionista” y el 10% “me alimento con lo que tengo en casa”.



Conclusiones: Se evidenció el predominio de la práctica de AI de 12 y de 16 hs, con los beneficios de: descenso de peso, control del hambre y bienestar intestinal. Como aspectos negativos se destaca la práctica de AI sin supervisión profesional y el gran predominio de consulta en redes sociales. Se requiere empoderamiento de los profesionales de la salud para disminuir el riesgo que comporta que las redes sociales sean la principal fuente de información.

Palabras Clave: Ayuno Intermitente, Alimentación restringida en el tiempo, Descenso de peso

Introducción:

Desde el origen de nuestra especie hasta los tratamientos más recientes el ayuno intermitente, basado en la restricción de la ingesta de alimentos sólidos, se practica en todo el mundo por motivos tradicionales, culturales o religiosos.

En las últimas décadas, el ayuno intermitente ha ganado popularidad como método de cuidado personal para la prevención y promoción de la salud, en particular para iniciar un estilo de vida saludable., aunque también a nivel social sigue la incertidumbre por y por ignorancia y creencias arraigadas en los mismos investigadores y docentes universitarios. (Pablo Saz-peiro,2016)

Se puede definir como ayuno intermitente a un patrón de alimentación (no una dieta) que alterna períodos de abstención total o parcial de comida y/o bebida con períodos de alimentación normal, de forma regular y controlada. (Fung, Jason, 2018)

Cada día, todos ayunamos de forma natural en el período que va desde la cena hasta el desayuno, pero ayunar a otras horas del día no es algo nuevo para el hombre, la capacidad de desarrollar mecanismos y adaptaciones para sobrevivir y funcionar adecuadamente durante períodos de escasez de comida ha sido un factor clave en la historia de la evolución del hombre. Un ejemplo de esas adaptaciones es la habilidad de cambiar del estado metabólico de glucólisis al estado metabólico de cetosis.

Podemos dividir al ayuno intermitente en 3 categorías principales que pueden practicarse de forma diaria, semanal, y/o mensual. Alimentación restringida en el tiempo, ayuno de día alterno y ayuno de día completo.

En relación a los beneficios que el AI pudiera aportar podemos decir que cada día surgen estudios sobre su eficacia en la prevención y el tratamiento en enfermedades crónicas como: obesidad,



diabetes, cardiovasculares, en la prevención de las enfermedades inflamatorias y degenerativas crónicas, durante la quimioterapia del cáncer, problemas asociados con el envejecimiento.

En el marco del PROIPRO N° 10-05-20 “Ayuno Intermitente y Dieta Cetogénica en Adultos de SL”. de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de San Luis, se realizaron 4 talleres en el Centro de Salud del Trapiche, San Luis, con la participación de personas de entre 20 a 59 años de edad de la comunidad y personal profesional y no profesional de la institución, una vez finalizada dicha actividad de extensión, se elaboró y ejecuto una encuesta ad hoc de manera virtual que dio lugar al presente trabajo, el cual pretende analizar la práctica del AI referido a la Alimentación restringida en el tiempo y conocer los posibles beneficios que reporten quienes lo practican.

Objetivo General:

Analizar el conocimiento, práctica e impacto subjetivo en la salud del AI en adultos maduros que asisten a un centro médico y al hospital de la ciudad de San Luis en el año 2022.

Metodología:

Estudio cuantitativo, descriptivo, retrospectivo de corte transversal.

VARIABLES ESTUDIADAS: conocimiento sobre AI (tipo y fuente de información consultada), práctica de AI (tipo, supervisión profesional y motivos), impacto subjetivo del AI sobre la salud (efectos beneficios y/o adversos)

Resultados

Del total de encuestados N 100 y en relación con el rango etario, los resultados arrojaron que el 45% (n 45) poseen entre 35 a 49 años, el 36% (n 36) entre 26 a 34 años, el 10 (n 10) entre 50 y 60 años, el 7% (n 7) entre 18 a 25 años; y finalmente el 2% (n 2) posee 60 años o más. Además, el 68% (n 68) corresponde al género femenino y el 32% (n 32) restante al género masculino.

El 80% (n 80) manifestó conocimientos sobre el “ayuno intermitente”, mientras que el 20% (n 20) restante refirió no poseer conocimientos.

Las fuentes de información fueron 28% redes sociales, 24% consultas profesionales, 22% personas cercanas, 11% internet, 7% revistas científicas, 5% libros y el 3% restante corresponde a otras fuentes de información.



Del total de encuestados que poseen conocimientos sobre el ayuno intermitente N 80, el 80% (n 64) manifestó ejecutar dicha práctica actualmente, el 15% (n 12) lo ha practicado alguna vez y nunca el 5% (n 4) restante.

Por otro lado, en lo que respecta a tipo de alimentación restringida en el tiempo que realiza, se observó que el 60% (n 48) practica el ayuno de 12hs, el 30% (n 24) de 16hs, el 5% (n 4) de 18hs, el 3,75% (n 3) de 14hs y el 1,25% restante (n 1) de 20hs.

En relación al acompañamiento o no de profesionales para la práctica del AI, el 70% (n 56) realiza la práctica de ayuno intermitente sin supervisión y solo el 30% (n 24) restante bajo supervisión profesional, de los cuales el 83,3% (n 20) es llevada a cabo por un profesional de la nutrición y el 16,7% (n 4) restante por médicos u otros profesionales de la salud.

En cuanto a los motivos de la práctica, el 56,25% (n 45) realiza ayuno intermitente motivado por el descenso de peso, el 47,50% (n 38) para optimizar la salud, el 40% (n 32) para mejorar la actividad a nivel intestinal, el 15% (n 12) para controlar el hambre, el 10% (n 8) para controlar la ansiedad y el 5% (n 4) restante para mantener el peso.

Los beneficios reportados fueron el 52,5% (n 42) manifestó como beneficio de la práctica del ayuno intermitente el descenso de peso, el 42,5% (n 34) el control del hambre, el 20% (n 16) el bienestar a nivel intestinal, el 15% (n 12) mayor saciedad, el 16,25% (n 13) mejora en los parámetros bioquímicos y el 11,25% (n 9) bienestar a nivel gástrico. El 93,75% (n 75) refirió no encontrar ningún aspecto negativo de la práctica del ayuno intermitente, el 3,75% (n 3) manifestó aumento de la ansiedad, el 1,25% (n 1) refirió mayor desorganización alimentaria y el 1,25% restante aumento de peso

Discusión:

En el presente estudio se obtuvo como resultado que el principal motivo y beneficio obtenido de la práctica del ayuno intermitente fue el descenso de peso, lo cual coincide con numerosas evidencias científicas, como las publicadas por Harvie MN, Pegington M, Mattson MP et al. 2011, “The effects of intermittent or continuous energy restriction on weight loss and metabolic disease risk markers: a randomized trial in young overweight women” en Int J Obes., así como también se destaca al autor Varady KA, en su publicación 2011, “Intermittent versus daily calorie restriction: which diet regimen is more effective for weight loss?” Obes Rev;



y a los autores *Ash S Reeves MM Yeo Set al. 2003* en *“Effect of intensive dietetic interventions on weight and glycaemic control in overweight men with type II diabetes: a randomised trial”*. *Int J Obes. 2003; 27:797–802*. Los mencionados estudios científicos afirman que el ayuno intermitente en días alternos reduce el peso corporal (3 a 7 %), la grasa corporal (3 a 5,5 kg), el colesterol total (10 a 21 %) y los triglicéridos (14 a 42 %) en personas con peso normal, sobrepeso y obesidad. También se han observado reducciones en el LDL y la presión arterial. Por otro lado, se ha demostrado que el ayuno de un día completo reduce el peso corporal (3 a 9 %), la grasa corporal, el colesterol total (5 a 20 %) y los triglicéridos (17 a 50 %).

Conclusión:

Del total de la población encuestada la mayoría pertenece al grupo de adultos jóvenes y maduros (entre 26 a 49 años); y al género femenino.

Existe de manera predominante conocimiento con respecto al ayuno intermitente, así como la práctica del mismo, destacándose los tipos de ayuno de 12 y de 16hs, lo que da cuenta de que estaríamos en presencia de un cambio de paradigma en la nutrición y alimentación tradicional.

Por otro lado, se puede considerar que la influencia de las redes sociales se posiciona casi al mismo nivel que la consulta profesional como fuentes de información, lo que reafirma que en esta nueva era la tecnología es una fuerza que hay que sumar al desempeño profesional, y debe ser parte de la educación alimentaria nutricional a fin de evitar el “charlatanismo nutricional” y la desinformación o inadecuada información que pudiera ser perjudicial para la salud.

Lo antes expuesto, se reafirma con el hecho alarmante de que solo una minoría de las personas que practica el ayuno intermitente lo hace bajo supervisión de un profesional, no obstante, y como aspecto positivo, se destaca el rol del licenciado en nutrición.

Los motivos por los cuales las personas comenzaron a implementar la práctica del ayuno intermitente se asemejan a los beneficios obtenidos, siendo para ambos casos el descenso de peso el que ocupa el primer lugar, estos resultados se condicen con el hecho de que el ayuno intermitente es una estrategia dietética en la que los períodos de consumo normal de alimentos y bebidas están marcados por períodos de restricción energética generando una reducción neta en la ingesta energética, la cual se ubica por debajo del gasto



energético, es decir, se produce un estado de balance energético negativo, induciendo la pérdida de peso. Por esta razón, se ha convertido en una estrategia nutricional de creciente interés para el control del peso corporal.

En los resultados también se obtuvo como motivos y beneficios de la práctica las mejoras a nivel intestinal; y la obtención de mayor saciedad y por ende mejor control del hambre. Uno de los problemas intestinales que puede resolverse es el estreñimiento, debido a que el ayuno favorece el tránsito intestinal gracias a la activación del complejo motor migratorio (CMM). Esta activación hace que la musculatura lisa del estómago e intestino haga avanzar los residuos de la digestión y se puedan expulsar a través de las deposiciones. Este proceso también favorece una microbiota intestinal sana.

Por otro lado, el ayuno permite disminuir la dependencia de la comida ya que disminuye el apetito constante además de reforzar la opción de que no hace falta estar ingiriendo alimento constantemente sino cuando es esencial. Ayuda a regular los ritmos circadianos ya que tiene un impacto a nivel hormonal. Finalmente, se destaca que la amplia mayoría de las personas encuestadas no visualiza

aspectos negativos de la mencionada práctica.

Bibliografía:

Canicoba M. (2020). Clinical applications of intermittent fasting. Revista Nutrición Clínica Metabólica.

Santacruz Pacheco D. (2020) Efectos del ayuno intermitente en el envejecimiento, la salud y la enfermedad. Puesta al día en cardiología; 136.

Melatonina disminuye la osteonecrosis provocada por ácido Zoledrónico en ratas: estudio radiográfico, histológico e histomorfométrico.



D.36. Salud humana

Melatonina disminuye la osteonecrosis provocada por ácido Zoledrónico en ratas: estudio radiográfico, histológico e histomorfométrico.

Autor: Hernández Mabel Abigail ^{1,3} abigail.hernandez@unc.edu.ar

Coautores: Carpentieri Agata Rita ^{2,3} agata.carpentieri@unc.edu.ar, Fontana Sebastián⁴ sebastian.fontana@unc.edu.ar, ¹Cátedra de Anatomía, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Córdoba. ²Cátedra de Química Biológica, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Córdoba. ³INICSA-UNC. CONICET ⁴Cátedra de Histología, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Córdoba.

Resumen

Los bifosfonatos, utilizados en patologías como osteoporosis o metástasis óseas, predisponen a la aparición de osteonecrosis mandibular asociada a medicamentos (ONMAM). Como posible opción terapéutica para la ONMAM se propone a la melatonina (MEL), que además de sus efectos cronobiológicos, es capaz de estimular el remodelado óseo. El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la MEL como opción terapéutica en un modelo de ONMAM. Se utilizaron ratas Wistar hembras (n=14) de 30 días, divididas en grupos: 1) CT (n= 2), inyectadas con solución fisiológica 2) AZ (n= 6) inyectadas (ip) con ácido zoledrónico (AZ, 50 µg/kg de peso corporal) semanalmente, durante 60 días; 3) AZ+MEL (n= 6) tratadas con AZ similar al primer grupo y MEL (sc, 10mg/kg de peso corporal) 3 veces por semana. A los treinta días, se realizó extracción del primer molar inferior. A los 60 días se realizó eutanasia y se extrajeron las mandíbulas para análisis radiográfico e histológico. Los datos se analizaron estadísticamente (ANOVA). Macroscópicamente se detectó ausencia de cicatrización con tejido óseo expuesto en animales del grupo AZ, mientras que en el grupo AZ+MEL se observó una correcta cicatrización. Radiológicamente, se observó mayor radiopacidad en el grupo AZ que se correlaciona histológicamente con el aumento de lagunas osteocíticas vacías y la presencia de esclerosis ósea, características propias de ONMAM. La administración de MEL en ratas tratadas con AZ, llevó los parámetros medidos a niveles similares a los controles. Estos resultados podrían indicar un efecto promotor de MEL sobre el remodelado óseo y postularían a MEL como una nueva opción terapéutica para patologías donde estén involucradas fallas en el metabolismo óseo.



PALABRAS CLAVES: OSTEONECROSIS, MELATONINA, METABOLISMO ÓSEO.

INTRODUCCIÓN

El hueso es un órgano vivo, con capacidad para renovarse y mantener sus condiciones de resistencia. Este proceso de renovación de los componentes del tejido óseo se realiza constantemente durante toda la vida y recibe el nombre de “remodelado óseo” o “turnover óseo”. Las unidades de remodelación ósea están conformadas por un conjunto de células que tienen la función de recambio de pequeñas porciones de hueso, que son posteriormente sustituidas por tejido óseo neoformado. Además de las células, se encuentran componentes de la matriz extracelular, proteínas estructurales, moléculas y factores de crecimiento que, en conjunto, cumplen una función finamente orquestada (Husain & Jeffries, 2017 pág. 450-458). Las principales células del proceso de remodelado son: los osteocitos, encargados de recibir señales mecánicas y químicas; los osteoclastos, encargados de destruir el hueso; y los osteoblastos, encargados de la síntesis de nueva matriz ósea. Los fenómenos de resorción y formación están estrechamente acoplados y son

responsables de renovar el esqueleto y mantener su integridad anatómica y estructural (Manolagas, 2000, pag. 115-137).

En condiciones normales, el remodelado óseo se desarrolla bajo ciclos en los que los osteoclastos se adhieren a la superficie del hueso y posteriormente lo remueven por acidificación y digestión proteolítica. Una vez que los osteoclastos han cumplido su acción resorptiva, se produce la etapa de reversión, en la cual las células abandonan el sitio de resorción y los osteoblastos invaden la zona, comenzando el proceso de formación de hueso nuevo a través de la secreción de una sustancia osteoide que es finalmente mineralizada. Existen enfermedades que afectan el remodelado óseo, entre ellas, la osteoporosis que produce una disminución de la masa ósea (Lips et al., 2013), tanto de las proteínas que constituyen su matriz o estructura como de las sales minerales que contiene. Esto se debe a la disminución en la producción de estrógenos, lo que provoca un aumento en el número de osteoclastos estimulando los procesos resorptivos óseos. Como consecuencia, el hueso es menos resistente y por su fragilidad, se torna más propenso a fracturas. Para este tipo de afecciones y otras que producen



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

lesiones osteolíticas asociadas, los fármacos de primera elección son los bifosfonatos (BF) (Vermeer et al., 2016, pág. 219-25). Estos medicamentos producen alteración de las funciones celulares y moleculares del hueso. El efecto principal de los BF es alterar la función de osteoclastos, mediante la interacción con receptores de superficie o enzimas intracelulares, induciendo a la apoptosis de estas células (Ruggiero et al., 2004, pág. 527-34).

De esta manera disminuye la resorción ósea y por lo tanto, se interrumpe todo el ciclo de remodelado óseo. Este efecto puede demostrarse a través de marcadores óseos tales como FAL, Osteocalcina y osteoprotegerina y que disminuye significativamente su valor cuando se administran BF (Frizzera et al., 2019, pág. 1733-1744). Los BF también poseen efecto antiangiogénico ya que inhiben al factor de crecimiento vascular endotelial o VEGF (Nagai et al., 2007, pág. 5716-21). De esta manera, el tratamiento prolongado con BF da lugar a la formación de “huesos congelados”, adinámicos (Plantalech, 2007, pág. 96-105) susceptibles a microfracturas por estrés que no reparan espontáneamente. Debido a esto, también predispone a la aparición de un proceso patológico

conocido como osteonecrosis mandibular asociada a medicamentos (ONMAM) (Ruggiero et al., 2014, 527-34). La ONMAM puede describirse clínicamente como una lesión ósea expuesta o no autoresolutiva de los maxilares que persiste por más de 8 semanas. Esta lesión es común en pacientes bajo tratamiento antirresortivo y no expuestos a radioterapia en zona de cabeza y cuello. (Aguirre et al., 2012, pág. 2130–2143). La ONMAM generalmente, se desencadena como consecuencia de traumas producidos por la masticación, manipulación o extracciones dentarias, que ponen a prueba los mecanismos reparativos óseos (Capocci et al., 2017, pág. e253-e257). Las zonas de hueso desvitalizado que se producen a consecuencia de este fenómeno, debilitan la resistencia de los huesos maxilar y mandibular con el consiguiente aumento del dolor (Schiodt et al 2015, pág. 107–116. Vidal Real et al., 2015, pág. e267–e272). Clínicamente se producen complicaciones que pueden progresar a formas severas con afectación del reborde basal mandibular, fractura de la mandíbula, sinusitis, comunicación bucosinusal, absceso orbital, fístula extraoral, dolor y la incapacidad para alimentarse (Capocci et al., 2017, pág. pág. e253-



e257). Existen distintas alternativas de tratamiento de la ONMAM, tales como terapia quirúrgica (Longobardi et al., 2007, pág. 1012-7), láser (Vescovi et al., 2008, pág. 37-46), cámara hiperbárica (Freiberger et al., 2007, pág. 1321-7) y también con compuestos que promueven la regeneración ósea (Du et al., 2018, pág. 47-56). Dentro de estos compuestos se propone a la melatonina (MEL), que además de sus efectos cronobiológicos, también es capaz de estimular el remodelado óseo (Maria et al., 2013). A través de su receptor MT2 MEL promueve la diferenciación de preosteoblastos, estimula la secreción de osteoprotegerina lo que impide la activación del osteoclasto y disminuye los radicales libres que se producen en la resorción ósea debido a su poder antioxidante (figura 1). La MEL es una hormona que se sintetiza principalmente en la glándula pineal, aunque también se produce en forma paracrina en retina (Garbarino-Pico et al., 2004, pág. 51172- 81), ovarios, tracto gastrointestinal, células del sistema inmune (Carpentieri et al., 2012, pág. 437-44) y en la saliva (Calvo-Guirado JL et al., 2014, pág. 1–8). También la MEL es un importante antioxidante y provoca este efecto tanto a concentraciones fisiológicas como farmacológicas (Carpentieri et al.,

2014, pág. 197-205). Varios estudios han documentado la importancia de la MEL como una mediadora y estimuladora de la formación ósea (Maria et al., 2013). En este sentido, existen antecedentes en el uso de MEL en gel para el tratamiento de defectos óseos periodontales, en donde los resultados histológicos e histomorfométricos arrojaron un aumento significativo en el porcentaje de osteoformación y en el número de osteoblastos; a su vez el número de osteoclastos fue significativamente menor en el grupo tratado con melatonina. Estos resultados sugieren que la aplicación de gel de MEL brinda un ambiente propicio para la regeneración ósea (Yousuf et al., 2013, pág. 48-57). Otro antecedente es el uso tópico de la MEL aplicada durante 20 días en las encías de pacientes diabéticos. Los resultados demostraron una disminución de la resorción ósea con restablecimiento de los niveles de osteopontina, osteocalcina, y fosfatasa alcalina (Maria et al., 2013. Reiter et al., 2015).

En este proyecto de tesis proponemos que la MEL podría disminuir los efectos adversos asociados al uso prolongado de BF y de esta manera mejorar la calidad de vida del paciente (Schiodt et al., 2015, pág. 107–116.). Por los antecedentes

mencionados, surge la siguiente Hipótesis: La MEL, por sus efectos estimuladores sobre la formación ósea, puede ser utilizada en situaciones que

requieran reparación de tejido óseo, como en el caso de la osteonecrosis secundaria a bifosfonatos.

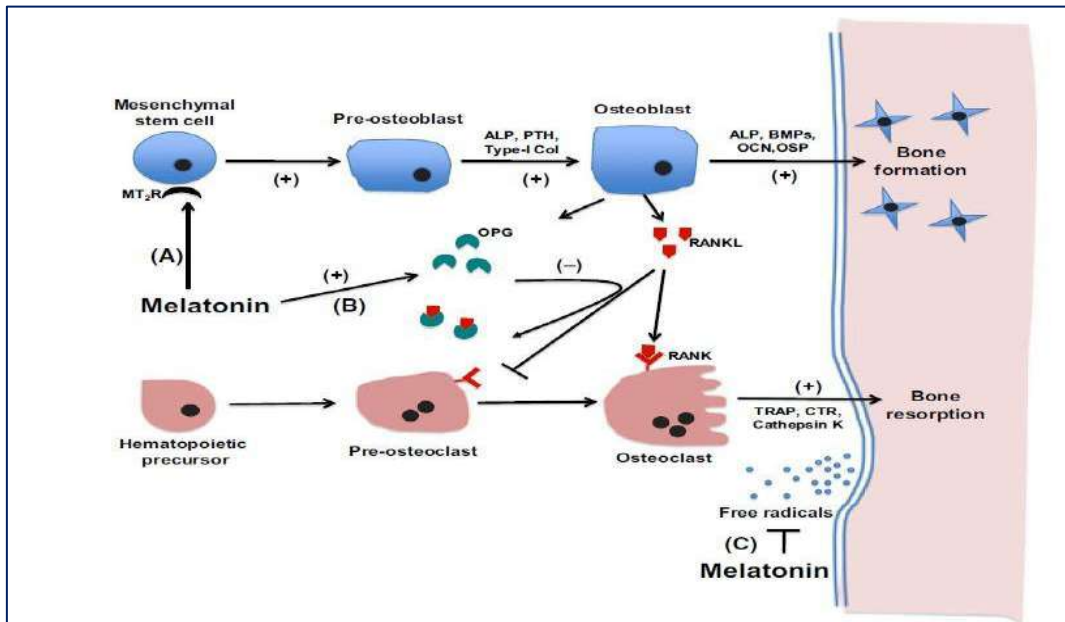


Figura 1: Mecanismo de acción de Melatonina sobre el tejido óseo. Observamos como MEL a través de su receptor MT2 promueve la diferenciación de células mesenquimales en preosteoblastos, estimula la secreción de osteoprotegerina que impide la activación del osteoclasto y disminuye los radicales libres por su efecto antioxidante en la resorción ósea. Tomado de Maria, 2013.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar los efectos de la melatonina sobre la regeneración ósea en modelos experimentales de patologías que involucren defectos en el remodelado óseo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Hasta el momento, se han cumplimentado los siguientes objetivos de nuestro proyecto de tesis:

- 1) Desarrollar un modelo experimental de osteonecrosis mandibular mediante la inyección de bifosfonatos en ratas.



2) Caracterizar el modelo experimental desarrollado por medio de estudios histológicos y radiográficos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron ratas Wistar hembra de 28 días de edad, mantenidas en un bioterio, con un ciclo de 12 hs de luz y 12 hs de oscuridad, alimentadas con comida balanceada y agua ad libitum, en jaulas de hasta 5 animales. Semanalmente, se les controló el peso de los animales.

Diseño experimental: Los animales se dividieron en los siguientes grupos experimentales: 1) Grupo Control: ratas inyectadas con solución fisiológica (SF). 2) Grupo AZ: ratas inyectadas intraperitonealmente (IP) con AZ (zolendronato) (50 µg/kg de peso) de forma semanal (Messer et al., 2019). 3) Grupo AZ + MEL: ratas inyectadas con AZ semanalmente con dosis mencionada anteriormente y tratadas con MEL subcutánea (10mg/kg) tres veces por semana.

A las 4 semanas de tratamiento a todos los grupos se les realizó una lesión ósea oral, consistente en la extracción del primer molar inferior (Guglielmotti et al., 1985, pág. 359-364). A los 28 días post-extracción se observó la

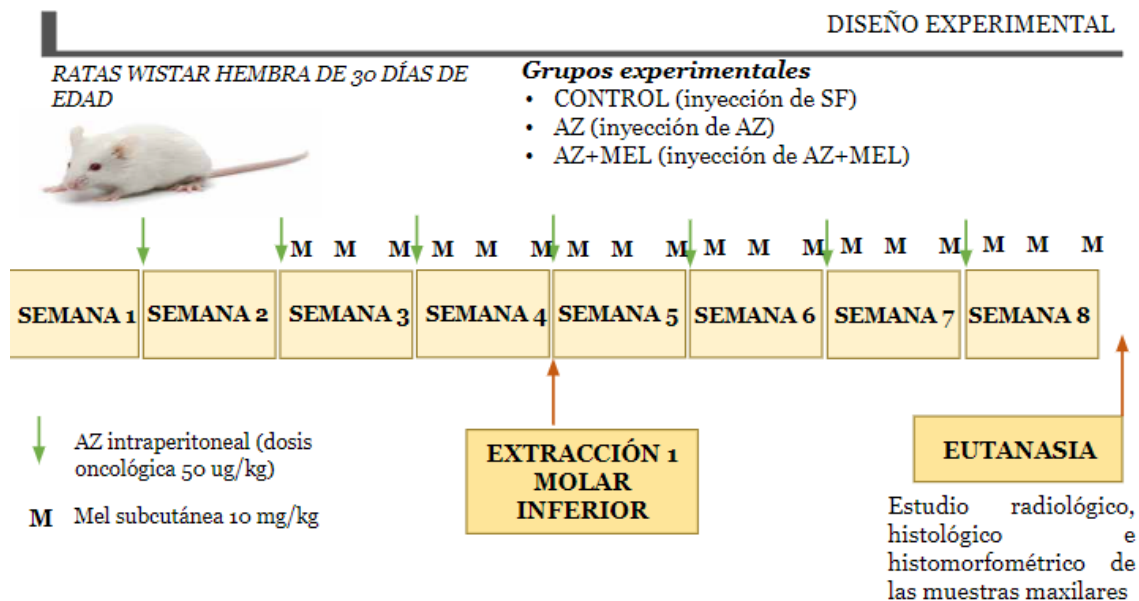
reparación del alveolo o bien la aparición clínica de ONMAM. Posteriormente se sacrificaron los animales.

De esta manera se evaluó la acción de MEL como un agente preventivo o bien terapéutico de la ONMAM. Una vez sacrificados los animales, según los procedimientos bioéticos, se continuó con las técnicas histológicas e histomorfométricas a fin de caracterizar la ONMAM establecida o su reparación que se describen a continuación.

Las muestras se colocaron en formol al 10% PBS (a un pH 7,2-7.4), luego se descalcificaron en EDTA al 10 % a 4°C por 30 días y se los incluyó en parafina. Se obtuvieron cortes seriados y se utilizó la coloración de hematoxilina y eosina. Se estudiaron parámetros histomorfométricos de remodelado óseo tales como: volumen alveolar total (TAV), número y porcentaje de lagunas osteocíticas y superficies de formación y resorción ósea (tomadas en base al número de Osteoblastos y Osteoclastos por milímetro lineal (Fontana et al., 2013, pág. 115-22, pág. Dempster et al., 2013, . Fontana 2009). Sobre los cortes también se realizaron técnicas histoquímicas y radiográficas por medio de rx captados por Sirona

XIOS Plus Sensor. Los datos obtenidos a partir de las mediciones, han sido analizados por ANOVA ($p < 0,05$)

seguido con múltiples comparaciones por el test de Bonferroni.



Esquema que representa el diseño experimental realizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados histológicos y radiográficos revelaron que la extracción del primer molar inferior realizada en la semana 4 desencadenó junto con la administración de AZ (50 ug por kg. de peso), la osteonecrosis del hueso alveolar postextracción.

En la figura 2 podemos observar las lesiones en el alvéolo post extracción. A) Grupo control: Se observa la mucosa gingival tapizando en su

totalidad el sitio de la lesión, con una coloración rosa pálido indicando ausencia de inflamación. B) Grupo AZ: Se observa una zona blanquecina amarillenta donde existe ausencia de tejido gingival y existe una zona ósea necrótica expuesta al medio bucal. A la palpación sangro lo que nos indica inflamación. C) Grupo AZ+MEL: La mucosa tiene tanto en coloración como en continuidad características que se asemejan a la cicatrización del grupo control.

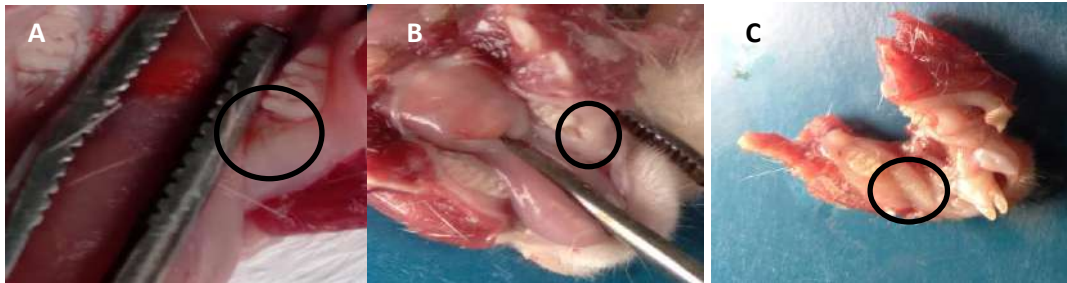
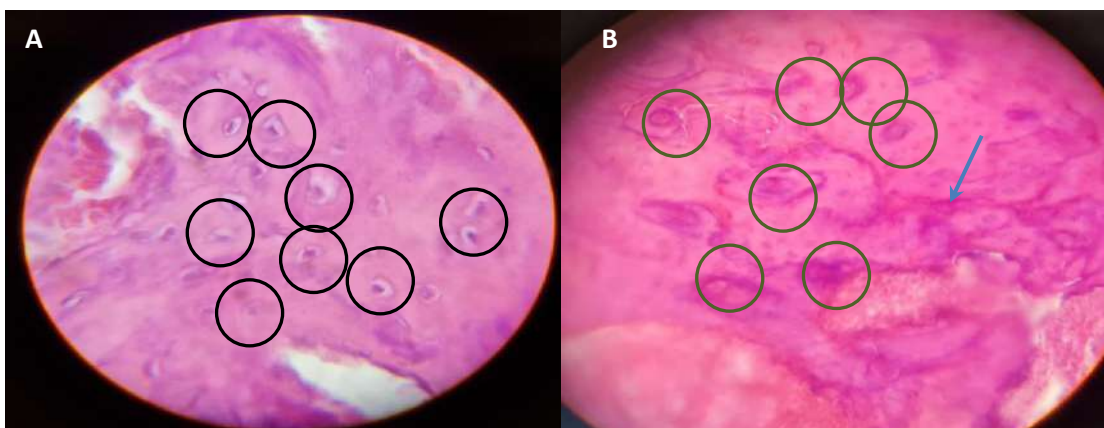


Figura 2 Lesiones en el alveolo post extracción de las ratas Wistar: A) Grupo control: la mucosa se encuentra tapizando el sitio de la lesión, de coloración rosa con continuidad en toda la superficie de extracción. B) Grupo AZ: Luego de la inspección clínica se presume que la cicatrización es anormal, ya que el sitio de la extracción no se encuentra cubierto por encía. Existen signos de inflamación, a la palpación sangró. El tejido óseo expuesto tiene una coloración amarilla. C) Grupo AZ+MEL: Se observa que la cicatrización se asemeja al grupo control, la mucosa gingival se encuentra tapizando en su totalidad el sitio de la lesión.

En la figura 3 podemos observar cortes histológicos del alvéolo post extracción teñidos con hematoxilina/eosina a un aumento 20x: A) Grupo control: Se observan numerosas lagunas osteocíticas. B) Hueso alveolar post extracción grupo AZ: Se observan numerosas lagunas osteocíticas vacías y esclerosis ósea. C) Hueso cortical post extracción grupo AZ: Se observan lagunas osteocíticas vacías. Líneas de aposición ósea. D) Hueso alveolar post extracción grupo MEL: Se observan zonas de formación ósea y numerosas lagunas osteocíticas. Esto nos estaría indicando nuevamente la semejanza en el remodelado óseo con el grupo control.



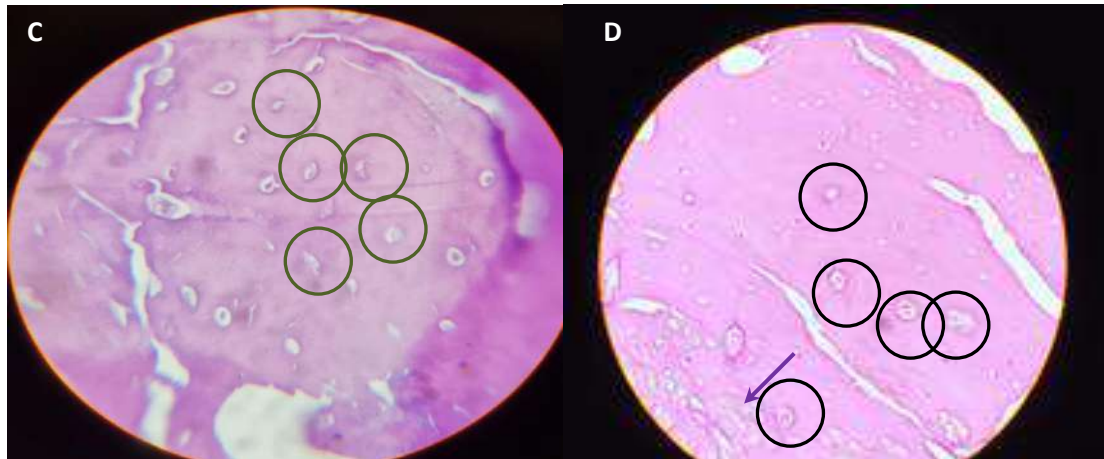
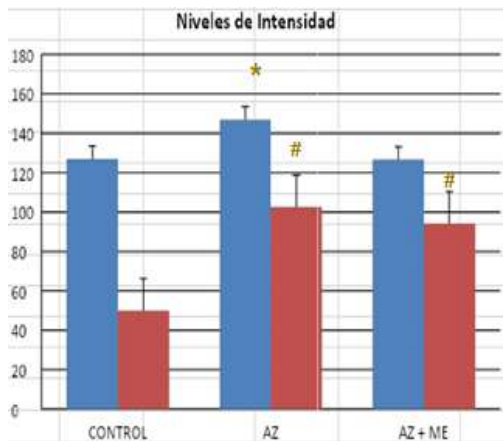
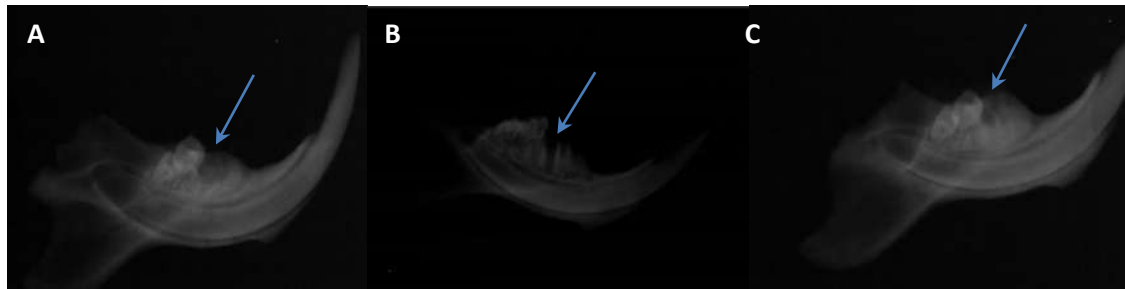


Figura 3 Estudio Histológico con H/E del alveolo post extracción: A) Grupo control: Se observan numerosas lagunas osteocíticas. B) Hueso alveolar post extracción grupo AZ: Se observan numerosas lagunas osteocíticas vacías y esclerosis ósea. C) Hueso cortical post extracción grupo AZ: Se observan lagunas osteocíticas vacías. Líneas de aposición ósea. D) Hueso alveolar post extracción grupo MEL: Se observan zonas de formación ósea y numerosas lagunas osteocíticas. En color negro se observan lagunas osteocíticas con su respectivo osteocito, en color verde lagunas osteocíticas vacías, en color celeste líneas de aposición ósea y en color violeta zonas de formación ósea.

	Grupo control	Hueso cortical basal grupo AZ	Hueso alveolar post extracción grupo AZ	Grupo AZ+MEL
Numero de lagunas osteocíticas	232 ± 11	178 ± 22	83 ± 19*	232 ± 11
Porcentaje de lagunas vacías (%LV)	0.23 ± 0.1	3.97 ± 0.72	23.77 ± 8,32*	0.23 ± 0.1

Tabla 1 Valores medios de la cantidad de lagunas osteocíticas y porcentaje de lagunas vacías, en el hueso alveolar post-extracción, hueso cortical basal (CBB) en comparación de grupo AZ, AZ+MEL con respecto al grupo control. *p < 0,05.



Grupo	n	Zona Apical	p	Zona de Furcas	p
CONTROL	4	126,8 ± 18,5		49,9 ± 16,1	
AZ	7	146,8 ± 6,1	0,011	102,5 ± 11,4	<0,001
AZ+ME	6	126,4 ± 11,3		94,1 ± 6,6	

CONCLUSIONES

Estos resultados muestran que pudimos

establecer un modelo animal de

osteoporosis maxilar asociada a

medicamentos (ONMAM) en ratas Wistar

hembra. Dicho avance fue presentado en

la IADR 2021

C) Grupo AZ+MEL: Se observa que la formación ósea es similar al grupo control.

La fleche señala el sitio donde se llevó a cabo la extracción.

En el gráfico de barras y su correspondiente tabla se visualizan los niveles de

intensidad según la zona de extracción. Los valores más bajos de intensidad se

asocian a menor densidad ósea o mineral, en tanto que los más altos implican

mayor densidad.

La observación clínica de las lesiones en

el grupo AZ evidenció una falta de

cicatrización compatible con ONMAM la

cual no fue observada cuando se les

administró MEL.

En el estudio radiográfico se observó que

MEL administrada conjuntamente con AZ

alcanzó valores de intensidad ósea similar

al grupo control.



al grupo control. Este hallazgo se correlacionó con el estudio histológico en donde se observó que la administración de MEL al grupo AZ fue capaz de restablecer el número de lagunas osteocíticas y la presencia de osteoblastos a los niveles del control. Esto se debe a que MEL estimula la diferenciación de células mesenquimales en osteoblastos a través de sus receptores MT2, la secreción de osteoprotegerina la cual impide la diferenciación del preosteoclasto en osteoclasto activo y también por su poderoso efecto antioxidante el cual elimina los radicales libres en la resorción ósea (Maria S, Witt Enderby, 2013). Se continuará estudiando a nivel molecular los efectos regeneradores de MEL en el modelo de ONMAM establecido a fin de avanzar con los objetivos de este proyecto de tesis y caracterizar los efectos terapéuticos de MEL en patologías óseas.

AGRADECIMIENTOS: ARC es investigadora de la CIC de CONICET y MAH es becaria doctoral de CONICET.

BIBLIOGRAFIA

Aguirre JI, Akhter MP, Kimmel DB, et al. Oncologic doses of zoledronic acid induce

osteonecrosis of the jaw- like lesions in rice rats (*Oryzomys palustris*) with periodontitis. *J Bone Miner Res* 2012; 27: 2130–2143.

Calvo-Guirado JL, Gómez-Moreno G, Maté-Sánchez JE et al. New bone formation in bone defects after melatonin and porcine bone grafts: experimental study in rabbits. *Clin. Oral Impl. Res* 00, 2014, 1–8.

Capocci U, Romeo F, Guerra et al. Medication-related osteonecrosis of the jaws (MRONJ) and quality of life evaluation: a pilot study. *M. Clin Ter.* 2017 Jul-Aug;e253-e257.

Carpentieri A, Díaz de Barboza G, Areco V, et al. New perspectives in melatonin uses. *Pharmacol Res* 2012;65:437-44.

Carpentieri A, Marchionatti A, Areco V et al. Antioxidant and antiapoptotic properties of melatonin restore intestinal calcium absorption altered by menadione. *Mol Cell Biochem.* 2014;387:197-205.

Dempster DW, Compston JE, Parfitt M, et al. Standardized nomenclature, symbols, and units for bone histomorphometry: a 2012 update of the report of the ASBMR Histomorphometry Nomenclature Committee. *J Bone Miner Res.* 2013 Jan;28:2-17.



Du J, Mei S, Guo L et al. Platelet-rich fibrin/ aspirin complex promotes alveolar bone regeneration in periodontal defect in rats. *Periodontal Res.* 2018 Feb;53:47-56.18.

Fontana S, Plavnik L, Filippetti M et al. Particulate bone matrix usage for alveolar bone conservation. A histomorphometric study. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba.* 2013;70:115-22.

Fontana S. Respuesta biológica de los rellenos óseos. Estudio experimental. Tesis Doctoral. Facultad de Odontología. Universidad Nacional de Córdoba. 2009.

Freiberger JJ, Padilla-Burgos R, Chhoeu AH, Kraft KH, et al. Hyperbaric oxygen treatment and bisphosphonate-induced osteonecrosis of the jaw: a case series. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:1321-7.

Frizzera F, Verzola MHA, de Molon RS, de Oliveira GJPL, et al. Evaluation of bone turnover after bisphosphonate withdrawal and its influence on implant osseointegration: an in vivo study in rats. *Clin Oral Investig.* 2019; 23:1733-1744.

Garbarino-Pico E, Carpentieri AR, Contin MA, et al. Retinal ganglion cells are autonomous circadian oscillators synthesizing N-acetylserotonin during the day. *J Biol Chem* 2004; 279:51172- 81.

Guglielmotti MB, Cabrini RL. Alveolar wound healing and ridge remodeling after tooth extraction in the rat: a histologic, radiographic, and histometric study. *J Oral Maxillofac Surg* 1985;43:359-364.

Husain A, Jeffries MA. Epigenetics and Bone Remodeling. *Curr Osteoporos Rep.* 2017; 15:450-458.

Lips KS, Kauschke V, Hartmann S, Thormann U, et al. Podoplanin Immunopositive Lymphatic Vessels at the Implant Interface in a Rat Model of Osteoporotic Fractures. *PLoS One.* 2013; 8:e77259

Longobardi G, Boniello R, Gasparini G, Pagano I, Pelo S. Surgical Therapy for osteonecrotic lesions of the Jaws in patients in therapy with bisphosphonates. *J Craniofac Surg* 2007;18: 1012-7.

Manolagas SC. Birth and death of bone cells: basic regulatory mechanisms and implications for the pathogenesis and treatment of osteoporosis. *Endocrine Rev* 2000; 21:115-137.

Maria S, Witt-Enderby PA. Melatonin effects on bone: potential use for the prevention and treatment for osteopenia, osteoporosis, and periodontal disease and for use in bone-grafting procedures. *J Pineal Res.* 2013 Dec 26.



Messer JG, Jiron JM, Mendieta Calle JL, et al. Zoledronate treatment duration is linked to bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw prevalence in rice rats with generalized periodontitis. Oral Dis. 2019 Feb 3.

Nagai T , Imai H , Honda S , Negi A. Antiangiogenic effects of bisphosphonates on laser-induced choroidal neovascularization in mice. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2007; 48:5716-21.

Plantalech L. Tratamiento de la osteoporosis: novedades. Actualización en Osteología 2007; 3:96-105.

Reiter RJ, Rosales-Corral SA, Liu XY, et al. Melatonin in the oral cavity: physiological and pathological implications. J Periodont Res 2015.

Ruggiero SL, Thomas B Dodson et al. Osteonecrosis of the jaws associated with the use of bisphosphonates: a review of 63 cases. J Oral Maxillofac Surg 2004; 62: 527-34.

Schiodt M, Larsson Wexell C, Brokstad Herlofson, et al. Existing data sources for clinical epidemiology: Scandinavian Cohort for osteonecrosis of the jaw – work in progress and challenges. Clin Epidemiol. 2015; 7: 107–116.

Vermeer JA, Renders GA, Everts V. Osteonecrosis of the Jaw—a Bone Site-Specific Effect of Bisphosphonates. Curr Osteoporos Rep. 2016; 14:219-25.

Vescovi P, Merigo E, Manfredi M, et al. Nd:YAG laser biostimulation in the treatment of bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw: clinical experience in 28 cases. Photomed Laser Surg 2008;26:37-46.

Vidal-Real C, Pérez-Sayáns M, Suárez-Peñaranda JM, et al. Osteonecrosis of the jaws in 194 patients who have undergone intravenous bisphosphonate therapy in Spain. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2015 May; 20(3):e267–e272.

Yousuf D D, Afify OM, El Soudany AS, et al. The effect of local application of melatonin gel on the healing of periodontal osseous defects in experimentally induced diabetes in rabbits. Tanta dental journal 10(2013) 48-57.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Subsidio de SeCyT–UNC (Proyecto Consolidar 2018-2021) y subsidio CONICET (PIP 2017-2019).

Prevalencia de *Escherichia coli* resistente a colistina en animales y matrices alimentarias de consumo humano: Una revisión sistemática y meta-análisis «del campo a la mesa»



D. 36. Salud humana

Prevalencia de *Escherichia coli* resistente a colistina en animales y matrices alimentarias de consumo humano: Una revisión sistemática y meta-análisis «del campo a la mesa»

Autora: Lencina, Florencia Aylén; falencina96@gmail.com

Profesores/tutores: Dr. Signorini, Marcelo; marcelo.signorini@gmail.com

Dra. Zbrun, Ma. Virginia; virginiazbrun@yahoo.com.ar

Universidad Nacional del Litoral (UNL)

Resumen

El propósito del presente trabajo fue analizar e integrar la evidencia científica disponible a nivel mundial sobre la prevalencia de resistencia a colistina (COL) y sus determinantes plasmídicos en aislamientos de *E. coli* provenientes de animales y de matrices alimentarias de consumo humano, y sus variables asociadas. Se realizó una revisión sistemática dentro de diversas bases de datos científicas, según criterios de búsqueda y selección establecidos *a priori*. A partir de la literatura seleccionada se utilizaron modelos de meta-análisis para la integración de datos y estimación de prevalencias. A nivel global se determinó que el 4,79% (IC 95%: 3,98- 5,56) de las muestras de animales y de matrices alimentarias de consumo humano estuvieron contaminados con *E. coli* resistente a COL y que el 5,70% (IC 95%: 4,97- 6,52) de las *E. coli* aisladas presentaron dicha resistencia, evidenciando aumentos significativos en el tiempo ($P < 0,001$). Además, el 65,30% (IC 95%: 57,78- 72,14) de la resistencia a COL, fue mediada por el gen *mcr-1*, no mostrando tendencias temporales significativas ($P = 0,640$). Mayores prevalencias de resistencia a COL fueron estimadas en regiones con países en vías de desarrollo ($P < 0,001$). El gen *mcr-1* demostró una distribución global, con elevadas prevalencias en todas las regiones analizadas (>50%), excepto en Norteamérica (0,98% IC 95%: 0,14- 6,63) ($P < 0,001$). La presencia de estas enterobacterias resistentes a COL y de sus determinantes plasmídicos en los principales puntos de la cadena agroalimentaria quedó demostrada. Estos hallazgos pretenden servir a la generación e implementación de medidas de gestión de riesgo desde la perspectiva de «Una Salud».

Palabras clave: *Escherichia coli*, resistencia a colistina, animales y matrices alimentarias de consumo humano



Introducción

La resistencia antimicrobiana (RAM) es una grave amenaza para la salud mundial, la seguridad alimentaria y el desarrollo de los países. La creciente resistencia adquirida por las bacterias a los antimicrobianos (ATM) ha reducido considerablemente la posibilidad de tratamientos clínicos en humanos, provocando la prolongación de estancias hospitalarias, el incremento de los costos médicos y el aumento de la mortalidad (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

Escherichia coli es utilizada como una especie bacteriana indicadora de RAM en todas las especies animales y en todos los eslabones de la cadena agroalimentaria (Anadón, 2007). La aparición de resistencia a colistina en *E. coli* aisladas de animales productores de alimentos, junto con el descubrimiento de mecanismos de diseminación de la misma, asociados a los genes plasmídicos *mcr* (1-10) convirtieron al tema en un punto urgente a estudiar y tratar (Liu et al., 2016; Xavier et al., 2016; Yin et al., 2017; Carattoli et al., 2017; Borowiak et al., 2017; AbuOun et al., 2017; Yang et al., 2018; Wang et al., 2018; Carrol et al., 2019).

La colistina (COL), ATM perteneciente al grupo de las polimixinas, fue utilizada

durante décadas en la cría de animales de consumo como tratamiento de patologías infecciosas, como profiláctico y como promotor del crecimiento (PISA Agropecuaria, 2018). En medicina humana, es utilizada actualmente como ATM de último recurso, tras la emergencia de bacterias multirresistentes que solo presentan susceptibilidad a este agente (Higueta- Gutiérrez y Jimenez Quiceno, 2017). En este sentido, la OMS ha recategorizado a las polimixinas como antibióticos de importancia crítica de máxima prioridad para la medicina humana, al ser uno de los pocos tratamientos existentes para las infecciones producidas por bacterias Gram-negativas (OMS, 2018).

En los últimos años se ha incrementado el interés por conocer la epidemiología de bacterias resistentes a COL y sus mecanismos de resistencia en cepas provenientes de alimentos (Castellanos, 2018). Esto se basa en las evidencias demostradas de que, estas bacterias, se pueden transmitir a los seres humanos a través de la cadena agroalimentaria, por medio del consumo de alimentos contaminados (PISA Agropecuaria, 2014; Verraes et al., 2013).

Hasta la actualidad, numerosos estudios han reportado la presencia de resistencia a COL y de genes *mcr* en cepas de *E. coli*



aisladas tanto de animales destinados al consumo humano, como de alimentos. En este contexto, se torna necesario relacionar e integrar los hallazgos existentes sobre la prevalencia de estas bacterias resistentes en matrices alimentarias, a lo largo de la cadena productiva. En este sentido, el meta-análisis, asociado a una revisión sistemática, se posiciona como una herramienta de máxima utilidad para el análisis cuantitativo, objetivo y científico de un gran cúmulo de trabajos.

En función de lo planteado, en el siguiente trabajo de investigación se llevó a cabo una revisión sistemática y meta-análisis de los estudios empíricos publicados hasta la actualidad. Con esto se persigue brindar evidencia integrada sobre la situación actual en alimentos destinados al consumo humano, contribuyendo al conocimiento de la epidemiología de esta enterobacteria RAM en los principales eslabones de la cadena agroalimentaria, posibilitando la adopción de decisiones, políticas y acciones basadas en evidencia científica, desde el enfoque de «Una Salud».

Objetivos

Se planteó como objetivo general sintetizar e integrar la evidencia científica disponible a nivel mundial sobre la prevalencia de resistencia a colistina, y sus patrones asociados, en *E. coli* aisladas de animales

y matrices alimentarias de consumo humano, en los puntos principales de la cadena agroalimentaria. De esta manera se pretende generar información basada en evidencias científicas, para el diseño de medidas de prevención y concientización, que permitan reducir el impacto de este problema en la salud pública.

Materiales y métodos

La presente revisión sistemática y meta-análisis se llevó a cabo teniendo en cuenta los criterios propuestos en la declaración PRISMA (Yepes Nuñez, Urrútia, Romero García y Alonso Fernández, 2021). La metodología se estructuró en cuatro etapas sucesivas:

a) *Búsqueda y selección inicial de la literatura:*

Se realizó una búsqueda exhaustiva de los artículos científicos, empleando las bases de datos electrónicas de SciELO, Pubmed, Science Direct, Scopus y Dialnet. La búsqueda de la literatura se efectuó mediante la utilización de las palabras claves «*E. coli*», «*Escherichia coli*», «colistin», «resistance» y «foods». Se utilizaron además los operadores booleanos «AND» y «OR».

Para complementar las estrategias de selección, se consultaron las referencias bibliográficas de los artículos incluidos, así como también se analizaron revisiones



sistemáticas de autores que investigaron el tema en cuestión. A los artículos detectados mediante esta revisión se los denominó «artículos identificados por otras fuentes». Se localizó y contactó mediante correo electrónico a los autores de aquellos trabajos relevantes, donde no se encontraba disponible el acceso al documento completo, con el objeto de solicitar los datos necesarios para su inclusión en el meta-análisis.

Se evaluó mediante un cribado inicial, el título y el resumen de todos los artículos identificados, seleccionándose por ser considerados potencialmente útiles para el meta-análisis, aquellos que cumplieron con los criterios de selección (mencionados a continuación).

b) Inclusión de artículos:

La elegibilidad continuó con la revisión del documento completo. Los artículos científicos incluidos en el meta-análisis se escogieron de acuerdo a los siguientes criterios de selección: Estudios observacionales de corte transversal publicados en revistas indexadas con revisión por pares, sin restricción temporal y, excepcionalmente, tesis de grado, que analizaron alimentos y animales destinados al consumo humano. Los estudios debieron informar el número total de muestras analizadas y/o aislamientos de *E. coli*, el número total de *E. coli*

fenotípicamente resistentes a COL y en caso de ser posible, el número total de *E. coli* resistentes portadoras de genes *mcr*. Artículos que no aportaron datos cuantitativos sobre la prevalencia de *E. coli* resistente a COL (y que no fueron proporcionados luego de contactar con el autor), informes duplicados, revisiones y artículos donde no fue posible la descarga del texto completo, fueron excluidos.

c) Codificación de las características de los estudios y extracción de datos:

Se identificaron y codificaron las características diferenciales de los artículos seleccionados, de acuerdo a las siguientes variables cuantitativas y cualitativas relevadas: región geográfica; lugar de muestreo; especies animales y productos de origen vegetal analizados; tipo de muestra analizada; año de muestreo; tamaño muestral; número de aislamientos de *E. coli* fenotípicamente resistentes a COL; número de aislamientos de *E. coli* fenotípicamente resistentes a COL portadores de genes *mcr* (1-10). Cuando un artículo reportó resultados derivados de diversas condiciones (es decir, distintos años de muestreo, especies analizadas, matrices, etc.), se consideró a cada condición como un reporte independiente. Esto implica que un mismo artículo pudo incluir uno o más reportes.

Los datos extraídos fueron registrados de

manera cuantitativa o cualitativa según correspondía, en hojas de datos de Microsoft Excel 2010.

d) *Análisis estadístico e interpretación de los resultados:*

En esta etapa se analizaron e integraron las variables cuantitativas y cualitativas descriptas en el ítem c), interpretándolas según el objetivo de la revisión. El análisis se llevó a cabo mediante el software *Comprehensive meta-analysis 2.2* (2011). La técnica de análisis estadístico implementada consistió en el cálculo de promedios ponderados de acuerdo al error utilizando los resultados obtenidos en cada reporte, empleando un modelo de efectos aleatorios.

Se realizaron tres tipos de análisis de prevalencias (2 análisis de prevalencias de *E. coli* fenotípicamente resistentes y un análisis de prevalencias de genes *mcr*), denominados *análisis A*, *análisis B* y *análisis C*. Esta estrategia permitió sortear los obstáculos que representaban aquellos reportes que no informaban de manera completa y secuencial sus hallazgos cuantitativos, de manera que todos pudieron ser incluidos en, al menos, un análisis según los datos reportados.

En el análisis A la prevalencia se calculó a partir del número total de aislamientos de *E. coli* resistentes a COL sobre el número total de muestras analizadas. Para el

análisis B, la estimación de la prevalencia se calculó a partir del número total de aislamientos de *E. coli* resistentes a COL sobre el número total de aislamientos de esta enterobacteria. En el análisis C, se buscó identificar la prevalencia de genes *mcr* en aquellos aislamientos de *E. coli* que demostraron ser fenotípicamente resistentes a COL. Se cuantificó en cada análisis la heterogeneidad estadística entre estudios, utilizando el índice de inconsistencia I^2 (Higgins y Thompson, 2002).

Para el análisis A, B y C para el gen *mcr-1* se realizó una serie de subanálisis según los subgrupos definidos *a priori* (mencionados en el ítem c)), a fin de evaluar el impacto de las diferentes categorías de las variables sobre la prevalencia de *E. coli* resistente a COL y analizar las posibles fuentes de heterogeneidad. Para el análisis C para los genes *mcr 2-10* se realizaron únicamente análisis de prevalencias globales; esto se debió al menor número de reportes detectados, así como a las bajas prevalencias encontradas en la mayoría de ellos, lo que derivó en la ausencia de variabilidad, tornando innecesario la realización de estudios de subanálisis.

Se efectuaron análisis de meta-regresión para evaluar la tendencia en las prevalencias de *E. coli* resistentes a COL (análisis A y B) y de genes *mcr-1* asociados

(análisis C) conforme transcurrieron los años de muestreo.

Se testeó la hipótesis de ausencia de sesgo de publicación utilizando el test de Begg (Begg y Mazumdar, 1994) y test de Egger (Egger, Schmidh y Schneider., 1997). En caso de que se detectara sesgo de publicación, se utilizó un procedimiento de *trim and fill* (Duval y Tweedie, 2000) para estimar el número de estudios que haría falta para corregir dicho sesgo.

Los resultados se reportaron como porcentajes (%) con un intervalo de confianza del 95% (IC 95%). La significancia estadística utilizada tanto para los modelos de meta-análisis como para los test de sesgo de publicación fue de $P < 0,05$.

Resultados y discusión

Teniendo en cuenta el conocimiento actual, el presente estudio constituye la primera revisión sistemática y meta-análisis sobre la prevalencia de resistencia a COL en *E. coli* aisladas de animales y matrices alimentarias de consumo humano, con un enfoque «*del campo a la mesa*». Un total de 1605 artículos científicos fueron identificados en las búsquedas realizadas en las bases de datos. También se incluyeron 10 estudios adicionales localizados a partir de la revisión de referencias bibliográficas, de la búsqueda

en revisiones sistemáticas afín al tema de investigación y del contacto con los autores. Un total de 159 artículos científicos (9,85%), con 444 reportes de prevalencias, de los 1615 estudios iniciales, fueron incluidos en el meta-análisis. Según los datos aportados por

Figura 1. Diagrama de flujo de los artículos identificados, seleccionados, excluidos e incluidos según los criterios de selección.

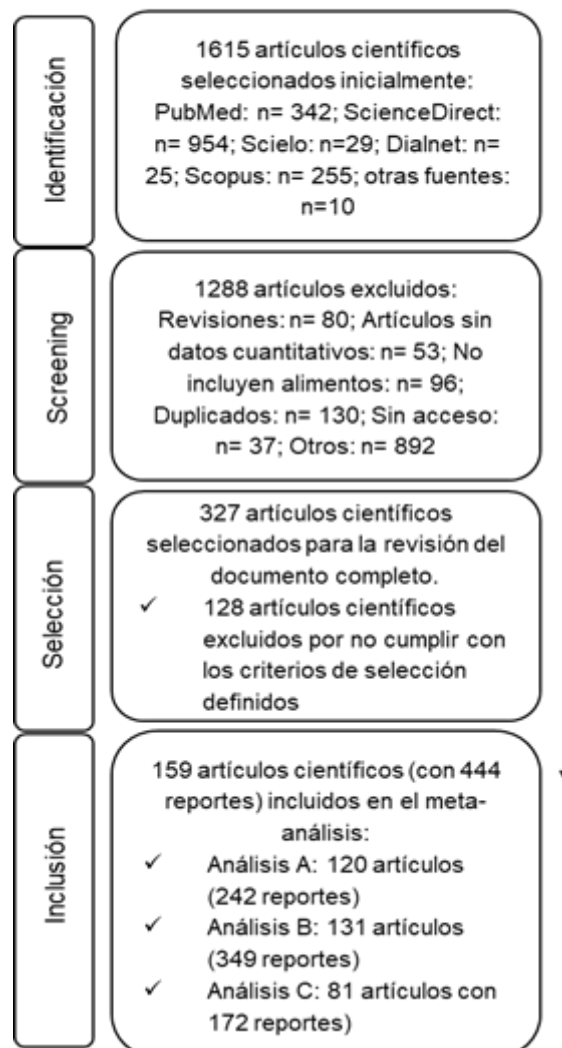


Tabla 1
Prevalencias de E. coli resistente a colistina y de genes mcr

Análisis	Prevalencias estimadas (%)	IC 95% (%)	I ² (%)	N° de reportes	
A	4,79	3,98-5,56	96,84	242	
B	5,70	4,97-6,52	96,89	349	
C	<i>mcr-1</i>	65,30	57,78-72,14	92,59	172
	<i>mcr-2</i>	4,24	2,76-6,45	78,86	79
	<i>mcr-3</i>	5,14	3,43-7,62	41,31	60
	<i>mcr-4</i>	5,34	2,73-10,17	80,02	47
	<i>mcr-5</i>	6,12	4,36-8,52	0	42
	<i>mcr-6</i>	5,65	3,49-9,01	0	26
	<i>mcr-7</i>	5,65	3,49-9,01	0	26
	<i>mcr-8</i>	4,32	2,56-7,20	0	26
	<i>mcr-9</i>	7,29	1,59-27,66	78,77	11
	<i>mcr-10</i>	6,68	1,33-27,57	0	3

Prevalencias globales estimadas (IC 95%), heterogeneidad estadística calculada (I²) y número de reportes (N°) detectados para los análisis A, B y C.

cada reporte, los mismos fueron incluidos en los diferentes análisis propuestos (A, B y/o C) (Figura 1).

De los 444 reportes incluidos, 6 se publicaron entre el año 1973 y el año 1990, 4 entre 1991 y 2000, 42 entre 2001 y 2010 y 49 entre 2011 y 2015. El mayor cúmulo fue detectado a partir del año 2016 hasta la actualidad, con 343 reportes detectados. Para el análisis A y B se identificaron publicaciones en más de 50 países correspondientes a cinco regiones geográficas diferentes (Europa, Asia, África Norteamérica y Latinoamérica). Europa y Asia representaron las regiones con el mayor cúmulo de datos para estos

análisis. Para el análisis C, se evaluó la presencia de mecanismos plasmídicos de diseminación de resistencia a COL (mediados por genes *mcr*) en 37 países correspondientes a cinco regiones geográficas (Europa, Asia, África Norteamérica y Latinoamérica). Para Oceanía y Antártida no fue posible detectar reportes para su inclusión en los análisis planteados.

Prevalencias globales

La estimación de las prevalencias ponderadas a nivel global resultó similar

Tabla 2
Resultados obtenidos para la detección del sesgo de publicación

Análisis	Trim and fill	Test de Begg (valor P)	Test de Egger	
			Intercepto	Valor P
A	0	0,12717	-3,80191	0,00001
B	0	0,00008	-2,82574	0,00001
C	32	0,04317	1,15182	0,00421

para el análisis A y para el análisis B, con valores relativamente bajos, aunque no despreciables, teniendo en cuenta el riesgo representado por estas enterobacterias RAM (Tabla 1). Por otro lado, las prevalencias detectadas en el análisis C, resultaron elevadas para el gen *mcr-1* (>50%), mientras que fueron relativamente inferiores y variables para otros genes *mcr* (Tabla 1).

Estos hallazgos, particularmente las elevadas prevalencias de resistencia de origen plasmídico mediadas por el gen *mcr-1*, son importantes, debido a que determinan la rápida diseminación de resistencias hacia el medio ambiente, hacia los animales, hacia el ser humano y entre bacterias comensales y patogénicas, pudiendo incrementar considerablemente las prevalencias a futuro y con ello, la

morbilidad, mortalidad y costos médicos (OMS, 2020). Además, los mismos permiten sugerir que las variantes alélicas del gen *mcr-1* revisten menor carga en la presencia y diseminación de resistencia a COL. Sin embargo, se debe considerar que la representatividad de estos resultados disminuye conforme se avanza en el análisis de nuevas variantes, debido al número limitado de reportes incluidos.

Sesgo de publicación

Se detectó una tendencia general de sesgo de publicación para todos los análisis realizados, según el test de Egger; y para los análisis B y C según el test de Begg. Esto indica que, probablemente, los estudios con tamaños de muestra pequeños o resultados no significativos no están siendo publicados (Schwarzer et al.,

Tabla 3
Resumen cuantitativo de la meta-regresión.

Análisis	Intercepto	Pendiente	Valor P
A	-111,57	0,0539	<0,001
B	-112,56	0,0545	<0,001
C	51,82	-0,0254	0,6388

2015). A partir del proceso de *trim and fill* se estimó que sería necesario añadir 32 estudios independientes en el análisis C, a fin de revertir el sesgo detectado (Tabla 2). No obstante, el gran número de artículos científicos incluidos en este meta-análisis proporciona resultados válidos, más allá del sesgo de publicación detectado.

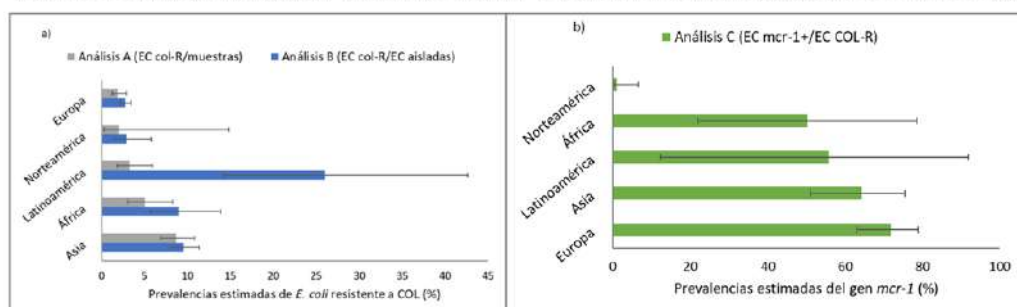
Subanálisis de variables cuantitativas

Prevalencias estimadas a través del período analizado

La evolución temporal (sin considerar el efecto de ninguna otra variable independiente) de la prevalencia de *E. coli* fenotípicamente resistente a COL aislada de animales y de matrices alimentarias de consumo humano demostró un ascenso significativo conforme transcurrieron los años de muestreo en el análisis A y B ($P < 0,001$) (Tabla 3). Por otro lado, según el análisis C, la prevalencia del gen *mcr-1* no se vio modificada a medida que transcurrió

el tiempo ($P = 0,640$) (Tabla 3). Muchos países han implementado políticas que restringen el uso de COL como promotor del crecimiento en piensos animales, con el propósito de disminuir la prevalencia de tal resistencia y de los mecanismos plasmídicos asociados (Wang et al., 2020). No obstante, debido a que esta medida es relativamente reciente (en promedio 3 años) y rezagada en muchos países, y a que la tasa de reversibilidad suele ser lenta (Andersson y Hughes, 2010), se podría sugerir que el impacto positivo en relación a la disminución de las resistencias a nivel comunitario aún no está a la vista, justificando los patrones observados en este trabajo. Además, la COL aún es utilizada en algunos países como tratamiento de enfermedades infecciosas en animales de consumo, generando una presión selectiva moderada sobre las bacterias (QYResearch Medical Research Center, 2019; Wang et al., 2020; Shen et

Figura 2
Prevalencias estimadas de *E. coli* resistente a COL y de genes *mcr-1* según la región geográfica analizada. Análisis de subgrupos según la “Región geográfica” para el análisis A y B (a) y para el análisis C (b).



Las barras horizontales se extienden hasta el promedio de la estimación de la prevalencia en cada región. Las líneas horizontales indican los intervalos de confianza.

al., 2020). Alternativamente, el aumento o la disminución de las prevalencias podría no evidenciarse en un análisis global como el del presente estudio. Por lo expuesto, resulta necesario evaluar la evolución en la tendencia de la resistencia en los próximos años, integrando datos aportados por nuevos estudios.

Subanálisis de variables cualitativas Prevalencias estimadas según la región geográfica analizada

Se meta-analizaron reportes llevados adelante en Asia, África, Europa, América Latina y Norteamérica.

En general, los estudios realizados en Asia, África y América Latina mostraron las mayores estimaciones de prevalencias de *E. coli* resistente a COL (*Análisis A*: 8,67% IC 95%: 6.90-10.83; 5.04% IC 95%: 3.02-8.30; 3.24% IC 95%: 1.77-5.86, respectivamente; *Análisis B*: 9,52% IC 95%:7.98-11.30; 8.96% IC 95%:5.68-13.85; 25.99% IC 95%:14.21-42.68, respectivamente), mientras que las prevalencias más bajas se detectaron en Europa (*Análisis A*: 1,87% IC 95%:1.22-2.85; *Análisis B*: 2.72% IC 95%: 2.16-3.42) y en América del Norte (*Análisis A*: 2.05% IC 95%: 0.25-14.78; *Análisis B*: 2.85% IC 95%: 1.39-5.73) ($P < 0,001$; Figura 2.a). Las prevalencias estimadas fueron ligeramente mayores para el análisis B en la mayoría

de las regiones geográficas. Además, en este análisis, se detectó que en América Latina el 25,99% (IC 95%:14.21-42.68) de las *E. coli* aisladas de muestras de animales de consumo o de alimentos presentaron resistencia a COL ($P < 0,001$) (Figura 2 (a)). Probablemente estas prevalencias llamativamente elevadas se deban a que, para el análisis B en esta última región, solo se incluyeron reportes que analizaron principalmente *E. coli* aisladas de aves y porcinos, los cuales presentan mayor exposición a COL y, por ende, mayores niveles de presión selectiva sobre las bacterias (QYResearch Medical Research Center, 2019).

En todas las regiones geográficas se estimaron altas prevalencias del gen *mcr-1* en aislamientos de *E. coli* resistentes COL (África: 50,30% IC 95%: 21,88- 78,53; Latinoamérica: 55,79% IC 95%: 12,40-91,84; Europa: 71,74% IC 95%: 63,10-79,03; Asia: 64,18% IC 95%: 51,04-75,48), excepto en Norteamérica (0,98% IC 95%: 0,14- 6,63; $P < 0,001$) (Figura 2 (b)). Sin embargo, en relación a este último hallazgo, cabe mencionar que el mismo debe ser interpretado con cautela, debido al bajo número de reportes que, por limitaciones metodológicas, pudieron ser incluidos en esta región.

Es posible evidenciar que la resistencia a COL en *E. coli* (independientemente del

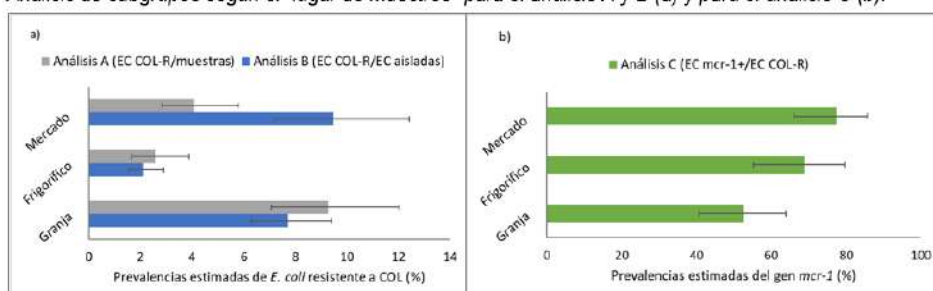
mecanismo responsable) representa un problema extendido a nivel global, siendo más crítica en aquellas regiones con alta proporción de países subdesarrollados. En estos últimos los pobres sistemas de control y monitoreo del uso de ATM en ganadería, la limitada salubridad y bioseguridad en las plantas de producción y en el manejo de los residuos y la intensificación en la producción de alimentos experimentada en los últimos años, entre otros factores, podrían brindar una posible explicación a las mayores prevalencias detectadas (Eagar, Swan y van Vuuren, 2012; Founou, Founou y Essack, 2016; Boonyasiri et al., 2014). Además, la exportación de estos alimentos propicia la fácil propagación de estas enterobacterias resistentes por todo el mundo, incluso hacia países con rigurosos sistemas de control, exacerbando el panorama mundial (Holmes et al., 2016; Boonyasiri et al., 2014).

Prevalencias estimadas según lugar de muestreo

En su mayoría, los alimentos y/o los animales destinados a la producción de alimentos se muestrearon directamente en las granjas. También se tomaron muestras en frigoríficos y en mercados de venta al por menor.

Las prevalencias estimadas de *E. coli* resistente a COL en la granja resultaron mayores que las prevalencias estimadas en el frigorífico para el análisis A (9,26% IC 95%: 7,08-12,02; $P < 0,001$) y para el análisis B (7,70% IC 95%: 6,3-9,40; $P < 0,001$) (Figura 3 (a)). En cuanto a los mercados de venta al por menor, para el análisis A la prevalencia estimada fue menor a la detectada en la granja (4,09% IC 95%: 2,82- 5,88; $P < 0,001$); sin embargo, esta no mostró diferencias con respecto a la prevalencia estimada en el frigorífico (2,55% IC 95%: 1,66- 3,89). En contraste, en el análisis B el mercado de venta al por menor mostró la mayor

Figura 3
Prevalencias estimadas de *E. coli* resistente a COL y de genes *mcr-1* según el lugar de muestreo analizado. Análisis de subgrupos según el “lugar de muestreo” para el análisis A y B (a) y para el análisis C (b).



Las barras horizontales se extienden hasta el promedio de la estimación de la prevalencia. Las líneas horizontales indican los intervalos de confianza.

prevalencia estimada de *E. coli* resistente a COL (9,48 IC 95%: 7,19- 12,41); sin embargo, esta no difirió con respecto a la prevalencia estimada en la granja (7,70% IC 95%: 6,30-9,40). Además, en este análisis el frigorífico demostró la menor estimación de prevalencia de *E. coli* resistente a COL (2,11% IC 95%: 1,54-2,90; $P < 0,001$) (Figura 3 (a)).

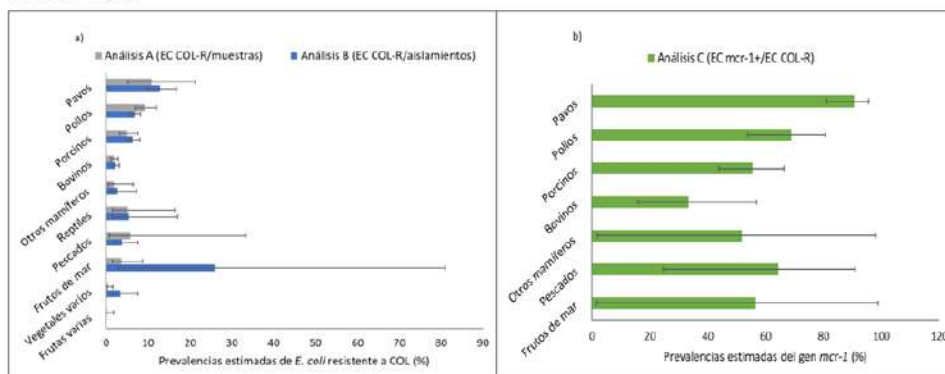
Por otro lado, la prevalencia estimada del gen *mcr-1* entre los aislamientos de *E. coli* resistentes a COL en el mercado de venta al por menor, fue superior a la estimada en la granja (77,41% IC 95% 66,17- 85,72; 52,58% IC 95%: 40,86- 64,02; respectivamente; $P = 0,0236$). Sin embargo, la prevalencia estimada en el frigorífico no fue diferente en comparación con las prevalencias estimadas en el resto de los sitios, según el análisis C (68,85%; IC 95%: 55,34- 79,78) (Figura 3 (b)). Estos resultados, si bien presentan variaciones,

sugieren la potencial transmisión de *E. coli* resistente a COL y de sus determinantes genéticos «del campo a la mesa».

Las prevalencias de resistencia a COL y del gen *mcr-1* estimadas en el mercado son relevantes, debido al riesgo que esto implica para el consumidor. Este hecho puede guardar estrecha relación con las prácticas de higiene y manipulación aplicadas en el frigorífico (Angulo, Nargund y Chiller, 2004; Rostagno, 2009; Verraes et al.; 2013).

Las *E. coli* resistentes presentes en intestino animal pueden contaminar otros alimentos en la granja (mediante, por ejemplo, el uso de las heces como abono) y/o las canales durante el sacrificio, procesamiento y/o transporte, alcanzando de esta manera los últimos eslabones de la cadena agroalimentaria. Bajo prácticas deficientes de manipulación, la contaminación cruzada de *E. coli* resistente

Figura 4
Prevalencias estimadas de *E. coli* resistente a COL y de genes *mcr-1* según la especie/producto analizado. Análisis de subgrupos según la “especie/producto analizado” para el análisis A y B (a) y para el análisis C (b).



Las barras horizontales se extienden hasta el promedio de la estimación de la prevalencia. Las líneas horizontales indican los intervalos de confianza.

a COL puede hacerse extensiva a otros productos alimenticios en la góndola. Si estas prácticas deficientes de higiene y manipulación de los alimentos continua en la cocina del consumidor, se posibilita la transmisión de estas bacterias RAM hacia los seres humanos, luego del consumo de alimentos contaminados (Angulo et al., 2004; Verraes et al., 2013). Por lo expuesto, se recalca la necesidad de evaluar y optimizar las correctas prácticas de higiene y manipulación de los alimentos en los puntos críticos de la cadena agroalimentaria.

Prevalencias estimadas según las especies animales y productos de origen vegetal analizados (especies/ productos)

Se evaluaron muestras y aislamientos de *E. coli* de especies animales y productos vegetales destinados al consumo humano. Es de destacar que la presencia de aislamientos de *E. coli* resistente a COL y del gen *mcr-1* se encontró en una gran variedad de reservorios, principalmente de origen animal. En este sentido, pavos, pollos y porcinos mostraron las mayores prevalencias de *E. coli* resistente a COL, independientemente del análisis realizado (*Análisis A*: 10,81% IC 95%: 5,15- 21,31; 9,11% IC 95%: 6,86- 12,01; 5,06% IC 95%: 3,32- 7,65, respectivamente; *Análisis B*: 12,88% IC 95%: 9,73- 16,86; 6,73% IC 95%: 5,50- 8,21; 6,28% IC 95%: 4,87- 8,06;

respectivamente). En contraste, las prevalencias estimadas en bovinos resultaron menores (*Análisis A*: 1,82% IC 95%: 1,14- 2,90; *Análisis B*: 2,08% IC 95%: 1,36- 3,15; $P < 0,001$) (Figura 4 (a)). Además, las prevalencias estimadas del gen *mcr-1* fueron elevadas en los aislamientos de *E. coli* fenotípicamente resistentes a COL provenientes de estas últimas especies, incluso en bovinos, donde la prevalencia estimada (33,59% IC 95%: 16,21- 56,94) no demostró diferencias estadísticamente significativas en relación con las estimadas en aves de corral (Pavos: 90,77% IC 95%: 81,18- 95,73; Pollos: 68,96% IC 95%: 53,86- 80,87) y en porcinos (55,48% IC 95%: 44,01- 66,39) (Figura 4 (b)). Estos hallazgos son altamente consistentes con el sistema intensivo de producción animal observado alrededor del mundo, principalmente en aves de corral y en porcinos donde el 49,01% y el 47,41%, respectivamente, del uso total de sulfato de colistina producido, sigue utilizándose con distintos fines (QYResearch Medical Research Center, 2019; Shen et al., 2020; Wang et al., 2020). Por su parte, en bovinos la COL es utilizada en menor medida y en China nunca ha sido aprobado su uso en ganado (Wang et al., 2020; Shen et al., 2020), lo que probablemente explique las menores prevalencias de

resistencias en esta especie. Estos hallazgos posicionan a las aves de corral (pavos y pollos) y en menor medida a los porcinos, como los principales reservorios de *E. coli* resistente a COL y fuentes de diseminación de elementos genéticos móviles (genes *mcr-1*) a través de la cadena agroalimentaria. Este escenario resulta preocupante considerando el elevado consumo a nivel mundial, particularmente en países de ingresos bajos, de productos alimenticios derivados de estas especies (especialmente carnes, menudencias y huevos) (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura [FAO], 2020).

Otros mamíferos de consumo humano (como ovejas, ciervos, cabras, conejos, entre otros), pescados, frutos de mar y reptiles mostraron estimaciones de prevalencias de *E. coli* resistentes a COL variables (Análisis A: 1,83% IC 95%: 0,51- 6,39; 5,75% IC 95%: 0,73- 33,44; 3,59% IC 95%: 1,44- 8,64; 5,16% IC 95%: 1,49- 16,32, respectivamente; Análisis B: 2,74% IC 95%: 1,01- 7,26; 3,78% IC 95%: 1,85- 7,56; 25,87% IC 95%: 2,80- 80,89; 5,43% IC 95%: 1,56- 17,15, respectivamente). No obstante, éstas no difirieron en comparación con las prevalencias estimadas en el resto de las especies animales (Figura 4 (a)). Además, las prevalencias del gen *mcr-1* resultaron

elevadas en pescados (64,57% IC 95%: 24,52- 91,09), frutos de mar (56,71% IC 95%: 1,93- 98,87) y en otros mamíferos de consumo (51,88% IC 95%: 2,10- 98,19), no difiriendo con respecto a las prevalencias detectadas en el resto de las especies evaluadas. Para reptiles no fue posible estimar las prevalencias del gen *mcr-1*, a causa del bajo número de reportes que incluyeron su determinación. Estos hallazgos permiten vislumbrar la amplia diversidad de animales de consumo y de alimentos, incluso lo más atípicos y subestimados, que pueden funcionar como reservorios de bacterias resistentes a COL y de genes *mcr-1*, sugiriendo además que aislamientos de *E. coli* resistentes no guardan relación exclusiva con animales de sangre caliente específicos, sino que también presentan la capacidad para adaptarse a huéspedes de sangre fría. No obstante, los mismos deben ser interpretados con cautela debido al reducido número de estudios identificados para su inclusión, lo que afecta a la representatividad de los datos aportados. Los productos de origen vegetal, como frutas varias y vegetales varios, mostraron diferentes prevalencias de *E. coli* resistente a COL, según el análisis realizado. Las prevalencias estimadas en estos productos fueron menores que las estimadas para pollos y porcinos para el análisis A

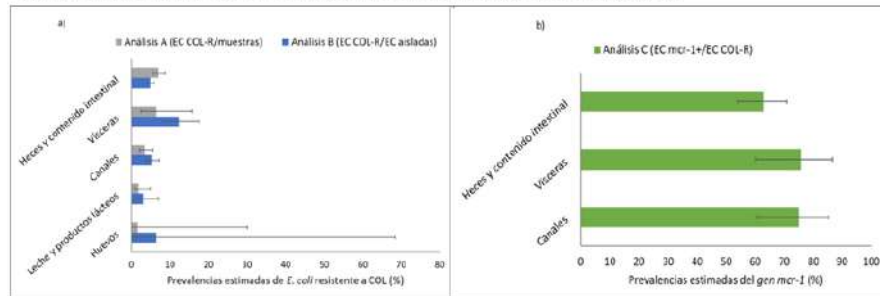
(Vegetales varios: 0,46% IC 95%: 0,13-1,58; Frutas varias: 0,24% IC 95%: 0,03-1,68; $P < 0,001$). Sin embargo, no mostraron diferencias con respecto a las prevalencias estimadas en el resto de las especies (Figura 4 (a)). En contraste, para el análisis B, la prevalencia estimada en vegetales (3,40% IC 95%: 1,48-7,64) solo fue menor que la detectada en pavos ($P < 0,001$), mientras que no resultó diferente en relación a las prevalencias estimadas en otras especies (Figura 4 (a)). Para frutas, no fue posible obtener suficiente información para estimar la prevalencia de *E. coli* resistente a COL en el análisis B. Finalmente, para los productos de origen vegetal, no fue posible obtener suficientes datos para estimar la prevalencia del gen *mcr-1*, lo que se constituye como una limitación en el presente estudio. En este contexto, resulta importante contar con evidencia integrada sobre la epidemiología de la resistencia a COL en productos de origen vegetal, a través de la cadena agroalimentaria. Frutas y hortalizas podrían estar representando un riesgo potencial para los consumidores, especialmente si se considera su recomendado consumo diario y en crudo o bajo el mínimo procesamiento (por lo cual las bacterias resistentes no mueren) (FAO/OMS, 2003).

Prevalencias estimadas según el tipo de muestra analizada

Debido a que la mayoría de los informes analizaron especies de origen animal, las matrices muestreadas en mayor medida y analizadas en este estudio, fueron las derivadas de éstas. En general, los informes analizaron muestras extraídas de heces y contenido intestinal tomadas de animales vivos en la granja o sacrificados en el frigorífico y de canales (o carnes) tomadas en el frigorífico o en la góndola. Un número menor de informes analizaron muestras de vísceras, leche y productos lácteos y huevos.

Para este subgrupo, los resultados obtenidos fueron diferentes según el análisis de prevalencia realizado. Las muestras de heces y contenido intestinal demostraron una prevalencia superior a la prevalencia estimada en muestras de canales y de leche y productos lácteos, para el análisis A (6,99% IC 95%: 5,49-8,87; 3,40% IC 95%: 2,13-5,39; 1,93% IC 95%: 0,74-4,95; $P < 0,001$), mientras que no difirieron de las prevalencias estimadas en muestras de vísceras (6,51% IC 95%: 2,51-15,83) (Figura 5 (a)). En este sentido, las prevalencias elevadas en heces y contenido intestinal podrían asociarse a la contaminación ambiental y consecuentemente al aumento de *E. coli* resistentes y genes *mcr-1* en otras

Figura 5
*Prevalencias estimadas de *E. coli* resistente a COL y de genes *mcr-1* según el tipo de muestra analizada. Análisis de subgrupos según el “tipo de muestra analizada” para el análisis A y B (a) y para el análisis C (b). Las barras horizontales se extienden hasta el promedio de la estimación de la prevalencia. Las líneas horizontales indican los intervalos de confianza.*



especies animales y productos alimenticios como frutas y vegetales, especies acuáticas, animales salvajes de consumo humano, entre otros (Shen et al., 2018; Velhner et al., 2010). En contraste, para el análisis B, la estimación en la prevalencia de *E. coli* resistente a COL en muestras de vísceras (12,30% IC 95%: 8,39-17,68) fue más alta que las prevalencias estimadas en muestras de heces y contenido intestinal, de canales, y de leche y productos lácteos (las cuales mostraron estimaciones de prevalencias similares: 4,96% IC 95%: 4,14-5,94; 5,26% IC 95%: 3,82-7,21; 2,96% IC 95%: 1,23-6,98, respectivamente; $P < 0,001$) (Figura 5 (a)). Estos resultados son consistentes con los detectados en el subanálisis según «lugar de muestreo» permitiendo reforzar la hipótesis sobre la transmisión de estas enterobacterias a través de la cadena agroalimentaria. En este orden de ideas, las prevalencias más altas estimadas para heces y contenido intestinal en el análisis A coinciden con las

prevalencias más altas detectadas en la granja en el mismo análisis. Por otro lado, para el análisis B, las prevalencias similares detectadas en heces y contenido intestinal y muestras de canales concuerdan con las prevalencias similares estimadas en las granjas y los mercados al por menor en el análisis B.

Las prevalencias estimadas en las muestras de huevos no mostraron diferencias con las estimadas en el resto de las muestras analizadas (*Análisis A*: 1,67% IC 95%: 0,07-30,09; *Análisis B*: 6,47% IC 95%: 0,22-68,34) (Figura 5 (a)). Sin embargo, estas estimaciones deben ser interpretadas con cautela, debido al menor número de informes que evaluaron estético de matriz alimentaria.

Para el análisis C, la prevalencia del gen *mcr-1* entre los aislamientos de *E. coli* resistentes a COL solo pudo ser estimada en muestras de heces y contenido intestinal, de canales y de vísceras. Aunque la estimación de la prevalencia en

heces y contenido intestinal fue las más baja (62,85% IC 95%: 53,84-71,04), esta no difirió de las prevalencias estimadas en muestras de canales y de vísceras (75,05% IC 95%: 60,74-85,40; 75,75% IC 95%: 60,02-86,66), manteniéndose elevadas en todos los casos (Figura 5 (b)).

Estos hallazgos sugieren que, como se mencionó anteriormente, estas enterobacterias resistentes a COL y sus determinantes genéticos, que se encuentran en los intestinos de los animales destinados al consumo humano, pueden encontrarse luego en los productos alimenticios (por contaminación cruzada de las canales en el frigorífico) y posteriormente, pasar a formar parte de la microbiota intestinal de los consumidores, implicando un riesgo tanto directo como indirecto para la salud pública (European Food Safety Authority [EFSA], 2008; Angulo, 2004; Rostagno, 2009). En general, las carnes y las vísceras son procesadas por el consumidor final previo a su consumo, principalmente mediante el tratamiento térmico de las mismas (por cocción). Debido a que estas enterobacterias a elevadas temperaturas mueren y a que los genes de resistencia a COL liberados no pueden ser transferidos por conjugación a otras bacterias, las buenas prácticas de higiene y manipulación aplicadas por el consumidor en el hogar

juegan, nuevamente, un rol fundamental para evitar la diseminación de bacterias resistentes, así como para prevenir enfermedades potencialmente difíciles de tratar.

Conclusiones

El presente trabajo demuestra que la presencia de *E. coli* resistente a COL en animales y matrices alimentarias de consumo humano no respeta fronteras geográficas, temporales ni ecológicas, siendo los factores antropogénicos los principales condicionantes de este escenario. Se estimó una mayor prevalencia de *E. coli* resistente a COL en diferentes alimentos y animales destinados a la producción de alimentos. Fuentes alimentarias de origen animal, de consumo masivo a nivel mundial, como aves y porcinos pueden estar actuando como reservorios principales de *E. coli* resistentes a COL, y fuentes de propagación de genes plasmídicos. No obstante, estudios futuros deben profundizar en mayor medida sobre la epidemiología de estas bacterias RAM en otras matrices alimentarias, especialmente en aquellas consumidas bajo el mínimo procesamiento, como frutas y vegetales, afin de determinar el riesgo representado por estos alimentos para el consumidor final. Además, los animales productores de alimentos en la granja y los



alimentos presentes en el mercado demostraron la mayor prevalencia de *E. coli* resistente a COL, principalmente mediada por el gen *mcr-1*, lo que sugiere la potencial diseminación de bacterias RAM a través de la cadena agroalimentaria. Esto evidencia el importante rol que juegan los diversos actores implicados en la producción, higiene y manipulación de alimentos «del campo a la mesa» en la prevención de la propagación de estas enterobacterias resistentes. Finalmente, y en todos los casos, se recomienda a los lectores interpretar estos resultados teniendo en cuenta las fuentes de heterogeneidad, así como también las limitaciones mencionadas en el presente estudio.

Se espera que la presentación de estos hallazgos sirva como base para la aplicación de medidas de gestión de riesgos basadas en evidencia, desde el enfoque de «Una Salud». En este sentido, los sistemas intensivos de producción animal, la aplicación de buenas prácticas de manufactura durante el procesamiento post-primario (en mataderos y plantas procesadoras de alimentos), y el correcto manejo e higiene por parte de los consumidores finales son puntos críticos a revisar para garantizar los altos estándares de seguridad alimentaria y con ello la salud de la población, evitando costos mayores

en el futuro.

Bibliografía

- AbuOun, M., Stubberfield, E.J., Duggett, N.A., Kirchner, M., Dormer, L., Nunez-Garcia, J.,...Anjum, M.F. (2017). *mcr-1* and *mcr-2* variant genes identified in *Moraxella* species isolated from pigs in Great Britain from 2014 to 2015. *J. Antimicrob. Chemother.*, 72(10), 2745-2749. doi:10.1093/jac/dkx286.
- Anadón, A. (2007). Antibióticos de uso veterinario y su relación con la seguridad alimentaria y salud pública [Discurso de ingreso]. Acto de toma de posesión como académico, Real Academia de Ciencias Veterinarias, Madrid. Recuperado de <http://racve.es/files/2013/03/2007-02-10-Discurso-ingreso-D.-Arturo-Ram%C3%B3n-Anad%C3%B3n-Navarro.pdf>
- Andersson, D.I., y Hughes, D. (2010) Antibiotic resistance and its cost: is it possible to reverse resistance?. *Nat. Rev. Microbiol.*, 8(4),260-71. doi: 10.1038/nrmicro2319.
- Angulo, F.J., Nargund, V.N. y Chiller, T.C. (2004). Evidence of an association between use of anti-microbial agents in food animals and anti-microbial resistance among bacteria isolated from humans and the human health consequences of such resistance. *J. Vet. Med. B Infect. Dis. Vet. Public Health*, 51, 374–379. doi:10.1111/j.1439-0450.2004.00789.x
- Begg, C.B. y Mazumdar, M. (1994). Operating Characteristics of a Rank Correlation Test for Publication Bias. *Biometrics*, 50, 1088-1101. doi.org/10.2307/2533446
- Boonyasiri, A., Tangkosul, T., Seenama, C., Saiyarin, J., Tiengrim, S. y Thamlikitkul, V. (2014). Prevalence of antibiotic resistant bacteria in healthy adults, foods, food animals, and the environment in selected areas in Thailand. *Pathog. Glob. Health.*, 108(5), 235–245.



- Borowiak, M., Fischer, J., Hammerl, JA., Hendriksen, RS., Szabo, I. y Malorny, B. (2017). Identification of a novel transposon-associated phosphoethanolamine transferase gene, *mcr-5*, conferring colistin resistance in d-tartrate fermenting *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Paratyphi B*. *J. Antimicrob. Chemother.*, 72(12), 3317- 3324. doi: 10.1093/jac/dkx327.
- Carattoli, A., Villa, L., Feudi, C., Curcio, L., Orsini, S., Luppi, A.,... Magistrali, CF. (2016). Novel plasmid-mediated colistin resistance *mcr-4* gene in *Salmonella* and *Escherichia coli*, Italy 2013, Spain and Belgium, 2015 to 2016. *Euro Surveill.*, 22(31), 30589. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2017.22.31.30589
- Carroll, LM., Gaballa, A., Guldemann, C., Sullivan, G., Henderson, LO. y Wiedmann, M. (2019). Identification of Novel Mobilized Colistin Resistance Gene *mcr-9* in a MultidrugResistant, Colistin-Susceptible *Salmonella enterica* Serotype Typhimurium Isolate. *mBio.*, 10(3), 00853-19. doi: 10.1128/mBio.00853-19
- Castellanos, I. (2018). *Estudio fenotípico y genotípico de la resistencia a antibióticos en aislados de Escherichia coli de muestras ambientales de granjas porcinas* (Trabajo final de grado) Universidad de La Rioja, Logroño, España.
- Comprehensive meta-analysis (2.2), (2011). <https://www.metaanalysis.com/page/s/v2download.php?Cart=>. EE.UU y Reino Unido: Biostat Inc.
- Duval, S. y Tweedie, R. (2000). Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics*, 56(2), 455-463.
- Eagar, H., Swan, G. y van Vuuren, M. (2012). A survey of antimicrobial usage in animals in South Africa with specific reference to food animals. *J. S. Afr. Vet.*, 83(1), 16. doi:10.4102/jsava.v83i1.16
- Egger, M., Smith, GD., y Schneider, MC. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Br. Med. J.*, 315,629-634.
- European Food Safety Authority. (2008). Foodborne antimicrobial resistance as a biological hazard - scientific opinion of the panel on biological hazards. *EFSA J.* 6, 765–787. doi: 10.2903/j.efsa.2008.765
- Founou, LL., Founou, RC. y Essack, SY. (2016). Antibiotic Resistance in the Food Chain: A Developing Country-Perspective. *Front. Microbiol.*, 7,1881. doi: 10.3389/fmicb.2016.01881. PMID: 27933044; PMCID: PMC5120092
- Higgins, JPT. y Thompson, SG., (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Stat. Med.*, 21, 1539-1558.
- Higuera Gutierrez, LP. y Jiménez Quiceno, JN. (2017). Brotes hospitalarios de bacterias resistentes a colistina: revisión sistemática de la literatura. *Infectio*, 21(4),214-222. doi.org/10.22354/in.v21i4.684
- Holmes, AH., Moore, LSP., Sundsfjord, A., Steinbakk, M., Regmi, S., Karkey, A.,...Pidock, LJV. (2016). Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance. *Lancet*, 387 (10014), 9-15.
- Liu, YY., Wang, Y., Walsh, TR., Yi, L., Zhang, R., Spencer, J.,... Shen, J. (2016). Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China: a microbiological and molecular biological study. *Lancet Infect. Dis.* 16,161-168
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *Animal Production and Health Division: Meat & Meat Products*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/cb2423en/CB2423EN.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura/ Organización Mundial de la Salud. (2003). *Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/ac911s/ac911s.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2018).



- Critically Important Antimicrobials for Human Medicine: 6th revision. Recuperado de: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241515528>.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Resistencia a los antibióticos*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antibi%C3%B3ticos>
- PISA Agropecuaria. (2018). *Sulfato de colistina: sus aplicaciones en avicultura*. Recuperado de: <https://bmeditores.mx/top/sulfato-de-colistina-sus-aplicaciones-en-avicultura-1735/#:~:text=En%20aves%20de%20corral%20el,2010%3B%20Bozorgmehri%2C%202004>).
- QYResearch Medical Research Centre. (2019) *Global colistin sulphate market research report 2019*. Recuperado de <http://www.qyresearch.com>
- Rostagno, MH. (2009). Can stress in farm animals increase food safety risk?. *Foodborne Pathog. Dis.*, 6(7), 767–776. doi.org/10.1089/fpd.2009.0315
- Schwarzer, G., Carpenter, JR. y Rucker, G. (2015). *Meta-Analysis with R*. Ed. Por Gentleman, R., Hornik, K. y Parmigiani, G. Springer. doi.org/10.1007/978-3-319-21416-0 5
- Shen, Y., Zhou, H., Xu, J., Wang, Y., Zhang, Q., Walsh, TR., ...Wang, Y. (2018). Anthropogenic and environmental factors associated with high incidence of *mcr-1* carriage in humans across China. *Nat. Microbiol.*, 3, 1054-1062. doi.org/10.1038/s41564-018-0205-8
- Velhner, M., Petrović, J., Stojanov, I., Ratajac y R., Stojanović, D. (2010). Mechanisms transmission of resistance to bacteria. *Arch. Vet. Med.*, 3(1), 85-92. doi.org/10.46784/e-avm.v3i1.195
- Verraes, C., Van Boxtael, S., Van Meervenue, E., Van Coillie, E., Butaye, P., Catry, B.,...Herman, L. (2013). Antimicrobial resistance in the food chain: a review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10(7),2643-69. doi: 10.3390/ijerph10072643.
- Wang, X., Wang, Y., Zhou, Y., Li, J., Yin, W., Wang, S.,...Wang, Y. (2018). Emergence of a novel mobile colistin resistance gene, *mcr-8*, in NDM-producing *Klebsiella pneumoniae*. *Emerg. Microbes. Infect.*, 7(1),122. doi: 10.1038/s41426-018-0124-z
- Wang, Y., Xu, X., Zhang, R., Chen, Y., Shen, Y., Hu, F.,...Shen, J. (2020). Changes in colistin resistance and *mcr-1* abundance in *Escherichia coli* of animal and human origins following the ban of colistin-positive additives in China: an epidemiological comparative study. *Lancet Infect. Dis.*, 20(10), 1161-1171. doi: 10.1016 / S1473-3099 (20) 30149-3.
- Xavier, BB., Lammens, C., Ruhel, R., Kumar-Singh, S., Butaye, P., Goossens, H. y Malhotra-Kumar, S. (2016). Identification of a novel plasmid-mediated colistin resistance gene, *mcr-2*, in *Escherichia coli*, Belgium, June 2016. *EuroSurveill.*, 21(27). doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.27.30280
- Yang, YQ., Li, YX., Lei, CW., Zhang, AY. y Wang, HN. (2018). Novel plasmid-mediated colistin resistance gene *mcr-7.1* in *Klebsiella pneumoniae*. *J. Antimicrob. Chemother.*,73(7), 1791-1795. doi: 10.1093/jac/dky111.
- Yepes Nuñez, JJ., Urrútia, G., Romero García, M., Alonso Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev. Esp. Cardiol.*, 74(9), 790-799. doi: 10.1016/j.recesp.2021.06.016
- Yin, W., Li, H., Shen, Y., Liu, Z., Wang, S., Shen, Z.,...Wang, Y. (2017). Novel Plasmid-Mediated Colistin Resistance Gene *mcr-3* in *Escherichia coli*. *MBio*, 8(3), e00543-17. doi: 10.1128/mBio.00543-17.

Prevalencia de hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnació,
departamento de Itapúa, año 2021



D.37. Salud animal

Prevalencia de hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021

Autor: Maluff Ladan, Yasmine; yasmine@biosyntech.com.py

Tutora: Arzamendia Vanni, Carol.

Cotutora: Torales Alvarenga, Lici.

Universidad Nacional de Asunción (UNA)

Resumen

La Hepatozoonosis es una enfermedad hemoparasitaria transmitida por la ingestión de garrapatas. Los protozoarios causantes de hepatozoonosis canina se encuentran de forma intraleucocitaria y son el *Hepatozoon americanum* y *Hepatozoon canis*. En el 2016 se reportaron los primeros casos de hepatozoonosis en Paraguay, uno de ellos en la Ciudad de Encarnación. Este estudio fue realizado con el objetivo de determinar la prevalencia de hepatozoonosis en caninos, para la investigación se obtuvieron 66 muestras de sangre con anticoagulante, tomadas de caninos con presencia de garrapatas o historial de haberlas tenido, sin distinción de sexo, raza ni edad. En un laboratorio privado se realizaron 4 frotis de cada muestra, siendo dos de sangre entera y dos de capa leucocitaria teñidos con tinción Giemsa y posteriormente observados a 100x en búsqueda de gametocitos de *Hepatozoon* spp. El estudio reveló una prevalencia de 0% en los 66 individuos muestreados, este resultado puede deberse a que se pudieron obtener muestras de tan solo 11 de los 43 barrios de la ciudad de Encarnación, disminuyendo las probabilidades de hallar del hemoparásito, además, esta enfermedad se considera estacional y el muestreo se llevó a cabo entre otoño e invierno, épocas con menor cantidad de garrapatas. Por último también puede atribuirse al uso de técnicas como frotis sanguíneo y de capa leucocitaria, si bien las técnicas moleculares son más sensibles, el frotis de capa leucocitaria resulta ser la mejor opción cuando éstas no están disponibles.

Palabras clave: Caninos, enfermedades parasitarias, garrapatas.



Introducción

La Hepatozoonosis canina es una enfermedad parasitaria sistémica enlazada a otras enfermedades que son transmitidas por vectores como: babesiosis, ehrlichiosis y anaplasmosis y a estados inmunodeprimidos, que han logrado una gran importancia en los últimos años en todo el mundo (Vera, 2018).

El agente etiológico es un protozoo perteneciente a la clase *Conoidasida*, orden *Adeleorina*, Familia *Hepatozoidae*, género *Hepatozoon* (Taylor et al., 2017). Se citan más de 300 especies de *Hepatozoon* que parasitan a anfibios, reptiles, aves y mamíferos. El *Hepatozoon spp* que parasita a anfibios, reptiles y aves se localiza en los eritrocitos, mientras que la especie que afecta a mamíferos se encuentra en los leucocitos. En los caninos se han identificado dos especies como causantes de la hepatozoonosis canina, estos son el *Hepatozoon americanum*, que se ha reportado en los Estados Unidos y es transmitido por la ingestión de la garrapata *Amblyomma maculatum*, y el *Hepatozoon canis*, aislada en África, Asia, sur de Europa y algunos países sudamericanos transmitido por la ingestión de la garrapata *Rhipicephalus sanguineus*. (Ruíz et al., 2013).

Este parásito se ha detectado en distintas especies de caninos y felinos Este parásito se ha detectado en distintas especies de caninos y felinos (domésticos y salvajes) en todo el mundo, en regiones tropicales, subtropicales, y templadas. Se puede presentar más en zonas urbanas y rurales, especialmente en épocas cálidas y en relación con la mayor presencia del vector. Los casos que se detectan en épocas más

frías se deben en general a formas crónicas de la enfermedad. (Vera, 2018)

Esta enfermedad presenta con síntomas variables como fiebre, emaciación, letargia, anorexia, dolor muscular, anemia y linfadenopatias (Tintel, 2016). La mayoría de los cánidos afectados tienen una infección subclínica, aquellos que desarrollan signología generalmente son jóvenes, menores de 4 meses, inmunodeficientes o con enfermedades concurrentes. (Ruiz et al., 2013). No obstante, aunque *Hepatozoon canis* aparenta ser inofensivo, de igual manera causa una infección que afecta múltiples tejidos. Entre estos se encuentra el tejido linfoideo, la médula ósea, neutrófilos y monocitos; lo cual cobra víctimas al demandar nutrientes e infringir daño considerable (Pardo, 2016).

Ruiz et al. (2013) realizaron un trabajo con el objetivo de comunicar la presencia de *Hepatozoon canis* en caninos que residen en la zona de influencia de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral, cita en Esperanza (Santa Fe), debido a que no ha sido reportado con anterioridad, se muestrearon 490 animales de los cuales 9 (7 machos y 2 hembras) resultaron positivas a *Hepatozoon canis*. Todos eran mestizos y con una edad comprendida entre 2 y 6 meses.

Pardo (2016) realizó una investigación con el objetivo de detectar la presencia de *Hepatozoon canis* y evaluar factores de riesgo en caninos domésticos de la zona urbana de la ciudad de Esperanza, Santa Fé (Argentina), evaluó un total de 48 muestras sanguíneas, de las cuales 8 fueron positivas a *Hepatozoon canis*; diagnosticadas en su totalidad por medio



de la técnica de evaluación microscópica de extendido de capa flogística obtenida por leucoconcentración que demostró ser más eficiente, por el contrario, en solo 3 muestras se observaron gamontes del hemoparásito por medio de la técnica de frotis rutinario de sangre entera.

El clima subtropical de Paraguay es propicio para la proliferación de vectores como las garrapatas que son responsables de la transmisión de muchas enfermedades, como la hepatozoonosis canina.

Durante el transcurso de un año, se diagnosticaron 5 casos de hepatozoonosis en caninos de edades de 45 días a 24 meses, por medio de frotis de sangre periférica y médula ósea teñidos con Giemsa. Tres de los pacientes provenían de la Ciudad de Asunción, uno de la Ciudad de Encarnación al sur del país en la frontera con Argentina y el último de la Ciudad de Guarambaré (a 32 km de la Ciudad de Asunción). Estos son los primeros hallazgos de *Hepatozoon spp.* en el país. Todos los pacientes fueron tratados y respondieron favorablemente al tratamiento. La identificación de este protozoario es muy importante ya que pasa a formar parte de la lista de enfermedades transmitidas por vectores emergentes en el Paraguay como la ehrlichiosis y debe ser tenida en cuenta por los veterinarios. (Tintel, 2016).

La hipótesis de investigación fue: La prevalencia de Hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021, es menor al 21,05 % (García et al., 2017).

Objetivos

El objetivo general de la investigación fue: Determinar la prevalencia de Hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021. Los objetivos específicos fueron: Identificar la presencia de *Hepatozoon spp* en los individuos muestreados; determinar el porcentaje de animales positivos por barrio; caracterizar la población positiva según sexo, edad y raza.

Materiales y métodos

Para la elaboración del presente trabajo se solicitó permiso correspondiente a los propietarios. Una vez obtenido el permiso, el investigador, vistiendo indumentaria de bioseguridad (guantes, guardapolvo, tapabocas), realizó la evaluación del paciente y registro de datos en una ficha clínica individual, para luego proceder a la tricotomía y antisepsia de la región craneal del antebrazo con algodón embebido en alcohol. Seguidamente se realizó la venopunción de la vena cefálica y se extrajo 1 ml de sangre circulante con jeringa de 3 ml y aguja calibre 21, esta fue depositada en un tubo con anticoagulante EDTA.

Los tubos fueron identificados y refrigerados para su transporte al laboratorio privado, ubicado en la ciudad de San Juan del Paraná, Itapúa.

Se realizó en total cuatro frotis por cada muestra; dos extendidos de sangre entera, se rotularon y se colorearon con tinción Giemsa y dos extendidos a partir de la capa

leucocitaria tomada de los capilares de microhematocrito, centrifugados por cinco minutos a 4.000 revoluciones por minuto, se colorearon con tinción Giemsa.

Esto se realizó con el fin de concentrar los glóbulos blancos para aumentar la eficacia del método y facilitar la búsqueda de gametocitos.

Los extendidos se observaron al microscopio con aumento de 1000. La parasitemia se determinó mediante el conteo de leucocitos parasitados sobre 500 leucocitos totales, calculando el valor de parasitemia absoluta (gamontes/ μ L) multiplicando el número de neutrófilos parasitados por el número total de neutrófilos/ μ L de sangre; la parasitemia se clasifica como: baja (100 gamontes/ μ l), moderada (100-800 gamontes/ μ l) y elevada (>800 gamontes/ μ l). (Palomeque, 2019).

Resultados y discusión

En la ciudad de Encarnación, Itapúa, fue llevado a cabo el trabajo de investigación con el objetivo de determinar la prevalencia de hepatozoonosis en caninos, se evaluaron 66 muestras de sangre, 4 frotis de cada muestra. Del total de animales muestreados por barrio no se obtuvieron muestras positivas, por lo tanto, la prevalencia es de 0%. Fueron muestreados caninos provenientes de 11 barrios de la

ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa.

Barrio	Cantidad de animales muestreados	Porcentaje muestreado	Positivos
B° San Pedro	12	18,18%	0%
B° Kennedy	1	1,51%	0%
B° Ka aguy Rory	9	13,63%	0%
B° Quiteria	6	9,09%	0%
B° Inmaculada Concepción	2	3,03%	0%
B° La Paz	1	1,51%	0%
B° Santo Domingo	24	36,36%	0%
B° Las Delicias	6	9,09%	0%
B° San Antonio	2	3,03%	0%
B° Mbói Ka'e	2	3,03%	0%
B° Itá Paso	1	1,51%	0%
Total	66	100%	0%

Tabla N° 1. Caninos muestreados por barrio en la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021.

Pérez & Petteta (2012), consideran al Hepatozoon canis, menos patógeno, a diferencia de otras especies de Hepatozoon, por lo general requiere la presencia simultánea de otra enfermedad infecciosa, parasitaria o traumática para que se acentúen los signos clínicos. Mientras que Pardo (2016) indica que al estar asociada a estados de inmunosupresión o a otras enfermedades infecciosas, especialmente babesiosis, ehrlichiosis, toxoplasmosis,

hemobartonelosis, criptococosis y enfermedades virales como distemper y parvovirus canina los signos clínicos se hacen más evidentes, pero son menos específicos y causan la muerte del paciente entre las 4 y 8 semanas de iniciada la signología clínica.

Teniendo en cuenta la alta prevalencia de otras patologías en este estudio, es importante tener presente al *Hepatozoon* spp. como un posible agravante en el bienestar de las mascotas, que, si bien la prevalencia es baja o casi nula actualmente, puede volverse una hemoparasitosis cada vez más común como ya lo es en países vecinos. Al tener información nueva sobre el estado de la prevalencia aún tenemos control y capacidad de impedir la propagación a través de la profilaxis.

Se presentaron varios factores que pudieron llevar a la obtención de dichos resultados, tales como que la ciudad de Encarnación cuenta con 43 barrios mientras que para este trabajo de investigación se pudieron obtener tan solo 66 muestras de 11 barrios, disminuyendo así las probabilidades de que se produzca el hallazgo del hemoparásito buscado.

Palomeque (2019), menciona que la enfermedad es estacional, en coincidencia con la época de mayor cantidad de garrapatas que sería entre primavera y

verano, cabe destacar que la toma de muestras se llevó a cabo desde mediados de otoño hasta el inicio del invierno, prolongándose debido a la disminución de casos de animales con presencia de garrapatas en comparación a otras estaciones del año.

Gómez et al., (2015), señalan que la baja prevalencia puede atribuirse al uso de técnicas directas como frotis sanguíneo y de capa leucocitaria, debido a que las células afectadas pueden ser solo de una o dos por cada 1000 leucocitos, haciendo difícil llegar a un diagnóstico en animales con enfermedad crónica.

Otranto et al., (2011), hallaron con el método de frotis de capa leucocitaria una prevalencia de 43,9% pero al aplicar técnicas moleculares como la Reacción en cadena de la polimerasa (PCR) esta prevalencia aumentó a 51,2%.

Si bien la técnica de PCR es la más sensible para detectar *Hepatozoon* spp, el frotis de capa leucocitaria resulta ser la mejor opción cuando las técnicas moleculares no están disponibles.

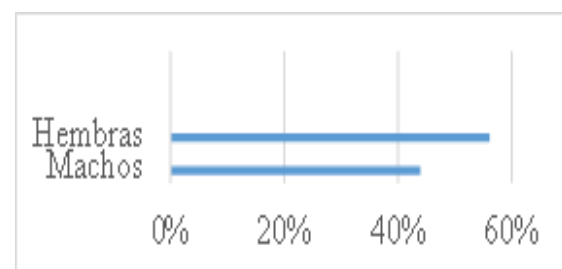


Gráfico N° 1. Caninos evaluados según sexo en la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021.

El gráfico representa la cantidad de animales evaluados según el sexo, siendo 56,06% (37) hembras muestreadas; y 43,93% (29) machos muestreados.

Por otro lado, no se concuerda con Pardo (2016), quien determino del total de caninos muestreados: 12 machos (25%) y 36 hembras (75%), se encontró 8 de ellos positivos a H. canis; lo cual corresponde al 16,7% del total de animales muestreados (48), aparentemente sanos. Con un total de 7 casos positivos, dentro de estos, el 87,5% fue encontrado en hembras, debido a que en la población evaluada predominaron los animales de este sexo y solo en un macho se halló gamontes del protozoo.

En tanto, Eiras (2018), determinó que entre los factores de riesgo de infección por patógenos transmitidos por vectores en perros de Argentina, en caso del H. canis, en cuanto a sexo predominan los animales machos, lo cual coincide con Palomeque (2019) quién afirmó es mayor la predisposición en machos que en hembras.

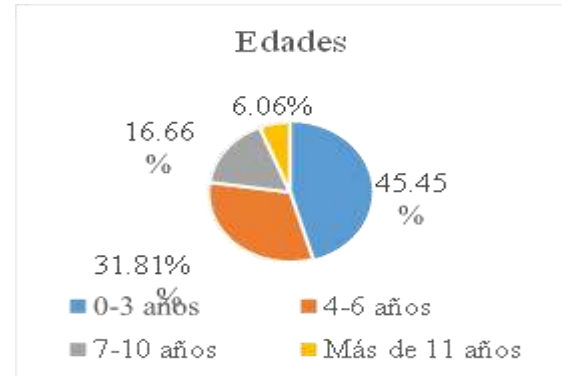


Gráfico N° 2. Caninos muestreados según edad en la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021.

El gráfico representa la proporción de caninos evaluados según rango de edades, siendo 45,45% con edades comprendidas entre 0-3 años; 31,81% en 4-6 años; 16,66% en 7-10 años y 6,06% para animales mayores a 11 años. Mientras que Pardo (2016) encontró que el mayor número de caninos positivos a H. canis, son perros jóvenes de edades entre los 4 a 11 meses (50%) y 1 a 3 años (37,5%). Van (2014) menciona que, la edad de presentación más frecuente de la enfermedad es en perros jóvenes, pero puede presentarse a cualquier edad y casi por igual en hembras que en machos.

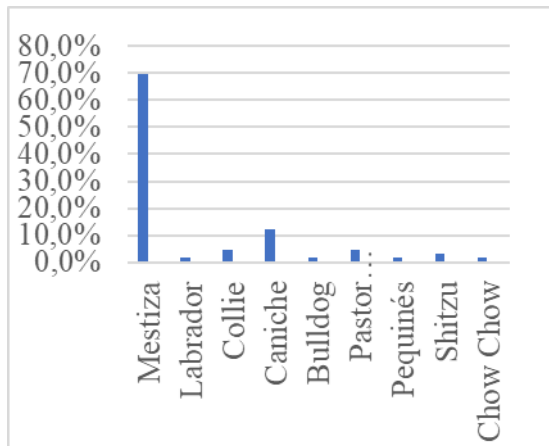


Gráfico N° 3. Caninos evaluados según razas en la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021.

El gráfico representa la proporción de las distintas razas de caninos muestreados, siendo 69,6% de los caninos muestreados de raza mestiza; 1,5% de la raza labrador; 4,5% de la raza collie; 12,1% de la raza caniche; 1,5% de la raza bulldog; 4,5% de la raza pastor alemán; 1,5% de la raza pequinés; 3% de la raza shitzu y 1,5% en la raza chow chow. Pardo (2016) señala que un 75% (36) de los caninos eran de raza mestiza y solo 12 perros fueron de raza pura (25%), dentro de los cuales 3 de ellos eran de raza pitbull, 2 poodle, 1 galgo, 1 pastor alemán, 1 dachshund, 1 doberman, 1 border collie, 1 golden retriever y 1 pekinés. Analizó los factores y determinó como factores predisponentes del hospedador: el sexo, la edad y la raza.

Aunque no fue posible identificar la presencia de Hepatozoon spp. en los animales muestreados, se determinó que

25,75% (17/66) presentaron niveles de hematocrito por debajo de 35%, 11 de estos animales fueron positivos a Leishmaniasis de los cuales 8 tenían el diagnóstico previo a este estudio y 3 fueron diagnosticados durante la investigación por el método inmunocromatográfico. Se observaron mórulas en monocitos morfológicamente compatibles con Ehrlichia spp. en 7,57% (5) muestras, en 3 de estas muestras las mórulas fueron halladas en los frotis de capa leucocitaria y en 2 de las muestras también en frotis de sangre entera. En 4 muestras (6,06%) se observaron mórulas morfológicamente compatibles con Anaplasma platys en plaquetas en los frotis de capa leucocitaria y en frotis de sangre entera. Entre los 66 animales muestreados 9 (13,66%) individuos presentaban otras patologías como parvovirus, distemper, piómetra, fracturas, sarna demodécica y miasis, sumando así un total de 35 (53%) animales con patologías.

Paludo et al., (2003), advierten que, si bien encontraron una prevalencia de 73,33% utilizando el método de frotis de capa leucocitaria, se estima que la presencia de gametocitos en frotis es de alrededor de 1,00%, por lo que la hepatozoonosis puede ser de hecho una hemoparasitosis desatendida.



Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, la prevalencia de Hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnación, Itapúa, año 2021 es del 0%. Se sostiene la hipótesis de investigación planteada: La prevalencia de Hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa es menor al 21,05%.

El objetivo general fue cumplido al determinar la prevalencia de Hepatozoonosis en caninos de la ciudad de Encarnación, departamento de Itapúa, año 2021. Los objetivos específicos: Identificar la presencia de Hepatozoon spp en los individuos muestreados; Determinar el porcentaje de animales positivos por barrio; Caracterizar la población positiva según sexo, edad y raza, Evaluar los resultados obtenidos, no pudieron cumplirse debido a que no fue posible identificar la presencia de Hepatozoon spp en los individuos muestreados.

Sería recomendable continuar con el presente estudio, ampliando el muestreo en cantidad y en distribución geográfica, ya que con este trabajo de investigación fue posible lograr un alcance de tan solo 66 muestras en 11 barrios distintos, no pudiendo incluir en el muestreo el barrio del cual proviene el individuo en el que se halló el segundo caso de Hepatozoonosis en

Encarnación, en el año 2020 por la Med. Vet Nadia Remezovski, siendo el primer hallazgo en el 2016 por la Dra. Esp. María José Tintel, del cual no se obtuvo información acerca del barrio original del animal positivo.

Al tener información nueva sobre la prevalencia actual, aún se puede controlar e impedir la propagación a través de la profilaxis.

Bibliografía

- Angulo, J. M. C., & Rodriguez, L. V. (2005). Diagnóstico situacional de cuatro hemoparásitos en canes menores de un año, en cinco barrios del distrito VI 2 de Managua (Tesis de médico veterinario). Managua: Facultad de Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria.
- Cala Delgado, D. L., Noguera Gaona, A. K., Álvarez Rubio, N. C., & Aguinaga, J. Y. (2018). Primeros casos de infección canina con Hepatozoon canis en la ciudad de Cúcuta, Colombia. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 29(4), 1562-1570.
- Cicuttin, G. L., & De Salvo, M. N. (2017). Detección molecular y análisis filogenético de Hepatozoon canis

- (Eucoccidiorida: Haemogregarinidae) en perros clínicamente sanos de Bahía Blanca (Buenos Aires). *Revista FAVE. Sección Ciencias veterinarias*, 16(1), 46-49.
- Eiras, D. F. (2018). Introducción a los géneros Hepatozoon, Babesia, Rangelia, Leishmania y Dirofilaria en perros. La Pata, Buenos Aires, Argentina. Resumen de Reunión Científico Técnica de la Asociación Argentina de Veterinarios de Laboratorios de Diagnóstico XXII.
- García Alonso, M., Butti, M. J., Gamboa, M. I., Pibouleau, M., & Radman, N. D. (2017). Prevalencia de Hepatozoonosis canina en un barrio ribereño de la provincia de Buenos Aires. *Revista de Enfermedades Infecciosas Emergentes (REIE)*, 12, 17-18.
- Gomez Martinez, E. (2015). Hallazgo de Hepatozoon y otros hemotrópicos en caninos domésticos del municipio Sucre, estado Sucre, Venezuela. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482015000100007
- Guendulain, C., González, G., Babini, S., Caffaratti, M., González, P., Bessone, A., Soler, E., Tissera, M. C. (2017). Evaluación de la eficacia de algunos fármacos para el tratamiento de la hepatozoonosis canina. *Analecta Vet.*
- Lima, P. A., Barçante, J. M. P., Boeloni, J. N., Bezerra, J. P. S., Wouters, F., Wouters, A. T., Varaschin, M. S., Seixas, J. N. (2017). Aspectos anatomopatológicos em cães naturalmente infectados por Hepatozoon canis. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 37(2), 145-149.
- Miranda, R. E., Najarro, R. A., & Navarrete, H. I. (2018). Detección molecular de Anaplasma platys, Babesia spp., Ehrlichia canis y Hepatozoon canis en caninos (Canis lupus familiaris) con sospecha de hemoparásitos en clínicas veterinarias de Santa Tecla y San Salvador, El Salvador (Tesis de licenciado en medicina veterinaria y zootecnia). El Salvador: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
- Municipalidad de Encarnación. (2020). Barrios de Encarnación.

- Recuperado de <https://encarnacion.gov.py/barrios-de-encarnacion/>
- Oliveira, J. C. P., Oliveira, W. S. M., Brito, R. S., Lima, T. A. R. F., Giannelli, A., Carvalho, G. A., Ramos, R. A. N. (2021). Ectoparasites infesting animals living in close contact with human beings: a real trouble for One Health perspective? *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73(1), 55-61.
- Otranto, D., Dantas, F., Weigl, S., Latrofa, M., Stanneck, D., & DeCaprariis, D. (2011). Diagnosis of *Hepatozoon canis* in young dogs by cytology and PCR. *Parasitol. Vec.*, 4, 55.
- Palomeque, S. M. (2019). Hepatozoonosis canina: Hallazgos hematológicos y bioquímicos en perros de la ciudad de Córdoba, Argentina (Trabajo final de especialización en diagnóstico veterinario de laboratorio). Argentina: Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata.
- Paludo, G., DellPorto, A., Castro, R., Manusa, T., & Friedman, H. (2003). *Hepatozoon*: report of some cases in dogs in Brasilia, Brazil. *Vet. Parasitol.*, 118, 243-248.
- Pardo, D. M. (2016). Diagnóstico de *Hepatozoon canis* en caninos domésticos de Esperanza (FCV - UNL) (Santa Fé), Argentina (Proyecto investigativo de médico veterinario). Bogotá, Colombia: Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Pérez Tort, G., & Petetta, L. (2012). Estudio de 50 casos de hepatozoonosis en caninos naturalmente infectados en el Gran Buenos Aires, Argentina. *Rev. Veterinaria Argentina*, 29(293), 1-10.
- Remezovski, N. (Comunicación personal, 21 de abril de 2021).
- Rodríguez, V. R., Ojeda, C. M. M., Bolio, G. M. E., & Rosado, A. J. A. (2019). Las garrapatas como vectores de enfermedades zoonóticas en México. *Bioagrocencias*, 12(1), 19-26.
- Ruiz, M., Zimmermann, R., Aguirre, F., Bono, M., & Widenhorn, N. (2013). Hallazgo de *Hepatozoon canis* en



- caninos (*Canis familiaris*) en la ciudad de Esperanza, Santa Fe (Argentina). *Revista FAVE – Ciencias Veterinarias*, 12(1-2), 15-20.
- Scodellaro, C. F. (2016). Estudio retrospectivo de caracterización de la hepatozoonosis canina en Buenos Aires (Trabajo final de especialización en diagnóstico de laboratorio veterinario). Argentina: Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata.
- Taylor, M. A., Coop, R. L., & Wall, R. L. (2017). *Parasitología veterinaria* (4. ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Tintel, A. M. J. (2016). Reporte de cinco casos clínicos de hepatozoonosis en caninos de Paraguay. *REDVET*, 17(9), 1-8.
- Van Muylem, B. (2014). Evaluación final integradora Hepatozoonosis canina: presentación de un caso clínico en un canino, Córdoba, Argentina. Recuperado de http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1537/1/TM_VanMuylem.pdf
- Vera, V. G. K. (2018). Prevalencia de Hepatozoon spp en caninos (*Canis lupus familiaris*) del Cantón Yaguachi, de la Provincia del Guayas (Tesis de médico veterinario zootecnista). Guayaquil, Ecuador: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guayaquil.
- Wheeler, J., Meder, A., Adagio, L., Gimenez, M., Vaquero, P., Lattanzi, L., Hierro, J., Rio, F., Miguel, M., Mengelle, P., Mariani, E., & Palezza, J. (2018). Estudio exploratorio para analizar la presencia de *Hepatozoon canis* en perros de la ciudad de General Pico, La Pampa y determinar el grado de co-infección con otros hemoparásitos. *Ciencia Veterinaria*, 17(2).

Dinámica Viral y duración de la positividad de Sars CoV-2 mediante la prueba de RT- PCR en tiempo real en estudiantes y personal docente que asisten a clases presenciales en la Universidad Mayor Real y Pontifica San Francisco Xavier de Chuquisaca



D. 38. Ciencias de la vida: Virología Molecular

Dinámica Viral y duración de la positividad de Sars CoV-2 mediante la prueba de RT-PCR en tiempo real en estudiantes y personal docente que asisten a clases presenciales en la Universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca

Autor: Delgado, Carmen. delgado.carmen@usfx.bo

Coautores: Ancasi Herrera, Mariela Victoria. marielaancasi0@gmail.com

Alejo Arando, Vanessa Digna. konejita196@gmail.com

Chile Alacori, Yhuliana. chileayhuliana@gmail.com

Huanca Copa, Angela Madai. angelahuanca107@gmail.com

Universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca (USFX)

Resumen

Objetivos

Examinar el tiempo de eliminación viral del SARS-CoV-2 en muestras biológicas respiratorias (hisopados naso-orofaríngeo) positivas de estudiantes y personal docente que acuden a clases presenciales de la USFX mediante diagnóstico molecular, para poder contribuir con datos locales en la elaboración de protocolos del tiempo de aislamiento para un paciente contagiado con COVID-19.

Metodología

Identificación de valores del número de ciclos (Ct) de muestras positivas para COVID-19 obtenidas de la prueba de Reacción en Cadena de la Polimerasa con Retro transcriptasa inversa en Tiempo Real, obtenidas diariamente a partir del día de diagnóstico.

Resultados principales

Los casos positivos con valores de Ct mayor o igual a 32, el 35.5% dieron negativo desde el primer día de control (día siguiente al diagnóstico) y los demás casos con valores de Ct menor a 32 (64.5%) eliminaron el RNA del virus dentro de los 6 días posteriores al diagnóstico, se estandarizó el Ct de 32 como valor de corte para la prueba. Estos resultados sugieren que los casos positivos de COVID-19 eliminan el virus en un tiempo reducido razón por la que se podría considerar un período de aislamiento más corto y la incorporación a sus actividades diarias posterior a los 5 días de haber sido diagnosticados.

Palabras clave: Dinámica viral, Sars CoV-2, RT-PCR



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

Introducción

La enfermedad por coronavirus (COVID19) es una infección aguda de las vías respiratorias, se informó por primera vez en diciembre de 2019 en Wuhan, China, y ha sido declarada una emergencia de salud pública de interés internacional por la Organización Mundial de la Salud. La pandemia por el SARS-CoV-2 persiste a pesar de haberse administrado dosis de vacuna anti-COVID en todo el mundo. El método diagnóstico de preferencia es la reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa en tiempo real (RT-PCR). La limitación de la prueba al reportar únicamente ausencia o presencia del RNA viral puede ampliarse al análisis del número de ciclos (Ct) para el alta de pacientes infectados contribuyendo en la toma de decisiones en los sistemas locales de salud, así también interpretar el contexto clínico-epidemiológico de los pacientes infectados. Aquí, examinamos la duración de la eliminación del SARS-CoV2 en muestras respiratorias positivas de estudiantes y personal docente que acuden a clases presenciales de la USFX mediante la (RT-PCR) en tiempo real. Los casos positivos con valores de Ct mayor o igual a 32, el 35.5% dieron negativo desde el primer día de control (día siguiente al diagnóstico) y los demás casos con valores de Ct menor a 32 (64.5%) eliminaron el RNA del virus dentro

de los 6 días posteriores al diagnóstico, se estandarizo el Ct de 32 como valor de corte para la prueba. Estos resultados sugieren que los casos positivos de COVID-19 eliminan el virus en un tiempo reducido razón por la que se podría considerar un período de aislamiento más corto y la incorporación a sus actividades diarias posterior a los 5 días de haber sido diagnosticados. Introducción La cinética de la carga viral y la duración de la excreción viral son determinantes importantes para la transmisión de enfermedades. Determinan la duración de la infecciosidad, que es un parámetro crítico para informar medidas de control efectivas y modelos de enfermedades. Aunque varios estudios han evaluado la excreción del coronavirus 2 (SARS-CoV-2) del síndrome respiratorio agudo severo, la dinámica de la carga viral y la duración de la excreción viral informadas en los estudios hasta ahora han sido heterogéneas (Zou et al., 2020). Las infecciones por SARS-CoV-2 se caracterizan por fases de proliferación y eliminación viral y pueden ir seguidas de una eliminación persistente de ARN viral de bajo nivel. La dinámica de la concentración de ARN viral, particularmente en las primeras etapas de la infección, puede informar las medidas e intervenciones clínicas, como la detección basada en pruebas. (Kissler ID et al., 2021). Las pruebas de reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

cuantitativa en tiempo real (RT-qPCR) son el estándar de oro para detectar la infección por SARS-CoV-2. Normalmente, estas pruebas producen un diagnóstico binario positivo/negativo basado en la detección de ARN viral. Sin embargo, también pueden cuantificar el título viral a través del umbral del ciclo (Ct). El Ct es el número de ciclos térmicos necesarios para amplificar el ARN viral muestreado a un nivel detectable: cuanto mayor sea la concentración de ARN viral muestreado, menor será el Ct. Esta correlación inversa entre Ct y la concentración viral hace que las pruebas de RT-qPCR sean mucho más valiosas que un diagnóstico binario, ya que pueden usarse para revelar el progreso de una persona a través de las etapas clave de la infección. (Kissler ID et al., 2021). Para prevenir la propagación de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID19), es importante identificar y aislar a las personas infecciosas. Es especialmente importante asegurarse de que aquellos con una carga viral alta estén aislados y no puedan transmitir a otros. (Mina et al., 2020). La variabilidad del virus ha demostrado ser constante y es probable que su carrera evolutiva nos lleve hacia la variante Ómicron o aún más allá. Las estrategias para contener nuevas variantes aún están basadas en las medidas de salud pública conocidas: uso de mascarillas, distanciamiento social, preferencia de

espacios abiertos o ventilados, más que a cierre de fronteras; que, por ahora, han sido apropiados sólo para los países que han instaurado la estrategia del COVID. (Aguilar-Gamboa et al., 2021). En menos de tres semanas después de su descubrimiento, la variante Omicron fue detectada en decenas de países. La OMS clasificó este linaje (anteriormente conocido como linaje Pango B.1.1.529) como una variante de preocupación (VOC) el 26 de noviembre de 2021. (Clasificación de La Variante Ómicron (B.1.1.529) Del SARS-CoV2 como Variante Preocupante, n.d.). La variante Ómicron SARS-CoV-2 es responsable de una ola importante de COVID-19, con recuentos récord de casos que reflejan una alta transmisibilidad y escape de la inmunidad previa. Definir el curso temporal de la proliferación y eliminación viral de Omicron es crucial para informar los protocolos de aislamiento con el objetivo de minimizar la propagación de la enfermedad. La vigilancia epidemiológica en múltiples entornos ha revelado cambios en la relación caso a caso de COVID-19. hospitalización y proporciones de casos a mortalidad después de la aparición de la variante Ómicron. (Lewnard et al., 2022). La dinámica viral del SARS-CoV-2 difiere según la variante y el estado inmunitario de los infectados individuos, pero faltan datos sobre la variante Omicron. La variante Omicron presenta una



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

transmisibilidad inherente mejorada (Viana et al., 2022) enfermedad menos grave en relación con las variantes anteriores, lo que requiere la reevaluación de las políticas de prueba y aislamiento. (Lewnard et al., 2022b). La circulación de la nueva subvariante de Omicron BA2 fue confirmada el 16 de mayo de la presente gestión a través del Ministerio de Salud de Bolivia. Intentamos describir la dinámica viral de SARS-CoV-2 Ómicron en infecciones individuales. Para hacerlo, recolectamos y analizamos de 76 muestras positivas para SARS-CoV-2 (hisopados nasoro-faríngeos) obtenidas de 1167 participantes entre estudiantes y personal docente como parte de la Universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca entre el 5 y el 22 de julio de la presente gestión, mediante el ensayo de reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa con cebadores y sondas dirigidas a los genes N y Orf1ab del SARS-CoV-2; el ensayo fue desarrollado por el Laboratorio de Biología Molecular del Hospital San Pedro Claver. Los pacientes positivos fueron monitorizados para la realización de controles diarios a partir del día de diagnóstico, dichos resultados fueron ingresados y notificados oportunamente al Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica SIVE y del mismo modo a cada individuo. Las muestras recolectadas

corresponden a hisopados faríngeos, mismas que fueron recolectadas diariamente de pacientes positivos. Los resultados pueden ayudar a informar las duraciones óptimas del aislamiento y las estrategias de prueba. La PCR con transcriptasa inversa en tiempo real ha dejado de lado otras técnicas usadas para el diagnóstico (cultivo celular, PCR de punto final, etc) debido a la factibilidad de su implementación y el tiempo reducido para dar una respuesta. A pesar de ello una desventaja notable de la PCR con retro transcriptasa inversa en tiempo real es que no determina la infectividad del virus; incluyendo la sensibilidad de la PCR que es excelente, la especificidad para detectar virus replicativos no es una cualidad de esta (Strong, JE y Feldmann, H. 2017). Estos resultados tienen implicaciones para la atención clínica, la prevención y el control de infecciones por Sars COV-2. A pesar de ello la delimitación al momento de reportar solo ausencia o presencia de RNA viral podría ampliarse a la evaluación de valores de Ct que son inversamente proporcionales a la carga viral. Estos datos se pueden utilizar para identificar mejor el período de riesgo máximo de transmisión del virus, evitando así largos tiempos de aislamiento injustificados, ya que, siendo independiente el inicio de síntomas o la toma de muestra, al presentar valores mínimos de Ct el paciente puede ser dado de alta ya que no representa un riesgo para los



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

demás. Desde hace dos años, en el inicio de la pandemia se recomendó el aislamiento de los casos de COVID-19 en la comunidad durante al menos 15 días después del inicio de los síntomas, misma recomendación fue modificándose en varios lugares del mundo por la recolección de este tipo de datos, tomando en cuenta no solamente resultados de diagnóstico molecular en los laboratorios, sino también la circulación de nuevas variantes genéticas del Sars CoV-2, niveles de vacunación y otros. A si mismo un aspecto importante también es la estandarización interna de protocolos usados en los laboratorios encargados de este diagnóstico, debido a que no siempre se cuenta con los equipos o reactivos específicos para cada marca, teniendo finalmente que adaptarlos de acuerdo al material disponible

Objetivos

Evaluar la tendencia de patrones temporales (edad, vacunación y valores de Ct diarios) de eliminación viral en estudiantes y personal docente que acude a clases presenciales en la USFX.

Estandarizar el valor de corte (Ct) con el protocolo del kit Easydiagnosis usado para diagnóstico de COVID-19 en el Laboratorio de Biología Molecular, HSPCL para el alta del paciente.

Materiales y métodos

- ✓ Obtención de muestras

Las muestras correspondieron a hisopados nasofaríngeos y orofaríngeos (2 hisopos de dracón o poliéster con mango plástico) recolectados en medios de Transporte Viral, (Disposable Sampling Kit, Type A. Virus Inactivation, Guangdong, China) en el Laboratorio Experimental de Biología, USFX, mismos que fueron remitidos al Laboratorio de Biología Molecular del Hospital San Pedro Claver, manteniendo cadena de frío 2-8 °C.

- ✓ Extracción de ARN viral

El ARN viral purificado se obtuvo usando el kit “Kit de isotina de ácido nucleico MagHT”(Extracción automatizada) Edidiagnosis CE IVD, Wuhan EasyDiagnosis Biomedicine Co.Ltd. basado en el uso de perlas magnéticas validadas para su uso en el instrumento MD-NAE32 de la misma línea del reactivo. EL kit contiene placas de 6 unidades, 8 columnas apto para 16 pruebas, las que contienen por columna: tampón de lisis, perlas paramagnéticas, tampón de lavado 1, tampón de lavado 2, tampón de lavado 3 y tampón de elución. Se agregaron 200-400 ul de muestras a la 1ª y 7ª columna. Se inserto la funda magnética de 8 tiras en la ranura del soporte de la funda magnética. (Cada placa de pozos profundos requiere 2 juegos de manguitos magnéticos de 8 tiras) en el instrumento MD-NAE32. Una vez que se completa la barra de progreso en la parte inferior de la pantalla, se escuchó una alerta de caída, que representa la finalización del



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

proceso de extracción, cada proceso de extracción demora aproximadamente 25 minutos. Se sacaron las placas de pozos profundos, tomando inmediatamente el ácido nucleico (50-70ul de ácido nucleico) purificado en la 6ª y 12ª columna del instrumento. El ácido nucleico purificado se usó inmediatamente para la adición al master mix. Alternativamente, se guardaron algunas muestras a una temperatura inferior a -20 ° C para un almacenamiento prolongado. La información de la muestra se eliminó para evitar la identificación del paciente.

✓ RT-PCR en tiempo real

El ARN se transcribió inversamente utilizando el test kit COVID-19 (SARS COV-2) Nucleic Acid (EasyDiagnosis Biomedicine, Wuhan) siguiendo las instrucciones del fabricante. Las condiciones de PCR multiplex fueron: 1 ciclo de 50°C 15 min; 1 ciclo de 95° C, 30 s; 45 ciclos de 95°C, 3 s; 45 ciclos finales de 60°C durante 45s. Para la estandarización del protocolo usamos como valor de corte valores de Ct menores o iguales a 32 para informar un reporte negativo a la prueba. Este kit incluye sondas y cebadores específicos de acuerdo a las secuencias dianas de las regiones conservadas del gen ORF1ab, el gen N y no se espera reacciones cruzadas con otros coronavirus respiratorios; el kit incluye, un control interno endógeno RNAsa P. En cada

placa corrida se incluyeron 2 controles: Control negativo y control positivo. El ciclaje sigue lo indicado por el fabricante, debiendo utilizarse los canales FAM para detección del gen N, VIC/HEX para detección del gen ORF1ab y el canal ROX para el control interno.

✓ Análisis e interpretación de resultados

Terminado el ciclaje, la lectura se realizó con el software StepOne TM v2.3; usando el control positivo se fijó el threshold en la mitad de la curva de la fase exponencial para cada canal, finalmente para un resultado positivo o negativo se tomó en cuenta los siguientes criterios: Resultado positivo: Se evidencia amplificación con curva sigmoideal en los marcadores diagnósticos (FAM y HEX) con valor de Ct menor o igual a 32. Resultado negativo: No debe haber curva de amplificación en los marcadores diagnósticos (FAM y HEX) o Ct= 32, debe presentar curva de amplificación con Ct > 32 en el marcador del control interno (ROX). Resultado indeterminado: Sin amplificación en ROX, FAM y HEX con valor Ct ≥ 20; además. Es necesario repetir la prueba.

✓ Informe de resultados

Una vez realizada la lectura de resultados, estos se apuntaron en el cuaderno de registro de resultados interno de laboratorio. Posteriormente se subieron dichos reportes al Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE) base de datos



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

brindado por el Ministerio de Salud del Estado Plurinacional de Bolivia. Todos los reportes positivos fueron notificados inmediatamente y monitorizados desde el día posterior a su diagnóstico para la toma de muestra de controles diarios.

- ✓ Recopilación de información de fichas epidemiológicas

Con el fin de obtener la información necesaria para la elaboración de la ficha epidemiológica, se desarrolló un formulario virtual que fue compartido mediante link con los estudiantes y docentes que formaron parte del estudio, de donde se extrajo una base de datos en Excel conteniendo información indispensable del paciente. Algunos de esos datos se asociaron con el valor Ct.

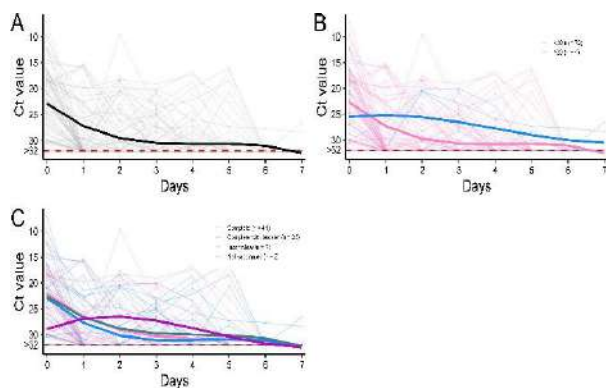
- ✓ Análisis de datos

Las figuras de curvas de Ct fueron generados a partir de los datos recolectados del software del termociclador en tiempo real. Se utilizó el lenguaje R (Team R. C., 2000) con el software RStudio (Allaire, 2012) y las librerías ggplot2 (Wickham et al., 2016), reshape2 (Wickham, 2017) y gridExtra (Auguie et al., 2017) para la elaboración de figuras.

Resultados y discusión

Figura 1

Patrones temporales de eliminación viral



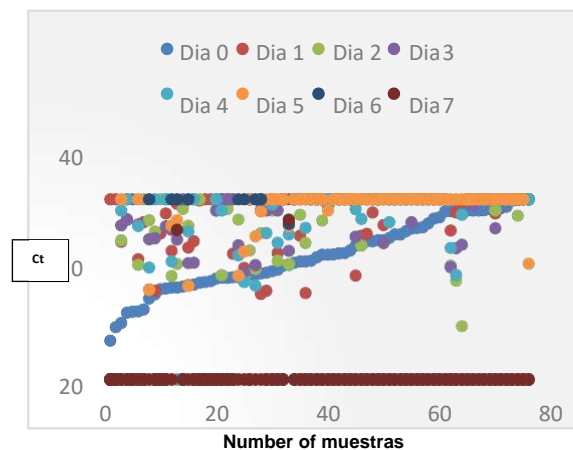
(A) Valores de ciclo umbral (Ct) inversamente proporcional a la carga viral detectada por RT-PCR en tiempo real (PCR con transcripción inversa) en frotis de garganta de pacientes infectados con SARS-CoV-2 (N = 76) obtenidos durante 7 días a partir del día de diagnóstico representado con el valor de 0. (B) Valores de ciclo umbral (Ct) inversamente proporcional a la carga viral detectada por RT-PCR en tiempo real (PCR con transcripción inversa) en frotis de garganta de pacientes infectados con SARS-CoV-2 (N = 76) de acuerdo a la edad, en grupos de menores de 30 años y los mayores a 30 años. (C) Valores de ciclo umbral (Ct) inversamente proporcional a la carga viral detectada por RT-PCR en tiempo real (PCR con transcripción inversa) en frotis de garganta de pacientes infectados con SARS-CoV-2 (N = 76) de acuerdo a la vacunación, grupos con esquemas incompletos,



esquemas completos, esquemas completos más dosis de refuerzo, y aquellos que no cuentan con ninguna dosis de vacuna contra la COVID19.

Figura 2

Estandarización del valor de corte de acuerdo a Ct para el Kit EasyDiagnosis (RT-PCR en tiempo real)



76 muestras diagnosticadas como positivas para COVID-19, con el Kit COVID-19 (SARS COV-2) Nucleic Acid(EasyDiagnosis Biomedicine, Wuhan). Las muestras estan representadas por el día de control con colores distintos, Dia cero(azul), día 1(rojo), día 2(verde), día 3(violeta), día 4(celeste), día 5(naranja), día 6(negro) y día 7(guiendo). Todas las muestras llegan al valor de Ct=32 y en sus controles posteriores no se observa presencia de RNA viral. El valor de corte de Ct para diagnosticar a un paciente como negativo se estandarizo al valor de Ct menor a 32, ya que los pacientes con ese valor de Ct posterior a sus días de control no

presentaron presencia de ARN viral, sintomatología ni contagios reportados a su alrededor.

Conclusiones

SARS CoV-2 es un virus emergente que ha tenido un aumento exponencial de casos, ante una población completamente susceptible debido a la circulación de nuevas variantes, Evaluar la tendencia de patrones temporales (edad, vacunación y valores de Ct diarios) demuestra que la carga viral, la edad de los pacientes y el nivel de vacunación están directamente relacionados con la eliminación de RNA viral. La duda de muchas de sus características epidemiológicas, han hecho que tengamos puntos débiles en aspectos de control de brotes. Debido a la variabilidad reportada en periodos de incubación y excreción, las medidas de aislamiento no están estandarizadas. La mayoría de la población comprendida en edades menores a 30 y con esquemas de vacunación completa tienen cuadros clínicos de la enfermedad leves y estables, sin embargo, la COVID-19 se caracteriza por tener una amplia variabilidad de síntomas y es complicado poder tener una definición de caso única. Será necesario seguir de cerca la propagación de Omicron en nuestro país para comprender mejor su transmisibilidad y el tiempo en el que nuestro organismo logra eliminar el RNA viral, para apoyar en la toma de decisiones de los servicios de salud



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



30
AÑOS

y la implementación de nuevos protocolos de bioseguridad, al mismo tiempo de coadyuvar en el estudio y la evaluación clínica- epidemiológica de cada paciente. Por lo tanto, la vacunación sigue siendo fundamental para proteger a todas las personas. La aparición y rápida propagación de Omicron representa una amenaza para el mundo y una amenaza también para nuestro país, donde aún se busca administrar la vacuna contra COVID19 a todos los bolivianos. Los estudios diagnósticos actuales no tienen la sensibilidad esperada, sin embargo, repetir el estudio molecular en algunos casos y complementar con estudios serológicos sería recomendable. La estandarización de protocolos para el diagnóstico molecular debe ser realizado en los laboratorios, cuidando siempre la calidad y fiabilidad de resultados emitidos. La realidad de un 2022 frente a un 2020 en donde se cuenta con la administración de vacunas, opciones de tratamiento, formación de anticuerpos generados por vacunación o contagios anteriores, diagnósticos gratuitos y la vigilancia genómica activa, demuestran que el avance tecnológico a sostenido en gran medida esta lucha constante contra la pandemia. Si bien las infecciones por Omicron presentan un pico de ARN viral más bajo y una fase de eliminación más corta. En conclusión, la pandemia de SARS-CoV-2/COVID-19 representa una situación

dinámica en la que las decisiones y las políticas deben guiarse por la evidencia.

Bibliografía

- Aguilar-Gamboa, F. R., Suclupe-Campos, D. O., Vega-Fernández, J. A., & Silva-Diaz, H. (2021). Diversidad genómica en SARS-CoV-2: Mutaciones y variantes. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(4), 572-582.
- Allaire, J. (2012). *RStudio: integrated development environment for R*. Boston, MA, 770(394), 165-171
- Auguie, B., Antonov, A., & Auguie, M. B. (2017). Package 'gridExtra'. *Miscellaneous Functions for "Grid" Graphics*.
- Erlich, HA (1989). *Tecnología PCR (Vol. 246)*. Nueva York: Stockton Press.
- Kissler, SM, Fauver, JR, Mack, C., Olesen, SW, Tai, C., Shiue, KY, ... y Grad, YH (2021). Dinámica viral de la infección aguda por SARS-CoV-2 y



- aplicaciones a estrategias de diagnóstico y salud pública. *biología PLoS* , 19 (7), e3001333.
- Lewnard, JA, Hong, VX, Patel, MM, Kahn, R., Lipsitch, M. y Tartof, SY (2022). Resultados clínicos entre pacientes infectados con Omicron (B. 1.1.529) variante SARS-CoV-2 en el sur de California. *MedRxiv* .
- Ministerio de Salud y Deportes Bolivia. (2022) (Bolivia presenta incremento de 86% de casos y detecta circulación de BA2 variante de la omicron, 2022). Recuperado de <https://www.minsalud.gob.bo/es/6683-bolivia-presenta-incremento-de-86-de-casos-y-detecta-circulacion-de-ba2-variante-de-la-omicron>
- Strong, JE y Feldmann, H. (2017). El quid de los diagnósticos de ébola. *El Diario de Enfermedades Infecciosas* , 216 (11), 1340-1342.
- Team, R. C. (2000). R language definition. Vienna, Austria: R foundation for statistical computing.
- Tom, MR y Mina, MJ (2020). Para interpretar la prueba SARS-CoV-2, considere el valor del umbral del ciclo. *Clínica de Enfermedades Infecciosas* .
- Viana, R., Moyo, S., Amoako, DG, Tegally, H., Scheepers, C., Althaus, CL, ... & de Oliveira, T. (2022). Rápida expansión epidémica de la variante SARS-CoV-2 Omicron en el sur de África. *Naturaleza* , 603 (7902), 679-686.
- Wickham, H. (2017). reshape2: flexibly reshape data: a reboot of the reshape package. R package version, 1(3).
- Wickham, H., Chang, W., & Wickham, M. H. (2016). Package ‘ggplot2’. Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. Version, 2(1), 1-189.
- Zheng, S., Fan, J., Yu, F., Feng, B., Lou, B., Zou, Q., ... & Liang, T. (2020). Dinámica de carga viral y gravedad de la enfermedad en pacientes infectados con SARS- CoV-2 en la provincia de Zhejiang, China, enero-marzo de 2020: estudio de cohorte retrospectivo. *bmj* , 369 .



“Generación de Conocimiento
con Integración Científica, Académica, Tecnológica & Cultural para la Justicia, la Libertad y el Bienestar de Nuestros Pueblos”

7-8-9 / SEP 2022



UNIVERSIDAD
SAN FRANCISCO XAVIER
UNIVERSIDAD DIGNA
BOLIVIA



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



30
AÑOS

Agradecimiento

Agradecemos a Cecilia Oquendo; Jovana Amaya y Maribel Lazcano quienes estuvieron a cargo de la toma de muestra y el procesamiento de estas. A la Coordinación Departamental de Laboratorios SEDES Chuquisaca, a la Secretaria de Salud Educación y Deportes del Municipio de Sucre y a la directora del Hospital San Pedro Claver, Dra. Elena Lescano. Al Dr. José Luis Arrazola y Dra. Magaly Magariños máximas autoridades de la Facultad de Ciencias Químico Farmacéuticas y Bioquímicas por haber hecho posible la realización de este trabajo.

Respuesta de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 post inmunización anti-SARS-CoV-2 (COVID19)
en funcionarios del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud de
la Universidad Nacional de Asunción, período 2021



D.38. Virología Molecular

Respuesta de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 post inmunización anti-SARS-CoV-2 (COVID19) en funcionarios del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Asunción, período 2021

Godoy, Ana María; anammgodoyr@gmail.com

Carpinelli, María Mercedes; marichacarpinelli@hotmail.com; Benegas, Sara; sarabenegas20@gmail.com; Giménez, Vivian; viviangb@gmail.com; Granado, Enrique; eegrador@yahoo.es; Liuzzy, Cinthia; cincfc@hotmail.com; Sanabria, Diana;

dsanabria@iics.una.py

Giménez, Vivian; viviangb@gmail.com

Universidad Nacional de Asunción (UNA)

Resumen

En el esfuerzo por frenar la pandemia causada por la infección con el virus SARS-CoV-2 se ha trabajado en el desarrollo de vacunas seguras y efectivas para prevenirla. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta de anticuerpos anti- SARS-CoV-2 en funcionarios del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud (IICS), de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) que recibieron la vacuna anti-SARS-CoV-2 (COVID19) de marzo a agosto de 2021. Fueron incluidos 124 funcionarios que recibieron dos dosis de vacuna anti-SARS-CoV-2 y accedieron a participar en el estudio. Se midieron los niveles séricos de anticuerpos IgG anti-proteína espiga del SARS-CoV-2 por método ELISA en muestras tomadas 4 semanas luego la segunda dosis de la vacuna. En la población estudiada 91/124 (73%) fueron del sexo femenino, con rango etario de 25 a 72 años. Se encontró una respuesta a anticuerpos IgG anti- SARS-CoV-2 muy heterogénea, con una mediana de IgG anti-SARS-CoV-2 de 29,8 RU/mL (RIQ: 7,8–117,0). Se observaron niveles significativamente mayores de IgG anti-SARS-CoV-2 en funcionarios de áreas de laboratorio con respecto a los de áreas administrativas ($p=0,029$), así como en aquellos que refirieron haber tenido COVID19 con respecto a los que refirieron no haber tenido la enfermedad ($p<0,001$). Los niveles de IgG post-inmunización fueron significativamente más bajos ($p<0,001$) en los funcionarios que recibieron la vacuna Covaxin con respecto a otras vacunas. Si bien los resultados no serían suficientes para concluir sobre el estado de protección del individuo, los mismos serían los primeros datos sobre respuesta de anticuerpos a vacunas anti-SARS-CoV-2 a nivel local.

Palabras claves: COVID19, Virus SARS CoV-2, Vacunas SARS-CoV-2, Anticuerpos



INTRODUCCIÓN

En diciembre de 2019 China registró un brote de casos de neumonía sin causa aparente. El virus identificado fue Coronavirus 2 del síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA) o Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2), el que causa la enfermedad denominada COVID19. Debido a la amplia propagación del virus alrededor del mundo la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró pandemia de COVID19 el 11 de marzo de 2020. Hasta inicios del mes de mayo de 2022 se han registrado alrededor de 500.000.000 casos confirmados de COVID19 y se ha contabilizado más de 6,0 millones de decesos en el mundo. En la región de las Américas se han registrado cerca de 155.000.000 de casos confirmados y más de 2.700.000 de óbitos (WHO, 2022).

En respuesta a la pandemia, las sociedades científicas y médicas se han unido y redirigido mucho esfuerzo hacia la comprensión de la biología de esta enfermedad y la mejor manera de combatirla. Si bien los métodos de prevención acatados a corto plazo fueron el uso de mascarilla, el frecuente lavado de manos y el distanciamiento social, también se ha autorizado el uso de algunos

medicamentos (Peralta et al., 2020). Además, se aprobó el uso de emergencia de vacunas, en principio, ya que actualmente muchas de ellas se encuentran aprobadas por la OMS y la Administración de Medicamentos y alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) (WHO, 2022; FDA, 2022).

Se planteó la vacunación masiva como estrategia preventiva segura para evitar la enfermedad, el desarrollo de la forma grave de la misma, las muertes y también reducir de manera significativa la transmisión dentro de la población mediante la adquisición de la inmunidad colectiva por lo que se han desarrollado distintas plataformas de vacunas anti- SARS-COV-2 para lograr este propósito (Chung et al., 2021). Algunas vacunas se basan en virus inactivado que utilizan el virión entero generando repuestas inmunológicas contra distintos epítomos (Gao et al., 2020); otras plataformas utilizan vacunas de ácidos nucleicos, las recombinantes y las basadas en vectores virales, generalmente están diseñadas para la expresión de proteínas específicas, proteína S (spike/espiga) en este caso, por lo que la respuesta inmunitaria generada es contra esta molécula (Syed et al., 2015; Zhang et al., 2019).



La vacuna más eficaz sería la que genere el desarrollo de la inmunidad celular y la humoral (producción de anticuerpos neutralizantes), sin embargo, la mayoría de las vacunas desarrolladas hasta el momento se han enfocado principalmente en la generación de anticuerpos. En este contexto son de suma importancia la presencia de estos anticuerpos neutralizantes, los ensayos de neutralización son complejos de realizar, por las condiciones de bioseguridad exigidas y por la complejidad misma de dichos ensayos, motivo por el cual numerosos estudios han presentado resultados en base a la medición de anticuerpos anti proteínas espiga (spike) del SARS-CoV-2, y han mostrado correlación entre varios métodos de medir estos anticuerpos y los ensayos de neutralización (Eshan U. Patel et al., 2020).

En cuanto a la situación en Paraguay, hasta el 9 de noviembre del 2021 se han registrado 461.466 casos confirmados y 16.272 óbitos (Dirección General de Vigilancia de la Salud & Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, 2021). En Paraguay se inició el proceso de vacunación en febrero del 2021 con el personal de salud de primera línea y fue avanzando de acuerdo con consideraciones de grupos de riesgo (edad, comorbilidades, etc.). Hasta el

momento de realización del presente estudio, las vacunas utilizadas para vacunar a la población fueron la Coronavac, del Laboratorio Sinovac; la HayatVax/BBIBP-CorV, del laboratorio Sinopharm; la AZD1222, del laboratorio AstraZeneca y la Universidad de Oxford; Gam-COVID-Vac, conocida como Sputnik V, del Instituto Gamaleya; BBV152, conocida como Covaxin, del laboratorio BharatBiotech; BNT162b2, del consorcio Pfizer BionTech, y ARNm1273, del laboratorio Moderna, cada una de ellas con sus lineamientos correspondientes en cuanto a vacunación (Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social & Programa Ampliado de Inmunizaciones, 2021).

Entre ellas, la Coronavac, la Covaxin y la Sinopharm utilizan la plataforma de virus inactivado, la cual utiliza una forma del patógeno que puede ser inactivada por distintos métodos (químicos, inactivación por irradiación o calor). Mientras que la AstraZeneca y la Sputnik V tienen como plataforma el uso de vectores virales, en la que diferentes virus son modificados para reducir su virulencia y su potencial de replicación viral, pero mantienen su capacidad de infectar células humanas, están diseñadas para llevar la información genética del patógeno a células del sistema inmune a fin de que puedan expresar y presentar proteínas antigénicas a los



linfocitos, en este caso, la proteína espiga del SARS-CoV-2. En cuanto a las vacunas que utilizan ARN mensajero (ARNm), las moléculas de ARNm se administran encapsuladas en nanopartículas lipídicas que permiten la penetración de dichas moléculas y su llegada hasta las células en donde se produce la síntesis de la proteína codificada y la subsecuente inducción de la respuesta inmune (Kyriakidis et al., 2021). La vacuna Covaxin tiene una eficacia reportada de 77,8 % (IC95% 65,2 – 86.4) ante enfermedad sintomática, mientras que un estudio de fase 3 de CoronaVac realizado en Turquía reporta una eficacia ante enfermedad sintomática de 83,5% (IC95% 65,4-92,1) y un estudio prospectivo realizado en Chile con esta vacunada reporta una eficacia de 65,9% (IC95% 65,2-66.6%) (Ella et al., 2021; Jara et al., 2021; Tanriover et al., 2021). En cuanto a la vacuna AstraZeneca (AZD1222) reporta una efectividad estimada de 74,0 % (IC95% 65,3-80,5); la Sputnik V reporta una eficacia de 91,6% (IC95% 85,6-95,2) (Falsey et al., 2021; Logunov et al., 2021). En el sitio web de la OMS se menciona una eficacia del 79% para la vacuna Sinopharm (WorldHealthOrganization, 2021).

La respuesta inmune humoral juega un papel clave en la protección del individuo contra la infección por SARS-CoV-2, por lo que es importante entender la respuesta

inmune humoral a este virus, parte de la cual son los anticuerpos, por lo que los anticuerpos neutralizantes son un blanco para el desarrollo tanto de vacunas como de drogas terapéuticas contra la COVID19 (Amanat&Krammer, 2020; Cao et al., 2020). Hasta el momento de realización de este estudio, no hemos encontrado información a nivel local sobre la respuesta de anticuerpos desarrollada frente a las diferentes plataformas de vacunas que se vienen utilizando en el país en los diferentes grupos poblacionales. En este trabajo estudiamos los anticuerpos antiproteína espiga del SARS-CoV-2 en funcionarios del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud (IICS) posterior a la segunda dosis de inmunización con la vacuna anti-SARS-CoV-2 de tal manera a evaluar ese componente de la respuesta inmune.

OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS

Objetivo general

Evaluar la respuesta de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 en funcionarios del IICS que recibieron la vacuna anti-SARS-CoV-2 (COVID19) en el período 2021.



Objetivos específicos

1. Determinar los niveles séricos de anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2 en funcionarios que hayan recibido la segunda dosis de vacunación.
2. Describir características clínicas y demográficas de la población estudiada.
3. Estudiar la respuesta de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 en funcionarios del IICS que hayan recibido la segunda dosis de vacunación anti-SARS-CoV-2 (COVID19) según características como la edad, el sexo, la dependencia de trabajo en la institución.
4. Evaluar la respuesta de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 en suero de funcionarios del IICS que hayan recibido la segunda dosis de vacunación anti-SARS-CoV-2 (COVID19) según el tipo de vacuna recibida, su estado previo de infección por el virus SARS-CoV-2, la presencia de comorbilidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño, muestreo y población de estudio

El diseño de este estudio fue observacional descriptivo de corte transversal, con componente analítico y el muestreo fue no

probabilístico de conveniencia. Fueron incluidos 124 funcionarios del IICS, mayores de 18 años, de ambos sexos, que recibieron la segunda dosis de vacunación anti-SARS-CoV-2 entre marzo y agosto del 2021 y accedieron a participar del estudio. A cada participante se le tomó una muestra de sangre venosa (3 mL) con un mínimo de 28 días posteriores a la aplicación de la segunda dosis de la vacuna correspondiente.

Determinación de los niveles séricos de anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2

Se utilizó el inmunoensayo por la metodología ELISA (EUROIMMUN, Alemania). Los pocillos de reacción utilizados se encuentran recubiertos con el dominio S1 de la proteína espiga (spike) del virus SARS-CoV-2. Se siguieron las indicaciones del fabricante para el procesamiento de las muestras, brevemente, se colocaron calibradores, controles positivo y negativo, y muestras diluidas en los pocillos de reacción por 60 minutos a 37°C. Se realizaron 3 lavados con el tampón de lavado. Luego, se procedió a la incubación con el conjugado enzimático por 30 minutos a 37°C. Se realizaron 3 lavados con el tampón de lavado. Luego se procedió a la incubación con la solución de sustrato-cromógeno por 30 minutos a temperatura ambiente. Al



finalizar esta incubación se agregó la solución de parada y se realizó la medición fotométrica de la intensidad de color a 450nm con filtro de referencia de 620 nm en el lector de ELISA (StatFax3200, AwarenessTechnology, USA), el cual genera la curva de calibración y calcula la concentración de anticuerpos de acuerdo con dicha curva. Las concentraciones de IgG anti-SARS-CoV-2 fueron medidas en RU/mL según los calibradores proveídos por el kit utilizado.

Caracterización clínico-demográfica de la población estudiada

Se aplicó un cuestionario de investigación a cada funcionario del IICS que participó de este estudio, de modo a recolectar datos demográficos como edad, sexo, dependencia de trabajo en la institución, y datos clínicos como tipo de vacuna recibida, haber padecido de la COVID19, sintomatología de la COVID19 y presencia de comorbilidades (alergias, diabetes, hipertensión, entre otras).

Asuntos éticos

La participación de los funcionarios fue voluntaria y se procedió previamente a la firma de un consentimiento informado. Se respetó en todo momento la confidencialidad de los datos del participante. La determinación de la

respuesta de anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2 fue realizada sin costo y los resultados fueron entregados en tiempo y forma a los funcionarios. El protocolo de investigación fue aprobado por los Comités Científico y de Ética en la Investigación del IICS–UNA (Código de aprobación: P10/2021).

Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron asentados en una planilla de Excel versión 8.0 y analizados con el programa estadístico SPSS (IBM Corp.), versión 21 para Windows. Para describir las variables categóricas, se utilizaron frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%). Mientras que las variables cuantitativas son presentadas con sus medianas y rangos intercuartílicos correspondientes. Se evaluaron diferencias de los niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 según características como la edad, el sexo, la dependencia de trabajo del funcionario, el tipo de vacuna recibida, el haber padecido la COVID19 y la presencia de comorbilidades, para estos análisis se utilizaron las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney (dos grupos) y de Kruskal-Wallis (≥ 2 grupos) con un nivel de significancia estadística: $p < 0,05$. Además, se compararon variables demográficas y clínicas con la respuesta de anticuerpos

IgG anti-SARS-Cov-2 (superior al punto de corte establecido por el fabricante del kit de ELISA utilizado), aplicando el análisis de regresión logística univariado y multivariado ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó la respuesta de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 post-inmunización de 124 funcionarios del IICS. El rango etario de los participantes fue de 25 a 73 años y la mediana fue de 46 años (RIQ= 38 - 54) y predominó el sexo femenino 73% (91/124). En su mayoría los funcionarios recibieron la vacuna Covaxin (88/124) y 27 participantes manifestaron haber padecido la COVID19. En la Tabla 1 se presenta la caracterización clínico-demográfica de la población estudiada.

La respuesta de anticuerpos post-inmunización con la segunda dosis de la vacuna anti-COVID19 fue evaluada midiendo los niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 en los 124 funcionarios del IICS. El rango total de IgG sérica post-vacuna fue de 0,6 a 201,5 RU/mL, con una mediana de 29,8 RU/mL (RIQ: 7,8 – 117,0). En la Figura 1 se presenta la distribución de los niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización y puede observarse la respuesta de anticuerpos

heterogénea, es decir, una marcada dispersión de los niveles de anticuerpos post-vacuna en los 124 funcionarios.

Tabla 1. Características demográficas y clínicas de los funcionarios del IICS post-inmunización con la segunda dosis de la vacuna anti-SARS-CoV-2. (n=124)

Características	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Grupos etarios		
25 - 39 años	40	32
40 - 59 años	73	59
≥ 60 años	11	9
Sexo		
Femenino	91	73
Masculino	33	27
Dependencia de trabajo		
Administrativa	34	27
Laboratorios	78	63
Otras ^a	12	10
Vacuna recibida		
Covaxin	88	71
Astrazeneca	16	13
Sinopharm	12	10
Coronavac	4	3
Sputnik V	4	3
Padecieron COVID-19 (n=27), síntomas		
Dolor de cabeza y/o de cuerpo	25	92
Perdida del gusto y/o del olfato	22	81
Cansancio	18	67
Fiebre	13	48
Dificultad respiratoria	5	19
Hospitalización u oxigenación	2	7
Asintomáticos	2	7
Comorbilidades (n=85)		
Enfermedad alérgica ^b	49	58
Hipertensión	41	48
Obesidad	12	14
Diabetes	8	9
Enfermedad autoinmune ^c	5	6

a: admisión, limpieza, lavado o mantenimiento; b: asma, rinitis, dermatitis o alimentaria; c: artritis reumatoide, fibromialgia, Hashimoto, celiacía

Según datos proveídos por el fabricante del kit de ELISA empleada en este estudio para medir los anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2, el punto de corte de anticuerpos para considerar una respuesta positiva es $\geq 11,0$ RU/mL. En este estudio observamos que 85/124 (68,5%) de los funcionarios presentaron niveles de IgG por encima del punto de corte, lo que podría considerarse una respuesta inmune positiva de anticuerpos anti-SARS-CoV-2. En el grupo de pacientes con anticuerpos por debajo de 11 RU/mL (39/124; 31,5%), observamos

que todos ellos habían recibido la vacuna Covaxin.

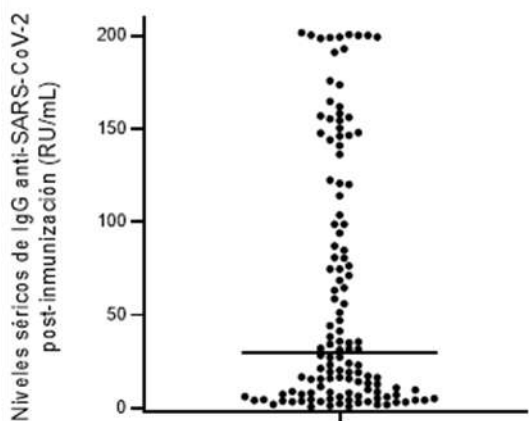


Figura 1. Niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización con la segunda dosis de la vacuna anti-COVID-19 (n=124). Se observó una marcada dispersión de los niveles de anticuerpos post-vacuna en los funcionarios del IICS después de recibir la segunda dosis, con variaciones entre un mínimo de 0,6 RU/mL y un máximo de 201,5 RU/mL. La línea horizontal en el gráfico representa la mediana: 29,8 RU/mL

La marcada dispersión observada en los niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización podría deberse a varios factores, entre ellos, las diferentes vacunas con las que fueron inmunizados los funcionarios. Sin embargo, en un estudio en el que se incluyeron personal sanitario de dos hospitales de Perú y en el que evaluaron la respuesta humoral inducida por un solo tipo de vacuna (BBIBP-CorV-Sinopharm) también encontraron una marcada dispersión en cuanto a los niveles de anticuerpos anti-SARS-CoV-2, siendo la mediana 137,05 U/mL (RIQ= 40,04 - 250) y el valor mínimo fue de 1,78 U/mL

(Soto et al.,2021). La dispersión observada evaluando varios tipos de vacunas al igual que un solo tipo podría deberse a la diversidad en la respuesta inmune de cada individuo.

Las vacunas que utilizan como plataforma virus inactivados (Covaxin, Sinopharm y CoronaVac) presentan distinta formulación y distinto tipo de adyuvantes, y, al enfrentar con una partícula viral entera al sistema inmune del individuo haría que se genere una respuesta de anticuerpos a otros antígenos virales y no solo a la proteína espiga. Mientras que las vacunas con plataforma de vector viral, como la AstraZeneca y la Sputnik V, al presentar al sistema inmune del individuo la proteína espiga, expresada en gran cantidad, producen una alta respuesta de anticuerpos contra la proteína espiga, la cual fue utilizada para recubrir la placa de ELISA utilizada para la medición de los anticuerpos estudiados (Kyriakidis et al., 2021).

En la Tabla 2 se presenta el comportamiento de los niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización con la segunda dosis de la vacuna según características como la edad, el sexo, la dependencia de trabajo del funcionario, el tipo de vacuna recibida, la presencia de infección por SARS-CoV-2 (padecimiento

de la COVID19 por el funcionario), así como la presencia de comorbilidades. Se observó diferencias estadísticamente significativas en los niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización según tres características: la dependencia de trabajo del funcionario, la vacuna recibida y el padecimiento de la COVID19 referido por el funcionario. Rovere et al. en su estudio realizado en 660 individuos adultos vacunados con dos dosis de Sputnik V correspondientes a trabajadores de un hospital de la ciudad de Buenos Aires-Argentina, reportaron que la edad y el género no se comportan como variables predictoras de títulos de anticuerpos al evaluar anticuerpos IgG anti-S1-SARS-CoV-2 (Rovere et al.,2021).

Tabla 2. Niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización según características clínico-demográficas de los funcionarios del IICS. (n=124)

Características	IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización ^a	Valor p ^b
Etario		
25 - 39 años	31,7 (9,2 - 95,4)	
40 - 59 años	23,0 (7,0 - 114,0)	
≥ 60 años	41,3 (16,0 - 148,9)	0,636
Sexo		
Femenino	31,7 (7,8 - 131,7)	
Masculino	23,3 (8,1 - 71,2)	0,609
Dependencia de trabajo		
Administrativa y otras ^c	18,2 (6,0 - 51,3)	
Laboratorios	44,2 (9,9 - 146,10)	0,029
Vacuna recibida		
Covaxin	15,6 (5,0 - 49,2)	
Astrazeneca	85,9 (35,0 - 156,4)	
Sinopharm	101,5 (47,3 - 147,0)	
Coronovac	146,8 (92,3 - 182,3)	
Sputnik V	199,1 (159,7 - 199,3)	< 0,001
Tuvo COVID-19		
Sí	136,2 (59,4 - 183,2)	
No	19,1 (6,2 - 68,6)	< 0,001
Presencia de alergias		
Sí	27,4 (6,5 - 144,0)	
No	31,2 (9,3 - 89,4)	0,798
Presencia de comorbilidades		
Sí	31,2 (8,5 - 122,4)	0,607

^a: medida en RU/mL y expresada en mediana (rango intercuartílico); ^b: los valores fueron obtenidos por las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney (dos grupos) y de Kruskal-Wallis (≥2 grupos) con $\alpha < 0,05$; ^c: admisión, limpieza, mantenimiento.

En la Figura 2 se presenta la distribución de los niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 según el tipo de vacuna recibida, la dependencia de trabajo y padecimiento de la COVID19. Los niveles de anticuerpos IgG post-inmunización fueron significativamente más bajos en los inmunizados con Covaxin en comparación a AstraZeneca, Sinopharm y Sputnik V (Figura 2A), por otra parte, los funcionarios que trabajan en dependencias de laboratorios exhibieron niveles significativamente más altos de anticuerpos en comparación a los de dependencias administrativas (Figura 2B), y, también se observaron niveles de IgG anti-SARS-CoV-2 significativamente más elevados en los funcionarios que manifestaron haber padecido la COVID19 (Figura 2C). Por otra parte, evaluamos el comportamiento de los niveles de anticuerpos según el tipo de vacuna, agrupando a funcionarios respecto a haber o no padecido de la COVID19 y de acuerdo a la dependencia de trabajo (administrativa y laboratorios). Observamos una tendencia de niveles de anticuerpos más elevados en el grupo de pacientes que refirió haber padecido de la COVID19, evidenciándose este comportamiento para cada uno de los tipos de vacuna (Figura 2D), sin embargo, los niveles de anticuerpos mostraron un comportamiento muy similar en los

funcionarios de laboratorios respecto a los de dependencia administrativa, para cada tipo de vacuna (Figura 2E).

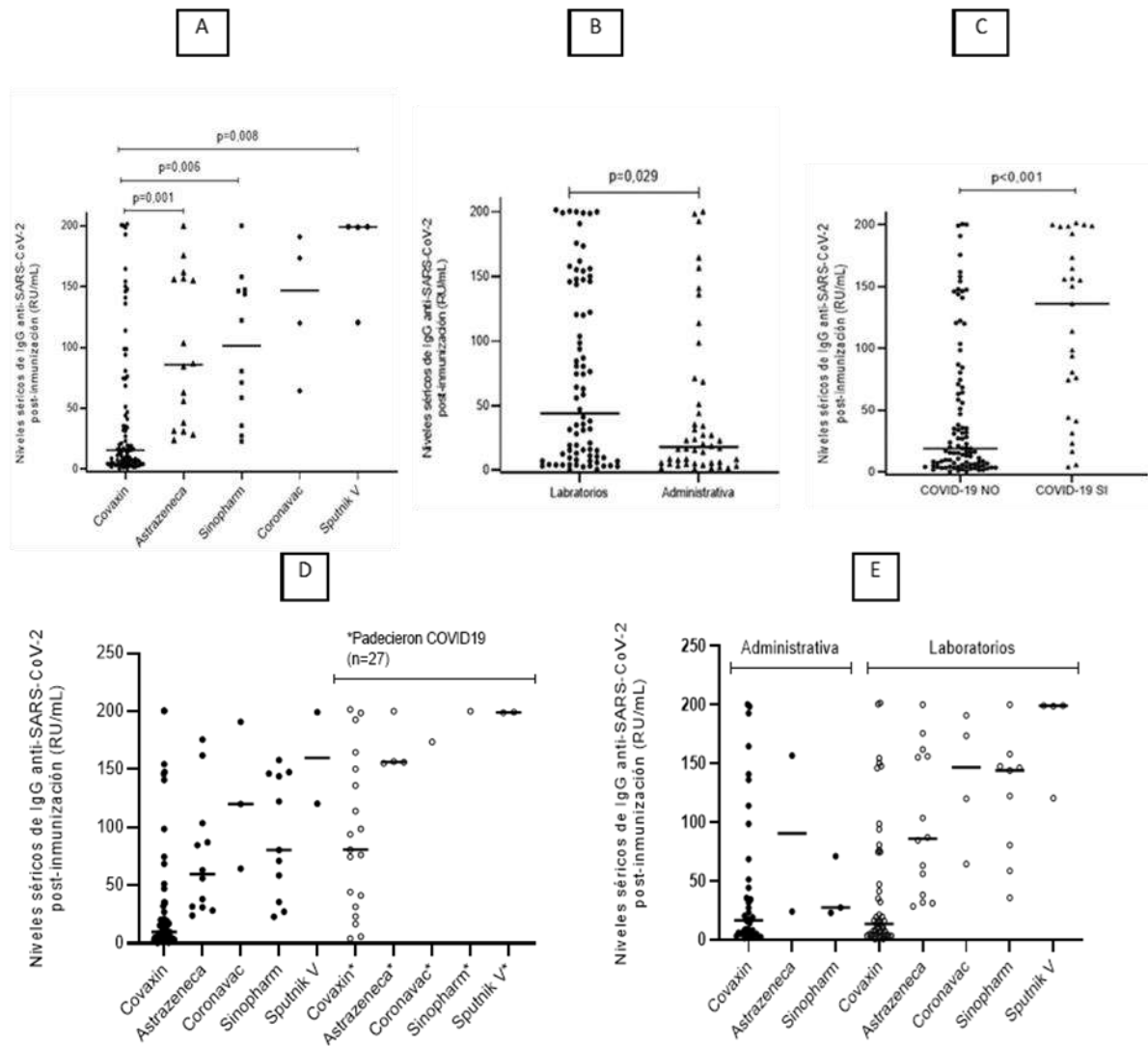


Figura 2. Niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización con la segunda dosis de la vacuna. (A) Niveles de anticuerpos según tipo de vacuna. (B) Niveles de anticuerpos según dependencia de trabajo de los funcionarios. (C) Niveles de anticuerpos en funcionarios con y sin enfermedad (COVID19) previa. (D) Niveles de anticuerpos por tipo de vacuna en funcionarios agrupados según enfermedad (COVID19) previa. (E) Niveles de anticuerpos por tipo de vacuna en funcionarios agrupados según su dependencia de trabajo. Los valores de *p* fueron obtenidos por la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (dos grupos) y la de Kruskal-Wallis (más de dos grupos), en este último caso, se aplicó el análisis pos-hoc de Tukey (significancia estadística considerada: $p < 0,05$).

Finalmente se realizaron comparaciones de características clínico-demográficas entre dos grupos de pacientes, aquellos con IgG anti-SARS-CoV-2 $\geq 11,0$ RU/mL (respuesta positiva según el fabricante del kit de ELISA) y quienes tuvieron respuesta de anticuerpos negativa ($< 11,0$ RU/mL), aplicando el análisis de regresión logística univariado y multivariado (Tabla 3). Cabe mencionar que, el análisis univariado evalúa la relación entre una variable dependiente (respuesta de anticuerpos) y la independiente (factor demográfico o clínico) sin tener en cuenta a las demás variables independientes, en cambio, el análisis multivariado relaciona la dependiente e independiente considerando también la influencia de los otros factores independientes, por tanto, los resultados arrojados por este análisis serían los más confiables. Tal es así que, en el análisis univariado observamos que factores como haberse vacunado en el Hospital de Clínicas ($p=0,035$) y padecer la COVID19 ($p=0,008$) se asociaron significativamente con niveles de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 post-inmunización superiores a 11 RU/mL. Sin embargo, en el análisis multivariado, solo la variable haber padecido de COVID-19 ($p=0,003$) permaneció significativamente asociada, esto es, haber tenido la enfermedad antes de recibir la segunda dosis de la vacuna, se

comportaría como un importante factor ($OR=11,31$ $IC95\%=2,29-55,87$) para desarrollar títulos más elevados de anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2 post-inmunización.

Es importante señalar algunas consideraciones sobre el modelo estadístico de regresión logística, univariado y multivariado. Primero, no encontramos asociación entre la respuesta positiva de anticuerpos ($\geq 11,0$ RU/mL) y los tipos de vacunas, lo cual fue observado en el análisis estadístico anterior. Esto pudo deberse al hecho de dicotomizar la variable IgG anti-SARS-CoV-2 según el punto de corte (11,0 UR/mL) para la regresión logística, un modelo estadístico que solo puede aplicarse cuando la variable dependiente es cualitativa, además, todos los que tuvieron respuesta inferior a 11,0 RU/mL recibieron Covaxin, otro factor limitante para que la regresión logística discrimine las diferencias entre vacunas, razones por las cuales, no sería un modelo apropiado para evaluar la relación respuesta de anticuerpos y tipos de vacunas. Segundo, no observamos diferencias en la respuesta de anticuerpos entre funcionarios de laboratorios y administrativos en la regresión logística, lo que podría deberse a que la relación se vería influenciada por el tipo de vacuna, ya que casi todos los administrativos

recibieron la Covaxin. Tercero, la asociación observada con el lugar de vacunación estaría influenciada por el tipo de vacuna, ya que todos los vacunados allí recibieron Covaxin.

(Nguyen et al., 2020), o incluso, en este grupo ocupacional sería mayor la probabilidad de exposición al virus e infección asintomática como para desarrollar anticuerpos. No obstante, en el

Tabla 3. Asociación entre factores clínico-demográficos y la respuesta positiva (=11,0 RU/mL) de anticuerpos IgG anti-S1 de SARS-CoV-2

Factores demográficos y clínicos	Análisis descriptivo (n= 124)		Regresión logística			
	IgG anti-SARS-CoV-2 < 11,0 RU/mL (n=39)	IgG anti-SARS-CoV-2 =11,0 RU/mL (n=85)	Análisis univariado		Análisis multivariado	
			OR (95% CI)	p	OR (95% CI)	p
Edad (años)	48 (38-55)	45 (38-53)	0,98 (0,95-1,02)	0,344	0,97 (0,89-1,05)	0,404
Sexo (femenino)	74,4% (29/39)	72,9% (62/85)	1,08 (0,45 -2,55)	0,869	0,62 (0,20-1,88)	0,393
Dependencia de laboratorios	53,9% (21/39)	67,1% (57/85)	0,57 (0,26-1,24)	0,159	1,40 (0,51-3,86)	0,520
Vacuna Covaxin	100% (39/39)	57,6% (49/85)	0,00 (0,00-0,00)	0,998	0,00 (0,00-0,00)	0,962
Lugar de vacunación Hospital de Clínicas	92,3% (36/39)	75,3% (64/85)	3,94 (1,09-14,11)	0,035	1,42(0,19-10,67)	0,737
Padeció COVID19	5,1% (2/39)	29,4% (25/85)	7,71 (1,72- 34,4)	0,008	11,31 (2,29-55,87)	0,003
Presencia de alergias	48,7% (19/39)	35,3% (30/85)	1,74 (0,81- 3,76)	0,158	0,44 (0,13-1,51)	0,192
Presencia de comorbilidades	69,2% (27/39)	68,2% (58/85)	1,05 (0,46-2,38)	0,912	1,17 (0,34-4,10)	0,804

En síntesis, las variables asociadas con la respuesta de anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2 serían, la enfermedad (COVID19) previa a la inmunización, según lo observado en el análisis de regresión logística multivariado, y, el tipo de vacuna, según lo observado al considerar a la respuesta de anticuerpos en forma cuantitativa, sin dicotomizar la variable.

Se ha reportado un riesgo aumentado de los trabajadores del área de salud a presentar casos positivos de COVID19

análisis multivariado de este estudio no observamos asociación entre la dependencia de trabajo (laboratorios o administrativos) y la respuesta de anticuerpos. Si bien, encontramos una diferencia moderadamente significativa ($p=0,029$) al aplicar la prueba de Mann-Whitney (IgG anti-SARS-CoV-2 como variable continua), esta relación estaría influenciada por el tipo de vacuna, ya que casi todos los administrativos recibieron Covaxin, vacuna con la cual se obtuvieron



los niveles más bajos de anticuerpos post-inmunización.

Es de esperar la diferencia significativa observada en los niveles de anticuerpos IgG anti-SARS-CoV-2 entre individuos que tuvieron COVID19 y los que refieren no haber padecido la enfermedad, asociación que también fue observada en el análisis multivariado, ya que los primeros presentarían una memoria inmunológica al virus por la cual se presentarían títulos más elevados de anticuerpos en individuos que ya padecieron la enfermedad. Un estudio realizado en la India en el cual se evaluó la respuesta de anticuerpos luego de la primera y la segunda dosis de dos tipos de vacunas, Covaxin y Covishield (plataforma de virus inactivado y vector viral, respectivamente), en 515 trabajadores de la salud encontró diferencias significativas con respecto a historia de infección con SARS-CoV-2 luego de la primera dosis de vacuna, sin embargo, esta diferencia significativa no se mantuvo luego de la segunda dosis de vacuna (Singh et al., 2021).

En cuanto a la diferencia significativa observada entre los niveles de anticuerpos anti-SARS-CoV-2 inmunizados con Covaxin con respecto a otras vacunas, en el estudio realizado por Singh y colaboradores en trabajadores de la salud

en India también se observó niveles de anticuerpos anti-S1 y anti-S2 menores en aquellos vacunados con Covaxin, en comparación con los vacunados con la vacuna Covishield, la cual utiliza la plataforma de vector viral ChAdOx1-nCoV adquirida de la universidad de Oxford, la que corresponde a la vacuna AstraZeneca (Singh et al., 2021). No se han encontrado estudios que reporten resultados entre Covaxin y las otras vacunas estudiadas.

En estos casos las diferencias podrían deberse tanto a características propias de la población estudiada como a características de las mismas vacunas, por ejemplo, adyuvantes usados en su formulación. Debido al bajo número de individuos que forman los grupos de vacunados con AstraZeneca, Sputnik V y Sinopharm, se debería estudiar si la diferencia encontrada se mantiene estudiando un número más grande de individuos que hayan sido inmunizados con esas vacunas.

Este estudio tiene como limitación el haber estudiado un solo aspecto de la respuesta inmune a la inmunización, ya que la respuesta inmune es un conjunto de interacciones que comprende tanto a componentes celulares como humorales. Se cuenta con información acerca de la respuesta inmune a la infección por el virus



SARS-CoV-2 que resalta la importancia de la respuesta inmune celular, linfocitos T, células NK (Pan et al., 2021; Tay et al., 2020), por lo que sería relevante incluir ensayos que permitan estudiar estos componentes de la respuesta inmune en futuros estudios. Otra limitación del estudio es que se realizó la medición de niveles séricos de IgG anti-SARS-CoV-2 y no ensayos de neutralización viral para la medición de la capacidad de los anticuerpos de neutralizar al virus, sin embargo, se utilizó un kit de ELISA que presenta un buen desempeño en relación a ensayos de neutralización (Szabó et al., 2021).

CONCLUSIONES

En este estudio determinamos los niveles séricos de anticuerpos anti-S1 del virus SARS-CoV-2 en funcionarios del IICS-UNA, post-inmunización con la segunda dosis de la vacuna, y observamos una respuesta muy heterogénea, cuyas causas más probables serían las diferentes vacunas utilizadas y la respuesta inmune propia de cada sujeto evaluado.

No observamos diferencias significativas de los niveles de IgG anti-SARS-CoV-2 con la edad, el sexo, ni la presencia de alergias u otras comorbilidades. En el análisis de regresión logística multivariado encontramos que la característica

asociada a una respuesta positiva de anticuerpos fue haber padecido COVID19 antes de la inmunización, no obstante, el tipo de vacuna solo mostró relación con la respuesta de anticuerpos al considerar a la variable IgG anti-SARS-CoV-2 como continua, donde observamos niveles de anticuerpos significativamente más bajos en quienes recibieron Covaxin en comparación a las otras vacunas (Astrazeneca, Coronavac, Sinopharm, Sputnik V).

Si bien estos hallazgos no son suficientes para concluir sobre el estado de protección del individuo, ya que se precisa evaluar los otros componentes de la respuesta inmune y contrastar nuestros resultados con la cuantificación de anticuerpos neutralizantes del virus, estos datos estarían aportando la primera información sobre respuesta de anticuerpos a vacunas anti-SARS-CoV-2 a nivel local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amanat, F. y Krammer, F. (2020). SARS-CoV-2 Vaccines: Status Report. *Cell Press*, 52(4),583–589.
- Cao, Y., Su, B., Guo, X., Sun, W., Deng, Y., Bao, L.,...Xie, X. S. (2020). Potent Neutralizing Antibodies against SARS-CoV-2 Identified by High-



- Throughput Single-Cell Sequencing of Convalescent Patients' B Cells. *Cell Press*, 182(1), 73-84.e16.
- Chung, J. Y., Thone, M. N., y Kwon, Y. J. (2021). COVID-19 vaccines: The status and perspectives in delivery points of view. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 170, 1–25.
- Dirección General de Vigilancia de la Salud, y Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, P. (2021). Boletín Epidemiológico Semana 45 Coronavirus-COVID-19 en Paraguay. <https://ourworldindata.org/>
- Ella, R., Reddy, S., Blackwelder, W., Potdar, V., Yadav, P., Sarangi, V.,...Vadrevu, K. M. (2021). Efficacy, safety, and lot-to-lot immunogenicity of an inactivated SARS-CoV-2 vaccine (BBV152): interim results of a randomised, double-blind, controlled, phase 3 trial. *The Lancet*, 398, 2173-84.
- Falsey, A. R., Sobieszczyk, M. E., Hirsch, I.,... Gonzalez-Lopez, A. (2021). Phase 3 safety and efficacy of AZD1222 (ChAdOx1 nCoV-19) Covid-19 vaccine. *New England Journal of Medicine*.
- Food and Drug Administration, FDA (2021). Approves First COVID-19 Vaccin 2022 (<https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-first-covid-19-vaccine>).
- Gao, Q., Bao, L., Mao, H., Wang, L., Xu, K., Yang, M.,...Qin, C. (2020). Development of an inactivated vaccine candidate for SARS-CoV-2. *Science*, 369(6499), 77–81.
- Jara, A., Undurraga, E. A., González, C., Paredes, F., Fontecilla, T., Jara, G.,...Araos, R. (2021). Effectiveness of an Inactivated SARS-CoV-2 Vaccine in Chile. *New England Journal of Medicine*, 385(10), 875–884.
- Kyriakidis, N. C., López-Cortés, A., González, E. V., Grimaldos, A. B., y Prado, E. O. (2021). SARS-CoV-2 vaccines strategies: a comprehensive review of phase 3 candidates. *npj Vaccines* 6 (1), 1-17.
- Logunov, D. Y., Dolzhikova, I. V., Shcheblyakov, D. V., Tukhvatulin, A. I., Zubkova, O. v., Dzharullaeva, A. S.,...Gintsburg, A. L. (2021). Safety and efficacy of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an



- interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia. *The Lancet*, 397(10275), 671–681.
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, P., & Programa Ampliado de Inmunizaciones. (2021). Campaña de Vacunación COVID-19. <https://www.vacunate.gov.py/>
- Nguyen, L. H., Drew, D. A., Graham, M. S., Joshi, A. D., Guo, C. G., Ma, W.,...Zhang, F. (2020). Risk of COVID-19 among front-line health-care workers and the general community: a prospective cohort study. *The Lancet Public Health*, 5(9), e475–e483.
- Pan, Y., Jiang, X., Yang, L., Chen, L., Zeng, X., Liu, G.,...Li, Y. (2021). SARS-CoV-2- specific immune response in COVID-19 convalescent individuals. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, 6(1).
- Patel, E., Bloch E., Clarke, Hsieh, Y., Boon, D., Eby, Y.,...Oliver Laeyendeckere. (2020). Comparative performance of five commercially available serologic assays to detect antibodies to SARS-CoV-2 and identify individuals with high neutralizing titers. *Journal of Clinical Microbiology*, 59(2), 1-10.
- Peralta, G., Carozzo, T., Sierra, M., y Figueroa, E. B. (2020). Enfermedad por coronavirus (COVID- 19): la pandemia según la evidencia actual *Revista de Ciencia y Tecnología*. 9(1), 15-27.
- Rovere, P., Laurelli, A., Diaz, A., Dabusto, G. y Valdez, P. Seroprevalencia de anticuerpos anti S1-SARS-CoV-2 en trabajadores vacunados con sputnik V en un Hospital público de la ciudad de Buenos Aires (2021). *Medicina*, 81, 895-901.
- Singh, A. K., Phatak, S. R., Singh, R., Bhattacharjee, K., Singh, N. K., Gupta, A., y Sharma, A. (2021). Antibody response after first and second-dose of ChAdOx1-nCOV (Covishield™) and BBV-152 (Covaxin™) among health care workers in India: The final results of cross-sectional coronavirus vaccine-induced antibody titre (COVAT) study. *Vaccine*, 39(44), 6492–6509.
- Soto, A., Charca, F., Pareja M., Fernández, M., Altamirano, K., Sierra, E.,... Alcantara, A. (2021). Evaluación de



- la respuesta humoral inducida por la vacuna BBIBP-CORV mediante la determinación de anticuerpos neutralizantes en personal sanitario peruano. *Revista peruana de Medicina experimental y Salud Publica*, 38(4), 493-500.
- Syed, S., Hasson, A. A., Khalifa, J., Al-Busaidi, Z., Sallam, T. A., y Hasson, S. (2015). The past, current and future trends in DNA vaccine immunisations *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(5), 344-353.
- Szabó, Z., Szabó, T., Bodó, K., Kemenesi, G., Földes, F., Kristóf, K.,... Lacza, Z. (2021). Comparison of virus neutralization activity and results of 10 different anti-SARS-CoV-2 serological tests in COVID-19 recovered plasma donors. *Practical Laboratory Medicine*, 25, 1-11.
- Tanriover, M. D., Doğanay, H. L., Akova, M., Güner, H. R., Azap, A., Akhan, S... Aksu, K. (2021). Efficacy and safety of an inactivated whole-virion SARS-CoV-2 vaccine (CoronaVac): interim results of a double-blind, randomised, placebo-controlled, phase 3 trial in Turkey. *The Lancet*, 398(10296), 213–222.
- Tay, M. Z., Poh, C. M., Rénia, L., MacAry, P. A., y Ng, L. F. P. (2020). The Trinity of COVID-19: immunity, inflammation and intervention. *Nature Reviews Immunology*, 20(6), 363–374.
- WHO. (2022). WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard with Vaccination Data. <https://covid19.who.int/>
- World Health Organization (WHO). (2021). The Sinopharm COVID-19 vaccine: What you need to know. <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/the-sinopharm-covid-19-vaccine-what-you-need-to-know>
- Organization World Health,WHO (2021). Status Vaccine Covid 19 Who. (https://www.google.com/search?q=status+vaccine+covid+19+who&rlz=1C1CHBF_esPY800PY800&oq=status+&aqs=chrome.1.69i57j35i39j0i512i2j46i512j0i512i5.10327j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
- Zhang, C., Maruggi, G., Shan, H., y Li, J. (2019). Advances in mRNA vaccines for infectious diseases. *Frontiers in Immunology*,10, 1-13.