

CIENCIAS DE LA VIDA - #4

REVISTA

DE LAS JORNADAS DE
JÓVENES INVESTIGADORES

LA EDUCACIÓN Y LA CIENCIA
TRANSFORMAN REALIDADES



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



UNIVERSIDAD
NACIONAL ✦
DE TUCUMÁN

Revista de las Jornadas de Jóvenes Investigadores
Eje Ciencias de la Vida, Volúmen 4.

© 2025, Asociación de Universidades del Grupo Montevideo.

ISSN 3121-2190

Tucumán, Argentina. Noviembre de 2025.



**Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO**



**UNIVERSIDAD
NACIONAL ♦
DE TUCUMÁN**

Contenido

Correlación entre lactancia y hábitos orales parafuncionales en el desarrollo de maloclusiones en niños de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Concepción Paraguay.....	5
<i>Angelo Ferreira</i>	
Extractos microalgales como bioinsumo en hortalizas.....	15
<i>Fiana Schiebert</i>	
Niveles de Radiación Ionizante en el Servicio de Radiología del Hospital Regional de Concepción-Paraguay. Junio 2025.....	42
<i>Carlos Rodríguez</i>	
Modelo de asimilación de datos basado en machine learning para la estimación de caudal.....	53
<i>Javier Leiva</i>	
Microbiota fúngica intestinal do inseto praga <i>Sphenophorus levis</i> : caracterização e investigação do seu envolvimento na biodegradação de poliestireno.....	63
<i>Henrique França</i>	
Estudio de la resistencia antimicrobiana en <i>Escherichia coli</i> aislada de útero de vacas lecheras posparto sanas, con metritis y de su ambiente.....	80
<i>Taiel Konis</i>	
Estudio del movimiento de sentado a parado mediante tecnologías de estimación de la pose.....	95
<i>Dana Guber</i>	
Projeto pet-saúde equidade: desarrollo de acciones pensando en la salud mental de las trabajadoras del sus de la atención primaria de salud de Foz do Iguaçu.....	105
<i>José Amaro</i>	
Evaluación de los carbohidratos en fórmulas infantiles y su potencial cariogénico en la desmineralización del esmalte.....	115
<i>Bárbara de Assuncao</i>	
El rol dual de foxp3 en cáncer cerebral: un blanco terapéutico para mejorar el tratamiento del glioblastoma.....	131
<i>Matías García</i>	
Micologia médica no ensino superior: impactos de um projeto educacional na formação de futuros profissionais da saúde.....	149
<i>Ana Rezende</i>	

Calidad objetiva y percepción del sueño en personas mayores de un entorno urbano y uno rural.....	160
<i>Benjamín Acevedo</i>	
Innovación digital mediante la implementación de un ChatBot en WhatsApp para mejorar el acceso a la información sanitaria en contextos rurales.....	174
<i>Camila Patané</i>	
Financiarización y dependencia en el agro argentino, 1976 y 2024.....	181
<i>Guido Mendizabal</i>	
Análisis morfométrico y funcional del intestino sano mediante técnicas histológicas, histoquímicas e inmunohistoquímicas en la especie porcina.....	203
<i>Aurora Sánchez</i>	
Caracterización epidemiológica de infecciones nosocomiales en pacientes internados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay (Periodo 2024).....	219
<i>Isaias Ayala</i>	
Caracterización de los Delitos contra el Medio Ambiente en la Ciudad de Pilar, Ñeembucú – Paraguay.....	232
<i>Candia Ayala, Vanessa Arami</i>	

38- Ciencias de la vida - Atención Primaria de la Salud

Correlación entre lactancia y hábitos orales parafuncionales en el desarrollo de maloclusiones en niños de la Facultad de Odontología de la universidad Nacional de Concepción Paraguay

Autor: Ferreira Bareiro, Angelo Ariel; angeloferreirabareiro18@gmail.com Co-autor(es): Vera Leon, Alberto Moisés...

Orientador/a: Caballero Salinas, Zoraida Antonia; zocaballero@365.unc.edu.py Universidad Nacional de Concepción / Facultad de Odontología

Resumen

Objetivo: Correlacionar la lactancia materna y hábitos parafuncionales en el desarrollo de las maloclusiones dentales, en expedientes clínicos de niños. Material y métodos: se llevó a cabo un estudio transversal descriptivo y analítico tomando como muestra 100 expedientes clínicos de pacientes entre 6 y 12 años de edad, de ambos sexos atendidos en la cátedra de ortodoncia II de la facultad de odontología de la universidad nacional de Concepción, en el periodo de 2019 y 2025. Se consideró la información relacionada con el tipo de lactancia, diagnóstico de maloclusiones dentales, hábitos parafuncionales, así como la edad y el sexo. Los resultados arrojaron que no hubo una relación en general significativa entre la presencia de hábitos perniciosos con el desarrollo de maloclusiones, pero si una estrecha relación entre la succión digital, protracción lingual, uso de chupete y biberón en el desarrollo de mordida abierta anterior. En cuanto a la lactancia, el desarrollo de maloclusiones no tuvo ningún tipo de relación evidente con la presencia de estas anomalías de oclusión dental, que estuvieron presentes en pacientes que fueron alimentados de manera natural, mixta o artificial. Estos hallazgos evidencian la importancia de reconocer la presencia de estos hábitos parafuncionales a tiempo, con un hincapié principal en el hábito de succión digital, para así evitar problemas dentarios futuros en infantes. Cabe resaltar la importancia del diagnóstico precoz para solucionar el problema de raíz, ya sea con métodos de ortodoncia interceptiva o apoyo psicológico especializado a niños que presenten estos hábitos.

Palabras clave: lactancia materna, hábitos orales parafuncionales, maloclusiones dentales

Introducción

La mala oclusión dental se define como cualquier desviación o anomalía en la forma en que los dientes se alinean o encajan entre sí cuando la boca se encuentra en reposo. Su causa puede variar, sin embargo, existen innumerables factores que pueden causarla (Murrieta, 2022). Los hábitos como la succión no nutritiva, la succión digital, deglución atípica e interposición lingual son algunos de los factores más frecuentes que pueden afectar el desarrollo craneo facial de la infancia. La relación entre estos hábitos orales y las alteraciones en el desarrollo dental y facial no es estrictamente determinante sino más bien de carácter correlacional. (Majorana 2015) A diferencia de la alimentación mediante fórmulas, se ha constatado que el amamantamiento favorece un desarrollo adecuado de las estructuras craneofaciales, gracias al esfuerzo muscular que demanda. Esta actividad contribuye al cierre correcto de los labios, facilita una colocación apropiada de la lengua sobre el paladar y estimula el funcionamiento correcto de la mandíbula. Durante la lactancia natural, los movimientos de la lengua y los labios permiten al lactante extraer la leche a través de una acción de compresión activa, mientras que los niños que son alimentados con biberón realizan un movimiento más pasivo para extraer la leche lo que genera menos estimulación

del sistema estomatognático. (Paolantonio, 2019).

Los hábitos para funcionales son causas primaria o secundaria de las diferentes mala oclusiones dentomaxilofaciales. Suelen manifestarse en momentos de estrés, frustración o aburrimiento, así como aparecer por falta de atención de los padres, tensiones en el ambiente familiar e inmadurez psicológica. (Trawitzki, 2005) El tratamiento estomatológico debe ir de la mano con el apoyo psicológico, ya que ambos están estrechamente relacionados. Para detectar estos hábitos, es fundamental hacer preguntas a los padres y familiares, así como realizar una evaluación clínica facial, bucal y funcional (Lipari, 2024).

Objetivo

Por lo cual el siguiente estudio tiene como objetivo correlacionar la lactancia materna y hábitos parafuncionales en el desarrollo de las maloclusiones dentales en pacientes pediátricos atendidos en la facultad de odontología de la universidad nacional de Concepción en el periodo 2019 al 2025.

Marco teórico

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), "Las maloclusiones dentarias ocupan el tercer lugar de prevalencia dentro de las patologías en salud bucal, luego de la caries dental y de la enfermedad periodontal. (Vera-Veloz, 2023)

Los hábitos bucales deformantes se

definen como la costumbre o práctica que se adquiere de un acto, por su repetición frecuente hacen que actúen fuerzas no naturales sobre los dientes que pueden causar alteraciones dentomaxilofaciales como por ejemplo las maloclusiones dentarias. Los más frecuentes son: respiración bucal, onicofagia, lengua protráctil, la succión del pulgar u otro dedo (succión digital), uso de chupetes y biberones, queilofagia. (Espinal, 2016)

Los hábitos bucales son causa primaria o secundaria de maloclusiones o deformaciones dentomaxilofaciales. Suelen manifestarse en momentos de estrés, frustración, fatiga o aburrimiento, así como aparecer por falta de atención de los padres al niño, tensiones en el entorno familiar e inmadurez emocional. (Anand, 2022)

El tratamiento estomatológico debe estar ligado al psicológico por todas sus manifestaciones. El diagnóstico de estos hábitos se realiza a través del interrogatorio a padres y familiares, del examen clínico facial, bucal y funcional. (Espinal, 2016) Resulta fácil detectar la relación causa- efecto de un hábito por simple observación y se corrobora con análisis funcional y los medios auxiliares del diagnóstico (radiografías y modelos de estudio).

La anatomía dentofacial puede alterarse cuando existe obstrucción nasorespiratoria. Si está comprometida la

respiración nasal, puede dar lugar a una respiración bucal. Según la magnitud, duración (el inicio) y tiempo (cuántas veces al día) de esta forma de respiración, puede alterar la posición de la cabeza y del cuello y tener efectos sobre la relación de los maxilares. Los pacientes con esta patología dirigen la cabeza hacia atrás, para compensar la respiración bucal; el crecimiento del maxilar inferior dirigido hacia abajo crea la imagen de “cara larga” y puede ser causa de maloclusión.

La lactancia materna se considera la opción ideal de nutrición y alimentación infantil para los recién nacidos. En diversos estudios se señala su importancia como única alimentación durante los primeros 6 meses de vida. En 2004, en reunión conjunta de la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia se presentó un informe titulado Estrategia mundial para la alimentación del lactante y del niño pequeño, donde se destaca la importancia de la lactancia materna desde lo inmunológico, lo nutricional y lo psicológico, ya que es la medida más efectiva y menos costosa para evitar la desnutrición infantil y las enfermedades infecciosas durante los primeros meses de vida. Aunado a ello, está directamente relacionada con las necesidades emotivas y afectivas del bebé y la madre. Por ello, recomiendan e incentivan un mínimo de exclusiva lactancia materna hasta los 6

primeros meses de vida y después debe complementarse con otros alimentos hasta los 2 años de edad, para así proporcionarle buen desarrollo físico y emocional al niño. El amamantamiento promueve un adecuado crecimiento y desarrollo de las estructuras craneofaciales, ya que se produce una excitación de la musculatura orofacial y se estimula el desarrollo funcional y armonioso del sistema estomatognático. Es el responsable de madurar los músculos de la masticación, además de estimular el desarrollo de los maxilares y diferenciar las articulaciones temporomandibulares, lo que ayuda a prevenir la aparición de hábitos orales para funcionales y maloclusiones. (Trawitzki, 2005)

La presencia de hábitos orales parafuncionales afecta el balance neuromuscular orofacial y el crecimiento craneofacial y facilita el desarrollo de maloclusiones, lo que depende del tiempo, intensidad y frecuencia del hábito. En consecuencia, se instala una deglución disfuncional como mecanismo de adaptación lingual que puede perpetuar y exacerbar la maloclusión una vez se ha retirado la causa original. Se ha comprobado que mientras más tiempo se amamanta al niño, menor es la probabilidad de usar algún sustituto de succión y, por ende, menor es la probabilidad de desarrollar una maloclusión posteriormente. (Parra-Iraola,

2018)

Las alteraciones en el desarrollo de la oclusión están influenciadas por factores hereditarios, congénitos, constitucionales y ambientales. También se asocian con la presencia de caries dentales, insuficiencia respiratoria nasal, hábitos nocivos de succión, deglución, masticación y un corto periodo de lactancia materna. Estas son responsables de algunas formas de maloclusión en la infancia, de las cuales se ha evidenciado como las más prevalentes: la mordida cruzada posterior y la mordida abierta. Estas se ven influenciadas por periodos cortos de lactancia materna (Murrieta-Pruneda, 2020)

Material y método:

El trabajo corresponde a una investigación de tipo transversal, retrospectiva y analítica, donde se buscó correlacionar datos sobre el tipo de lactancia, hábitos perniciosos con el desarrollo de maloclusiones y malposiciones dentarias que fueron obtenidos de expedientes clínicos de niños de ambos sexos; de 6 a 12 años de edad que asistieron a la cátedra de ortodoncia II de la facultad de odontología de la universidad nacional de Concepción entre los años 2019 a 2025 en Concepción, Paraguay.

Los expedientes clínicos, se encuentran registrados en el archivo de la facultad de odontología de la universidad nacional de Concepción. La muestra fue del tipo no probabilística por conveniencia

conformada por expedientes clínicos que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos; tales como, expedientes completos, legibles, que presenten imágenes (fotografías intraorales y radiografías) en buenas condiciones.

Los datos recolectados se analizaron mediante estadísticas descriptivas, utilizando frecuencias absolutas, porcentajes y representaciones gráficas para interpretar los resultados. Para obtener la relación entre los hábitos orales parafuncionales y el desarrollo de anomalías de la oclusión dental, se contabilizó la cantidad de pacientes que poseían un determinado diagnóstico y si estos presentaban algún tipo de hábito pernicioso, en cuanto al aparatado de lactancia, se tuvo en cuenta el tipo de alimentación que recibió el infante ya sea de manera natural, mixta o artificial y el diagnóstico que presentaban. Se recolectó además otros datos importantes de relevancia ya sea los tipos de respiración, las clases dentarias según la clasificación de Angle distribuidas por sexo, y la presencia de malposiciones dentarias individuales.

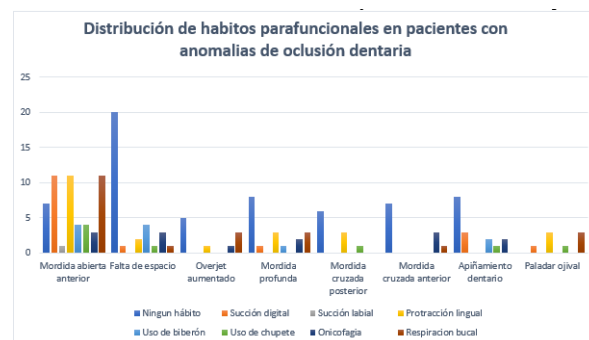
Resultados

Tabla 1: distribución de casos con pacientes con presencia de hábitos parafuncionales

	Presente		Ausente	
	fc	%	fc	%
Succión digital	20	20%	80	80%
Succión labial	2	2%	98	98%
Protracción lingual	22	22%	78	78%
Onicofagia	12	12%	88	88%
Respiración bucal	20	20%	80	80%
Uso de chupete	6	6%	94	94%
Uso de biberón	9	9%	91	91%

Se analizaron un total de 100 expedientes clínicos de los cuales el 67% correspondió a pacientes del sexo femenino y el 33% a pacientes del sexo masculino. En cuanto al tipo de lactancia, se observó que el 81% de los pacientes recibió lactancia materna exclusiva, el 14% tuvo lactancia mixta y el 5% fue alimentado exclusivamente con fórmulas. En el apartado de hábitos, los más frecuentes fueron la deglución atípica ya sea con interposición lingual o labial presente en 24 pacientes y la succión digital en 20 individuos.

Grafico 1.



Fuente propia

Al relacionar las maloclusiones y anomalías de oclusión presentes en los pacientes con los hábitos perniciosos, resultó que la mayoría de los pacientes que presentaban mordida abierta anterior (29) el 11% poseía el hábito de succión digital, respiración bucal y deglución atípica con interposición labial y en menor medida con interposición lingual, el resto de pacientes con malposiciones y anomalías de oclusión presentaban en menor medida, onicofagia (12), el uso prolongado de chupete (6) y uso prolongado de biberón (9).

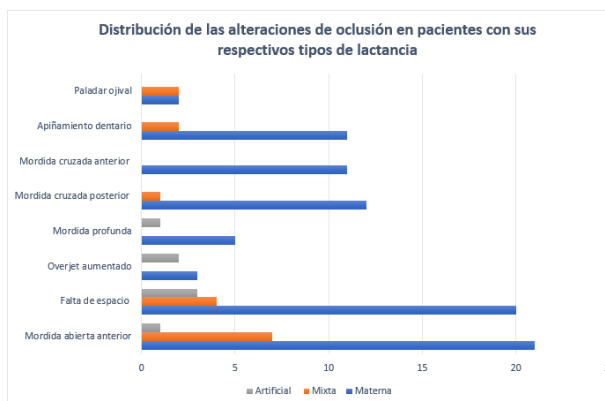
Tabla 2: distribución de hábitos parafuncionales en los pacientes

Maloclusión								
Sexo	Clase I		Clase II		Clase III		Total	
	Fc	%	Fc	%	Fc	%	Fc	%
Masculino	18	18	15	15	0	0	33	33%
Femenino	42	42	24	24	1	1	67	67%
Total	66	60%	39	39%	1	1%	100	100%

Fuente propia

En cuanto a las maloclusiones de clase I, II, y III, están presentadas sistemáticamente en la *tabla 2*, distribuidas por sexo, la clase I se presentó con más frecuencia, con un total de 66 pacientes, la clase II en menor medida con un total de 39 pacientes, y solo 1 paciente con clase III.

Gráfico 2



Fuente propia

La distribución de casos de anomalías en la oclusión dental y el tipo de lactancia que presentaba cada paciente dio como resultado que la lactancia materna exclusiva se presentó con más frecuencia con un total de 80 individuos, mientras que la lactancia del tipo mixta en 14 pacientes y solo 6 recibieron lactancia a través de fórmulas, las distintas anomalías se presentaron en todos los pacientes independientemente del tipo de alimentación que recibieron durante la

etapa de lactancia

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una alta prevalencia de hábitos orales parafuncionales en los niños evaluados, siendo los más comunes la respiración bucal, la succión digital y la deglución atípica, que estuvieron fuertemente relacionados con maloclusiones como la mordida abierta anterior. Estos hallazgos coinciden con lo reportado en diversas investigaciones que relacionan dichos hábitos con alteraciones en el desarrollo normal de la oclusión dental. En relación con las anomalías de la oclusión, se observó que la mayoría de los pacientes presentaron clase I molar, seguido de clase II y en menor medida clase III. Las maloclusiones más frecuentemente asociadas a hábitos orales fueron la mordida abierta anterior, el overjet aumentado y la falta de espacio. Particularmente, los pacientes con mordida abierta presentaban con frecuencia hábitos como protracción lingual, succión digital, uso prolongado de chupete y biberón, así como respiración bucal. Esta relación refuerza la teoría de que la presencia y duración de hábitos parafuncionales influye directamente en el desarrollo de maloclusiones específicas. Por otro lado, al analizar la correlación entre el tipo de lactancia y las maloclusiones, se observó que la lactancia materna fue la más frecuente,

seguida por la mixta y en menor proporción la artificial. Sin embargo, las anomalías de la oclusión estuvieron presentes independientemente del tipo de lactancia recibida, lo que sugiere que, en esta muestra, la lactancia por sí sola no fue un factor determinante en el desarrollo de maloclusiones en dichos individuos. Este resultado difiere de otros estudios que proponen un efecto protector de la lactancia materna frente a las anomalías dentales, lo cual podría atribuirse a diferencias en el tiempo de duración de la lactancia o a la influencia combinada de otros factores como los hábitos parafuncionales y la genética. Una limitación importante del presente estudio es el tamaño de la muestra (100 fichas clínicas), lo que dificulta establecer diferencias estadísticamente significativas o extrapolar los resultados a una población más amplia. Además, al tratarse de un análisis retrospectivo basado en expedientes clínicos, no fue posible controlar todas las variables relacionadas, como la intensidad y persistencia de los hábitos o el entorno socioeconómico. A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos permiten reflexionar sobre la necesidad de una detección temprana de los hábitos orales parafuncionales y su abordaje interdisciplinario para prevenir alteraciones en el desarrollo de la oclusión. Futuros estudios deberían contemplar un diseño prospectivo con una muestra más

amplia, incluyendo la evaluación clínica directa y la consideración de factores asociados, con el fin de establecer relaciones más precisas entre lactancia, hábitos y anomalías de oclusión dentarias.

Conclusiones

Se identificó una alta prevalencia de hábitos orales parafuncionales en los niños evaluados, siendo los más frecuentes la respiración bucal, la succión digital y la deglución atípica, los cuales mostraron correlación directa con el desarrollo de maloclusiones, especialmente mordida abierta anterior, overjet aumentado y falta de espacio. La lactancia materna fue el tipo de alimentación más común entre los pacientes analizados, seguida de la mixta y la artificial. Sin embargo, no se encontró una correlación clara entre el tipo de lactancia y la presencia de anomalías de la oclusión, lo que indica que la lactancia por sí sola no parece ser un factor determinante en el desarrollo de maloclusiones en esta muestra. Las maloclusiones clase I fueron las más frecuentes, seguidas por las clases II y, en mínima proporción, clase III. El estudio resalta la importancia de la detección temprana y el abordaje oportuno de los hábitos orales nocivos, tales como la aplicación de ortodoncia interceptiva o apoyo psicológico del infante, ya que estos influyen significativamente en la conformación de la oclusión dental durante el crecimiento. La principal limitación del

estudio fue el tamaño reducido de la muestra, lo cual impide establecer asociaciones concluyentes significativas. Se recomienda realizar investigaciones con una muestra más amplia y un diseño prospectivo que permita valorar con mayor precisión la influencia combinada de factores como la lactancia, los hábitos orales y otras variables asociadas.

Referencias bibliográficas

- Anand T, Garg AK, Singh S. Effect of socioeconomic, nutritional status, diet, and oral habits on the prevalence of different types of malocclusion in school-children. Acta Biomed [Internet]. 2022 Jul. 1 [cited 2025]
- Arocha AA, Aranda GMS, Pérez PY. Maloclusiones y hábitos bucales deformantes en escolares con dentición mixta temprana. MediSan. 2016;20(04):426-432.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/medisan/mds-2016/mds164b.pdf>
- Díaz Méndez Haideé, Ochoa Fernández Bernardo, Paz Quiñones Lisett, Casanova Sales Kenya, Coca García Yudenia. Prevalencia de maloclusiones en niños de la escuela Carlos Cuquejo del municipio Puerto Padre, Las Tunas. Medisur [Internet]. 2015 Ago [citado 2025 Jul 07] ; 13(4): 494-99. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2015000400005&lng=es.
- Espinal G, Arias A, Ponce M, Nava J, Posada A, Salcedo B. Frecuencia de hábitos orales relacionados con la maloclusión en pacientes de 4 a 12 años: estudio comparativo entre San Luis de Potosí-México y Medellín –Colombia, 2016. Rev. nac. odontol. [Internet]. 2017 Oct. 13 [cited 2025 Jul. 7];14(26). Available from: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/od/article/view/1814>
- Grippaudo C, Paolantonio EG, Antonini G, Saulle R, La Torre G, Deli R. Associatio between oral habits, mouth breathing and malocclusion. Acta Otorhinolaryngol Ital. 2016;36(5):386-394. DOI: <http://dx.doi.org/10.14639/0392-100X-770>
- Lipari M. Alejandra, Figueroa Francisca, Rosas Antonia, Sepúlveda Rosa, Fuente Gonzalo De la, Albers Daniela et al . Prevalencia de anomalías dentomaxilares y necesidad de tratamiento de ortodoncia en niñas/os de 6 años en cinco comunas de Chile. Estudio Preliminar. Int. j interdiscip. dent. [Internet]. 2024 Ago [citado 2025 Jul 06] ; 17(2): 88-91. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?scri>

- pt=sci_arttext&pid=S2452-55882024000200088&lng=es.
http://dx.doi.org/10.4067/s2452-55882024000200088.
- Majorana A, Bardellini E, Amadori F, Conti G, Polimeni A. Timetable for oral prevention in childhood—developing dentition and oral habits: a current opinion. *Prog Orthod*. 2015 nov 2; 16:42. doi: 10.1186/s40510-015-0107-2. PMID: 26525869; PMCID: PMC4630315.
- Murrieta-Pruneda JF, Muñoz AC, Cuanalo LO, Adriano PAC, Vázquez JM. Frecuencia de Maloclusión Dental en Escolares y su Relación con la Edad, el Sexo y la Escuela de Procedencia. *ESJ* [Internet]. 2020Jan.31 [cited 2025Jul.7];16(3):37. Available from: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12656>
- Murrieta Pruneda JF, et al. Frecuencia de maloclusiones y su relación con hábitos parafuncionales en niños de Chihuahua, México. *Appl Sci Dent*. 2022;3(3):1-11.
- Paolantonio EG, Ludovici N, Saccomanno S, La Torre G, Grippaudo C. Association between oral habits, mouth breathing and malocclusion in Italian preschoolers. *Eur J Paediatr Dent*. 2019 Sep;20(3):204-208. doi: 10.23804/ejpd.2019.20.03.07. PMID: 31489819.
- Parra-Iraola Sandra Susana, Zambrano-Mendoza Andrea Gissela. Mouth Deforming Habits Present in Preschoolers and School Children: Systematic Review. *Int. J. Odontostomat*. [Internet]. 2018 June [cited 2025 July 07] ; 12(2): 188-193. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2018000200188&lng=en.http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2018000200188.
- Quashie-Williams R, daCosta OO, Isiekwe MC. Oral habits, prevalence and effects on occlusion of 4–15-year-old school children in Lagos, Nigeria. *Niger Postgrad Med J*. 2010;17(2):113-7. DOI:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20539325/>
- Trawitzki LV, Anselmo-Lima WT, Melchior MO, Grechi TH, Valera FC. Breast-feeding and deleterious oral habits in mouth and nose breathers. *Rev Bras Otorhinolaringol*. 2005; 71(6): 747-
- Vega Oliva TD, Velázquez Vega A, Arias Varona M, Reyes Romagosa DE. Hábitos bucales deformantes. Características clínicas y

tratamiento. 2 de diciembre. 2018
enero-mayo; 1(1):80-88

Vera-Veloz Amalia Fernanda, Gaviláñez-
Villamarín Silvia Marisol. Hábitos
parafuncionales como factor
etiológico en pacientes con
discrepancias hueso-diente según
la clasificación de Angle. Rev
Ciencias Médicas [Internet]. 2023
[citado 2025 Jun 01] ; 27(Suppl 2
) : . Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942023000800006&lng=es.
Epub 01-Dic-2023.

D.37.- Agroalimentos

Extractos microalgales como bioinsumo en hortalizasAutor: Schiebert, Fiama Ayelén; schiebertf@fcal.uner.edu.arCo-autores: Fernandez, Quimey E.; fernandezqe@fcal.uner.edu.ar; Trabichet, Abril;
trabicheta@fcal.uner.edu.arOrientador/a: Cabrera, Cecilia; cecilia.cabrera@uner.edu.ar Universidad Nacional de Entre
Ríos / Facultad de Ciencias de la Alimentación**Resumen**

En este trabajo se evaluó la aplicación de extractos de la microalga *Tetradescmus obliquus*, como bioestimulante en la germinación de lechuga y tomate, así como bioplaguicida frente a fitopatógenos. Se prepararon 6 extractos microalgales y 2 soluciones testigos: TA (agua destilada), etanol al 1% (TE1). Del cultivo microalgal se obtuvieron 4 extractos: puro (ECM0) y diluidos con agua al 10% (ECM10), 5% (ECM5) y 1% (ECM1). Se elaboraron 2 extractos a partir de biomasa liofilizada: resuspendida en etanol y diluida al 1% con agua (EBLEA1); y resuspendida en agua y diluida al 1% (EBLA1). Para cada tratamiento, se colocaron 50 semillas de cada hortaliza en placas de Petri estériles y se regaron periódicamente con el extracto o testigo correspondiente. Se calculó el porcentaje de germinación (GP); índice de germinación y vigor de la plántula; tiempo medio y energía de germinación; y al final del ensayo se midió la longitud de la plúmula, radícula (LR), y altura total (LT) de las plantas. Para evaluar la actividad plaguicida de los extractos microalgales contra *Clavibacter michiganensis*, *Ralstonia solanacearum*, *Alternaria sp.* y *Fusarium oxysporum* se realizaron ensayos de difusión con discos. Dentro de los resultados, ECM1 mostró mayor GP en lechuga (98%) y ECM5 destacó en tomate (98%). EBLA1 promovió mayor LT (4,00cm) y LR (2,26cm) en lechuga, mientras que en tomate ECM10 logró mayor LT (5,60cm) y LR (3,18cm). Respecto a la actividad plaguicida, EBLA1 inhibió a *C. michiganensis* (6,91mm), *R. solanacearum* (13,90mm) y *Alternaria sp.* (6,91mm), mientras que EBLEA1 fue efectivo contra *C. michiganensis* (6,29mm). Por lo que, los extractos de *T. obliquus*, demostraron potencial como bioinsumo (bioestimulante y bioplaguicida), en hortalizas como lechuga y tomate.

Palabras clave: *Tetradescmus obliquus*, bioestimulante, bioplaguicida.

Introducción

El sistema agroalimentario global enfrenta un momento de transformación estructural. En las próximas décadas, será necesario responder a la creciente demanda de alimentos derivada del aumento poblacional, garantizando al mismo tiempo la sostenibilidad de los recursos naturales y la resiliencia de los sistemas productivos (Álvarez et al., 2021; Vermelho et al., 2024). La intensificación de la agricultura, si bien ha impulsado la productividad, ha dejado una huella ecológica profunda y preocupante (Álvarez et al., 2021). El uso excesivo de agroquímicos sintéticos, la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y la contaminación ambiental son solo algunos de los síntomas de un sistema alimentario global que necesita una transformación hacia la sostenibilidad (Toribio et al., 2021; Schmid et al., 2022; Ramírez Mérida y Rodríguez Padrón, 2023). En los últimos años, la agricultura ecológica se ha presentado como una alternativa para evitar los problemas ambientales mencionados previamente, haciendo que las técnicas y productos agrícolas utilizados sean menos dañinos para el planeta (Rocha et al., 2024). En este marco surge el interés de la comunidad científica por la identificación de alternativas, como el desarrollo de bioproductos o bioinsumos en la

agricultura moderna, para mejorar la calidad del ecosistema. Estos productos de origen biológico, además de su respeto por el ambiente, ofrecen una producción renovable y sostenible e importantes ventajas económicas, que los convierte en nuevas oportunidades de negocio dentro del concepto de bioeconomía circular (Vermelho et al., 2024).

Dentro de los bioinsumos, se encuentran los bioestimulantes y biopesticidas. Éstos son productos a base de microorganismos, materiales orgánicos y vegetales y son utilizados no solo para mejorar la fertilidad del suelo y disponibilidad de nutrientes para las plantas, sino que también para combatir plagas y enfermedades de los cultivos (Rocha et al., 2024). En la producción de bioinsumos se pueden utilizar organismos presentes en los cinco reinos de la vida: vegetal, animal, bacterias, hongos y protistas (Starobinsky et al., 2021). En tal sentido, es posible considerar a las microalgas como un recurso prometedor, pudiendo ser utilizadas como biofertilizantes o bioestimulantes agrícolas, dado que poseen un alto potencial biotecnológico (Álvarez et al., 2021; Ferreira et al., 2024). Las microalgas son un grupo altamente diverso de microorganismos fotosintéticos que tienen la ventaja de presentar requerimientos nutricionales mínimos y

tasas de crecimiento rápidas (Ramírez Mérida y Rodríguez Padrón, 2023). Estos microorganismos son ricos en macro y micronutrientes, compuestos bioactivos y fitohormonas (Álvarez et al., 2021). Además de tener multitud de adaptaciones a situaciones extremas, que les permiten ser competitivas frente a las altas temperaturas, la radiación UV, la sequedad y el estrés salino e hídrico (Singh et al., 2020).

Estas características le otorgan un valor único para abordar este desafiante escenario agrícola, ya que debido a su capacidad de producción de nutrientes y fitohormonas, no solo contribuyen a la nutrición y desarrollo de las plantas, la regeneración del suelo, la germinación de semillas, el crecimiento vegetal y el rendimiento del cultivo (Renuka et al. 2018; Navarro-López et al. 2020; Toribio et al., 2021; Rupawalla et al. 2022; Santos et al., 2024), sino que promueven una mayor tolerancia a múltiples tipos de estrés (Puglisi et al., 2020). Además, tienen la capacidad de actuar como agentes de biocontrol. Esto se debe a la presencia de compuestos bioactivos con actividad antifúngica, antiviral y antibacteriana (Dinev et al., 2021; Shaima et al., 2021; Toribio et al., 2021; Perveen et al., 2022).

Las enfermedades de las plantas causadas por fitopatógenos como

bacterias y hongos, representan una amenaza constante para la producción de cultivos, generando pérdidas a nivel mundial (Vermelho et al., 2024). Dentro de este grupo destacan bacterias como *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganensis* y hongos como *Fusarium oxysporum* y *Alternaria sp.*, que afectan a una amplia variedad de especies, provocando importantes pérdidas económicas y de rendimiento (Perveen et al., 2022).

Estos fitopatógenos tienen un impacto significativo en la germinación de las semillas, comprometiendo tanto el proceso inicial de desarrollo como la viabilidad de las plántulas (Perveen et al., 2022; Vermelho et al., 2024). Cada semilla que no germina implica una pérdida directa de recursos como ingresos, energía y tiempo (Demir et al., 2018; Rupawalla et al., 2022). Una germinación homogénea simplifica las labores de manejo agronómico y reduce la competencia entre plántulas, mejorando la productividad del cultivo (Díaz et al., 2024). Adicionalmente, la germinación uniforme permite un uso más eficiente de recursos como agua, luz y nutrientes, fortaleciendo la capacidad del cultivo para enfrentar condiciones de estrés biótico y abiótico (Navarro-López et al., 2020).

Las microalgas verdes del género *Tetradismus sp.* son fuentes valiosas de

una amplia gama de compuestos bioactivos, especialmente con actividad antimicrobiana (Shaima et al., 2022). Varios estudios han señalado la actividad antimicrobiana de esta microalga contra diferentes especies de bacterias patógenas (Marrez et al., 2019; Alsenani et al. 2020; Toribio et al., 2021; Shaima et al., 2022), así como su actividad antifúngica (Marrez et al., 2019; Dinev et al., 2021; Schmid et al., 2022), y bioestimulante (Navarro-López et al., 2020; Supraja et al., 2020; Toribio et al., 2021). En particular, la biomasa de la cepa *Tetradismus obliquus* que posee una composición rica en minerales y compuestos bioactivos. Esto sugiere su potencial aplicación como bioinsumo en cultivos hortícolas. Su uso mediante extractos derivados de su biomasa podría evaluarse tanto por sus efectos bactericidas y fungicidas frente a cepas fitopatógenas de hortalizas, entre ellas *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Fusarium oxysporum* y *Alternaria* sp., así como por su influencia en el proceso de germinación in vitro de plántulas de lechuga y tomate.

Objetivos

Obtener extractos microalgales con potencial efecto bioestimulante en hortalizas como lechuga y tomate, así como su capacidad bactericida y

fungicida frente a fitopatógenos que afectan dichos cultivos.

Materiales y Métodos

Cultivo Microalgal

La microalga utilizada en este estudio corresponde a *Tetradismus obliquus* (Figura 1), aislada del Embalse Salto Grande (República Argentina), ubicada en 30° 59' 19,07" de latitud sur y 57° 54' 19,24" de latitud oeste (Jiménez-Veuthey et al., 2018).

Figura 1. Vista al microscopio (200x)



de cultivo de microalgas *Tetradismus obliquus* en cámara de Neubauer.

La microalga *T. obliquus* se cultivó en el medio de cultivo estándar Allen & Arnon enriquecido con 0,21 g/L de nitrato de sodio (NO_3Na) y 0,25 g/L de nitrato de potasio (NO_3K), como fuentes de nitrógeno. Además, como fuente de carbono se suplementó el medio con dióxido de carbono (CO_2) a demanda para mantener controlado el pH en $8,0 \pm 0,1$.

Los experimentos se llevaron a cabo en

biorreactores de 25 L colocados en cámara de cultivo a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 55-60 % HR, fotoperiodo luz/oscuridad 16/8 h (Figura 2).



Figura 2. Cultivo de *T. obliquus* en medio Allen & Arnon con incorporación de NO_3^- y CO_2 , en biorreactores de 25 L al inicio (izquierda) y final (derecha) del crecimiento.

Obtención de extractos microalgales
Alcanzado el estado estacionario del cultivo de *T. obliquus*, se obtuvieron diferentes extractos microalgales. Se formularon 6 extractos, 4 a partir del cultivo microalgal líquido y 2 a partir de biomasa liofilizada. De esta última, se obtuvo 1 extracto resuspendiendo la biomasa liofilizada en etanol y 1 extracto resuspendiendo la biomasa liofilizada en agua destilada. Además, se prepararon 2 soluciones testigos:

- TA. agua destilada.
- TE1. solución de etanol al 1 %.

Los extractos preparados a partir de cultivo líquido de microalga fueron: ECM0, ECM10, ECM5 y ECM1:

- ECM0. Extracto preparado a partir

de cultivo microalgal puro que fue colocado en baño de ultrasonido (ULTRASONIK cleaner, NDI 28X) a una frecuencia de 45 kHz durante 90 min, manteniendo la temperatura del baño a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ con agregado de hielo para tal fin. Cada 15 min se observaron los extractos en microscopio de luz invertida (Leica, DMIL) para determinar la presencia de lisis celular.

- ECM10. Extracto de cultivo microalgal (ECM0) al 10 %, diluido con agua destilada.
- ECM5. Extracto de cultivo microalgal (ECM0) al 5 %, diluido con agua destilada.
- ECM1. Extracto de cultivo microalgal (ECM0) al 1 %, diluido con agua destilada. Previo a la liofilización las microalgas fueron cosechadas mediante floculación con quitosano (0,06 g/L acidificado con ácido acético), según se muestra en la Figura 3.

Posteriormente, la biomasa se cosechó empleando una centrifuga (BOECO C-28) a 4000 rpm por 5 minutos. El líquido extracelular se desestimó y la biomasa se secó en liofilizador (Heto Drywiner) a -90°C hasta peso constante. A partir de la biomasa liofilizada, se prepararon 2 extractos,

uno etanólico y otro acuoso.



Figura 3. Cultivo de *T. obliquus*, antes (izquierda) y después (derecha), de la floculación con quitosano.

Para ambos extractos se pesó 18,5 g de biomasa liofilizada y se resuspendió en 100 mL de etanol absoluto o agua destilada respectivamente, lo que fue colocado en baño de ultrasonido (ULTRASONIK cleaner, NDI 28X), a una frecuencia de 45 kHz durante 90 min, manteniendo la temperatura del baño a 25 ± 2 °C con agregado de hielo al baño. Cada 15 min se llevó a cabo observación al microscopio de luz invertida (Leica, DMIL) para determinar la presencia de lisis celular.

En el caso de la biomasa liofilizada resuspendida en etanol, con dicha resuspensión se preparó el siguiente extracto:

- EBLEA1. El extracto de biomasa microalgal liofilizada resuspendida en etanol absoluto fue diluido con agua destilada hasta alcanzar una

concentración del 1 %.

Por otro lado, con la biomasa liofilizada resuspendida en agua destilada se preparó el siguiente extracto:

- EBLA1. El extracto de biomasa microalgal liofilizada resuspendida en agua destilada fue diluido con agua destilada hasta alcanzar una concentración del 1 %.

Evaluación de las soluciones testigos y extractos microalgales sobre la germinación de semillas de lechuga y tomate

Se trabajó *in vitro* con semillas comerciales de 2 especies de hortalizas, lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), (Figura 4).

Las semillas de lechuga correspondieron a la variedad Brisa (Bonanza, USA), mientras que las semillas de tomate pertenecieron a la variedad Platense (CAPS, Argentina).



Figura 4. Semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*, izquierda) y lechuga (*Lactuca sativa*, derecha).

Se analizó el efecto de los extractos microalgales y soluciones testigos sobre el poder germinativo de semillas de lechuga y tomate *in vitro*, según normas ISTA, 2016.

Previamente, las semillas fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 10 % y enjuagadas con agua destilada. Luego fueron secadas en horno de secado (Raypa) a temperatura entre 20 y 25 °C. Tanto para lechuga como para tomate se trabajó con 8 tratamientos, que se correspondieron con los 6 extractos microalgales y las 2 soluciones testigos. Por tratamiento se colocaron 50 semillas en placas de Petri plásticas estériles de 90 x 15 mm conteniendo papel de filtro estéril. Las condiciones de germinación fueron las siguientes:

Lechuga (*L. sativa* var. brisa): Tiempo total de cultivo 7 d. Por día las semillas estuvieron expuestas a una temperatura de 20 °C, con 8 h de oscuridad y 16 h con luz solar.

Tomate (*S. lycopersicum* var. platense): Tiempo total de cultivo 14 d. Por día las semillas estuvieron expuestas durante 8 h a 30 °C con presencia de luz artificial y 16 h a 20 °C en oscuridad. La luz artificial consistió en 8 tubos fluorescentes de 36 W cada uno (Osram Lumilux T8).

Las semillas fueron regadas periódicamente para mantener el

sustrato húmedo con el extracto y testigo correspondiente en cabina de seguridad biológica (BIO-II-A, TELSTAR).

Finalizado el tiempo de cultivo, se analizó la cantidad de semillas germinadas en la lechuga y el tomate. Con esos registros se calculó el porcentaje de germinación (GP, 1) (Hernandez-Herrera et al., 2014), índice de germinación (IG, 2) (AOSA, 1983), tiempo medio de germinación (MGT, 3) (Ellis y Roberts, 1981), energía de germinación (GE, 4) (Hernandez-Herrera et al., 2014) e índice de vigor de la plántula (SVI, 5) (Orchard, 1977). Los parámetros se calcularon según las siguientes ecuaciones:

$$GP (\%) = \left(\frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ total de semillas}} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$IG = \sum \left(\frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas el día } t}{N^{\circ} \text{ de días}} \right) \quad (2)$$

$$MGT (d) = \frac{\sum (D \times n)}{\sum n} \quad (3)$$

Donde D: Número de días contados desde el comienzo del ensayo y n: Número de semillas germinadas en el día D.

$$GE (\%) = \left(\frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas hasta el día } t}{N^{\circ} \text{ total de semillas}} \right) \times 100 \quad (4)$$

$$SVI = \text{Longitud de la plántula (cm)} \times GP \quad (5)$$

Adicionalmente, al final del estudio se midió la longitud de la plúmula, radícula, y altura total de la plántula (mm) con calibre digital profesional (Black Jack).

Microorganismos fitopatógenos

Para realizar estudios *in vitro* referidos al potencial efecto bactericida y fungicida de extractos de microalga de *T. obliquus* se trabajó con microorganismos fitopatógenos suministrados por el Laboratorio de Fitopatología Hortícola de la Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista (Corrientes) del INTA.

Las cepas suministradas fueron:

- 2 cepas bacterianas fitopatógenas: *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* y *Ralstonia solanacearum* (Figura 5).
- 2 hongos fitopatógenos: *Alternaria* sp. y *Fusarium oxysporum* (Figura 6).

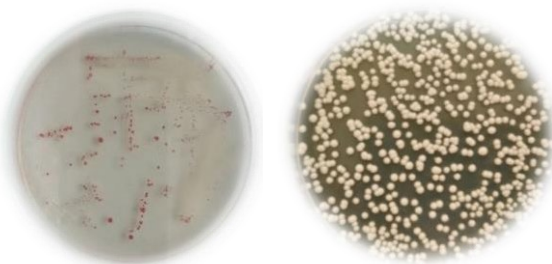


Figura 5. Cepas bacterianas fitopatógenas: *Ralstonia solanacearum* (izquierda) y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (derecha).

Para mantener la cepa bacteriana de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* se cultivó en placas de agar nutritivo estándar (ANS) a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 h y se mantuvo a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta su utilización.

La cepa *Ralstonia solanacearum* se cultivó en placas de medio base Kelman's (MBK) a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 h y se mantuvo a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta su utilización.

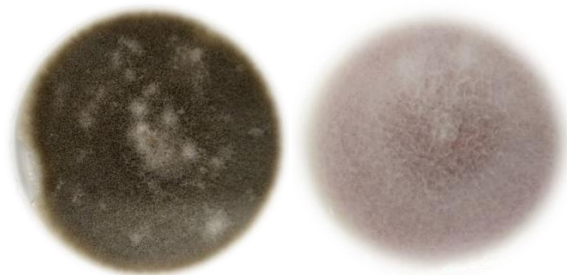


Figura 6. Hongos fitopatógenos: *Alternaria* sp. (izquierda) y *Fusarium oxysporum* (derecha).

Los cultivos de *Alternaria* sp. y *Fusarium oxysporum* se cultivaron en placas de agar papa glucosado (APG) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ por 7 días y se mantuvieron a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta su utilización.

Evaluación de las soluciones testigos y extractos microalgales sobre la actividad antibacteriana *in vitro*

Una vez obtenidos los extractos microalgales se probó su actividad biológica contra las cepas bacterianas *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* y *Ralstonia solanacearum* *in vitro* mediante un ensayo de difusión con discos, siguiendo los protocolos descritos por Marrez et al. (2019), Toribio et al.

(2021) y Shaima et al. (2022).

Para este ensayo las cepas bacterianas se cultivaron en placas de Petri con MHA, para ambos casos y MBK para *R. solanacearum*, con el fin de obtener colonias individuales. Las mismas se incubaron durante 48 h a 30 ± 1 °C. Posteriormente, las cepas se mantuvieron bajo refrigeración a 5 ± 1 °C hasta su utilización (Marrez et al., 2019; Shaima et al., 2022).

Para la preparación de los inóculos, a partir de las colonias individuales se tomaron 4 a 5 colonias que fueron suspendidas en 10 mL de solvente estéril. Para obtener el inóculo de *C. michiganensis* se utilizó solución salina y para obtener el inóculo de *R. solanacearum* se usó agua destilada, ya que ésta es susceptible a la salinidad del medio. Ambos inóculos se prepararon de forma tal que alcancen el estándar 0,5 McFarland a una absorbancia de 625 nm en espectrofotómetro UV-VISIBLE (HACH, DR-6000) (Marrez et al., 2019; Alsenani et al., 2020).

Además, se determinó la concentración del inóculo mediante recuento en placa de Petri con MHA, en el caso de *C. michiganensis* y MBK para *R. solanacearum*, siguiendo los protocolos establecidos por Wiegand, et al., (2008).

Para realizar el método de difusión por disco, se prepararon placas de Petri

estériles con aproximadamente 20 mL de MHA y MBK, según la cepa *C. michiganensis* o *R. solanacearum* respectivamente. Una vez que el medio solidificó, se colocaron 0,1 mL del inóculo de las cepas bacterianas correspondientes sobre la superficie del agar y se esparció sobre el mismo de manera uniforme con hisopo estéril (Marrez et al., 2019). A continuación, se colocaron 4 discos de 6 mm de diámetro por placa con pinza estéril, de manera equidistantes entre sí y del borde de la placa de Petri sembrada. Los discos se elaboraron con papel de filtro Whatman N°1 estéril y se embebieron en 20 mL de extracto microalgal o solución testigo respectivamente. La incubación se realizó a 30 ± 1 °C en condiciones de oscuridad durante 48 h (Marrez et al., 2019). Finalmente, se analizó el crecimiento de la cepa bacteriana en cada placa. La presencia de una zona de inhibición fue considerada como señal de actividad antimicrobiana por parte del extracto microalgal. El halo de inhibición del crecimiento *in vitro* de las cepas bacterianas se midió (mm) con calibre digital profesional (Black Jack), incluyendo el diámetro del disco. Se realizaron 3 repeticiones para todos los tratamientos y se determinaron los promedios de los resultados experimentales. Se utilizó discos comerciales de Penicilina 10, como

control positivo.

Evaluación de las soluciones testigos y extractos microalgales sobre la actividad antifúngica in vitro

La actividad antifúngica de los extractos microalgales se evaluó *in vitro* mediante el método de difusión con discos descrito por Marrez et al., (2019) y Shallan et al., (2020). Para el estudio se prepararon inóculos que consistieron en una suspensión de conidios de cada cepa fúngica. Para lo cual, se colocaron 5 mL de agua destilada estéril sobre una placa de Petri con el hongo desarrollado y se adicionaron 2 gotas de Tween-80 diluido con agua destilada en una concentración de 0,1 %, para facilitar el desprendimiento de los conidios. Luego se realizó un raspado suave del micelio fúngico con un ansa bacteriológica estéril. La suspensión de conidios obtenida para cada cepa se ajustó con la turbidez del estándar 0,5 McFarland a 625 nm en espectrofotómetro UV-VISIBLE (HACH, DR-6000) (Marrez et al., 2019; Shallan et al., 2020).

Además, se determinó la concentración del inóculo de ambas cepas fúngicas mediante recuento en cámara de Neubauer siguiendo los protocolos establecidos por Cantón et al., (2007).

Para realizar el método de difusión por disco propiamente dicho, se vertieron 20 mL de APG en placa de Petri estéril.

Después de la solidificación, se colocó 0,1 mL de suspensión de conidios como inóculo de la cepa fúngica correspondiente, sobre la superficie del agar y se esparció sobre el mismo de manera uniforme con hisopo estéril (Marrez et al., 2019).

Para evaluar el efecto antifúngico de los extractos de microalga se prepararon discos de 6 mm de diámetro de papel de filtro Whatman N°1 estéril embebidos con 5 mL de extracto microalgal o solución testigo. Posteriormente, se colocaron 4 discos embebidos por placa con ayuda de una pinza estéril, de manera equidistantes entre sí y del borde de la placa de Petri sembrada a 25 ± 1 °C durante 5 días, hasta que el crecimiento del micelio cubrió por completo la superficie del medio de cultivo en la placa control (Marrez et al., 2019).

Finalmente, se analizó el crecimiento del hongo en cada placa. La presencia de una zona de inhibición se observó como señal de actividad antifúngica del extracto de microalga. El halo de inhibición del crecimiento *in vitro* de las cepas fúngicas se midió (mm) con calibre digital profesional (Black Jack), incluyendo el diámetro del disco. Se realizaron 3 repeticiones para todos los tratamientos y se determinaron los promedios de los resultados experimentales. Se utilizó discos comerciales de Penicilina 10, como control positivo y se incorporó un

biofunguicida comercial (CEPIADA® - bioagro) a base de *Bacillus subtilis*.

Tratamiento de datos

Los ensayos realizados a través de las técnicas analíticas precedentes se realizaron por triplicado y se calculó para cada parámetro el valor promedio $\pm$ desviación estándar. La comparación de valores promedios de los diferentes parámetros se efectuó con Software Statgraphics Centurión XVI v.16.1.1, (Statgraphics Technologies, Inc., USA), utilizando análisis de varianza (ANOVA) y test de rango múltiple mediante el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher ($p < 0,05$).

Resultados y Discusión

Obtención de extractos microalgales

Los 6 extractos microalgales preparados en los distintos tratamientos se muestran en la Figura 7.

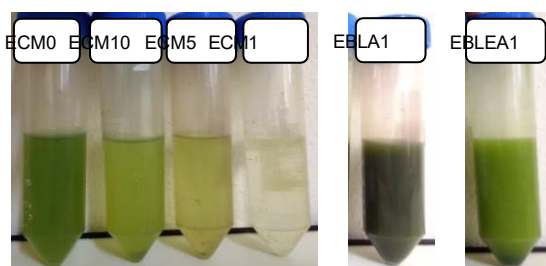


Figura 7. Extractos obtenidos a partir de la microalga *Tetradismus obliquus*.

Durante el tratamiento con ultrasonido se realizó la observación al microscopio de los extractos de cultivo de microalgas

(ECM0), de biomasa liofilizada resuspendida en etanol (EBLEA) y en agua (EBLA), respectivamente. Se pudo observar que al finalizar el tratamiento con ultrasonido se produjo la ruptura de gran parte de las células de microalga cuando la biomasa fue resuspendida en etanol. Mientras que en los extractos ECM0 y EBLA no se observó ruptura celular al finalizar el tratamiento con ultrasonido.

Se lograron producir 6 extractos de microalga y 2 soluciones testigos utilizando diferentes materias primas, métodos y solventes.

Evaluación de las soluciones testigos y extractos microalgales sobre la germinación de semillas de lechuga y tomate

En la Tabla 1 se muestran los efectos de las soluciones testigos y de los extractos microalgales sobre el poder germinativo de semillas de lechuga (*L. sativa*). Cuando se utilizó agua como solvente se obtuvieron mejores respuestas que con etanol en el poder germinativo, tanto en el testigo (TA) como en los extractos preparados. Sin embargo, hubo diferencias significativas dependiendo de la concentración de biomasa microalgal utilizada en el extracto. En el caso de las semillas de lechuga, el porcentaje de germinación (GP) fue superior para el extracto ECM1, seguido de la solución

testigo TA, ECM0 y EBLA1 ($p < 0,05$). El mejor índice de germinación (IG) se presentó en TA, seguido por ECM1, ECM0 y EBLA1; éstos últimos no presentaron diferencias significativas entre sí. Por su parte, el tiempo medio de germinación (MGT) más bajo fue para ECM10, seguido de TA, ECM0, EBLA1 y ECM5 ($p < 0,05$); mientras que la mejor energía de germinación (GE) fue para TA, seguido de ECM0, ECM10 y EBLA1 ($p < 0,05$). El índice de vigor de la plántula (SVI) fue más alto para EBLA1, seguido de ECM0, TA y ECM1 ($p < 0,05$) (Figura 8).

Tabla 1. Efectos los extractos microalgales y soluciones sobre los parámetros de germinación en las semillas de lechuga (*Lactuca sativa*).

Extractos	GP (%)	IG	MGT (d)	GE (%)	SVI
TA	96,08 ±0,11 ^g	6,71± 0,24 ^f	4,06± 0,03 ^b	52,92± 1,31 ^e	231,70 ±16,91 ^d
TE1	34,00± 2,83 ^b	1,15± 0,09 ^b	7,41± 0,05 ^e	0,00± 0,00 ^a	27,97± 2,56 ^b
ECM0	89,83 ±2,59 ^f	5,49± 0,06 ^e	4,70± 0,03 ^c	47,00± 4,24 ^d	275,37 ±21,86 ^e
ECM10	64,00 ±0,00 ^c	4,80± 0,13 ^d	3,56± 0,18 ^a	46,00± 2,83 ^d	146,12 ±14,38 ^c
ECM5	68,00 ±0,00 ^d	4,24± 0,15 ^c	4,74± 0,21 ^{cd}	34,00± 2,83 ^b	124,70 ±11,98 ^c
ECM1	98,00 ±1,83 ^g	5,57± 0,13 ^e	5,00± 0,12 ^d	34,75± 3,89 ^b	211,40 ±15,05 ^d
EBLA1	81,13 ±0,50 ^e	5,39± 0,19 ^e	4,72± 0,06 ^c	41,52± 1,11 ^c	320,85 ±20,92 ^f
EBLEA1	4,00± 0,00 ^a	0,13± 0,01 ^a	7,50± 0,71 ^e	0,00± 0,00 ^a	2,32± 0,22 ^a

GP: porcentaje de germinación. IG: índice de germinación. MGT: tiempo medio de germinación. GE: energía de germinación al tercer día. SVI: Índice de vigor de la plántula.

TA: Testigo de agua destilada, TE1: Testigo de

etanol al 1 %. **ECM0**: Extracto de cultivo microalgal puro. **ECM10**, **ECM5** y **ECM1**: Extracto ECM0 diluido al 10 %, 5 % y 1 % con agua destilada. **EBLEA1**: Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en etanol diluido al 1 % con agua destilada. **EBLA1**: Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en agua diluido al 1 % con agua destilada. Letras diferentes en una misma columna señalan diferencias significativas en los valores medios ($p < 0,05$), según la prueba de Fisher LSD.

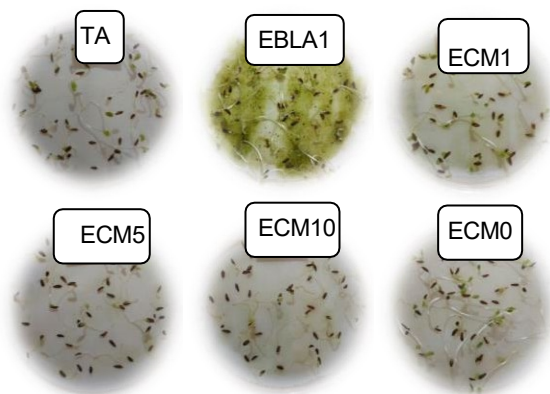


Figura 8. Semillas de lechuga (*Lactuca sativa*) germinadas a los 7 días para el testigo de agua destilada (TA) y los extractos microalgales que presentaron los mejores índices de germinación.

En consecuencia, los extractos que permitieron las mejores condiciones de germinación en las semillas de lechuga fueron los preparados a partir del cultivo microalgal y el extracto más diluido a base de microalgas liofilizadas, resuspendida en agua destilada (EBLA1). Díaz et al. (2024), obtuvieron un porcentaje máximo de

germinación de *L. sativa* de $80,9 \pm 1,28$ % al tratar las semillas con 2 y 3 g/L de biomasa liofilizada de *T. obliquus* resuspendida en agua ultra pura. Este valor fue comparable al GP alcanzado en el extracto EBLA1 ($81,13 \pm 0,50$ %), aunque significativamente inferior al $98,00 \pm 1,83$ % de GP obtenido con el extracto ECM1 sobre las semillas de *L. sativa*. Asimismo, otros autores registraron altos índices de germinación en semillas de berro (*Lepidium sativum*) al aplicar extractos de *T. obliquus* (Navarro-López et al., 2020; Ferreira et al., 2024). Mientras que Clément et al. (2023), obtuvieron una tasa de germinación de *L. sativa* en el rango de 60 - 70 % al aplicar extractos del alga *Ascophyllum nodosum*. Estos valores fueron significativamente menores a los registrados por los mejores extractos obtenidos en la presente investigación. También Puglisi et al. (2020), registraron valores inferiores a los del presente estudio, al alcanzar un 60 % de germinación en semillas de remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) cuando se aplicó extractos de *Tetradismus quadricauda*. La Figura 9 muestra la longitud total de las plántulas de lechuga en cm, determinada por la longitud de la radícula y la plúmula. Se observa que la mayor longitud total se alcanzó en el extracto EBLA1 ($4,00 \pm 0,25$ cm). De la

cual $1,70 \pm 0,09$ cm correspondió a la longitud de la plúmula y $2,26 \pm 0,16$ cm a la de la radícula. Esta longitud radicular superó casi 2 veces a la longitud de la radícula en TA ($1,23 \pm 0,13$ cm). Otros tratamientos que presentaron buen desarrollo de la plántula fueron EBLA5 y ECM0 en los que la longitud total de la plántula fue de $3,64 \pm 0,18$ cm y $3,10 \pm 0,24$ cm, respectivamente; de los cuales la longitud de la plúmula fue de $1,85 \pm 0,09$ cm y $1,70 \pm 0,13$ cm y la longitud de la radícula fue de $1,86 \pm 0,10$ cm y $1,36 \pm 0,12$ cm, respectivamente.

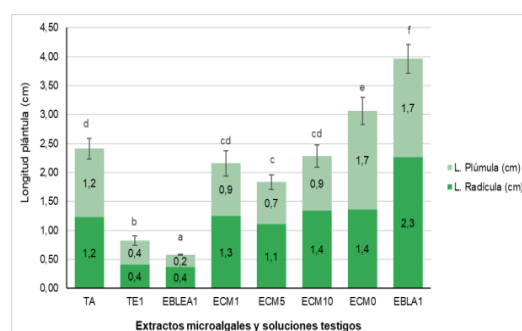


Figura 9. Efecto de los extractos microalgales y soluciones testigos sobre la longitud de las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa*), determinada por la longitud de la plúmula y la radícula (cm).

TA: Testigo de agua destilada, **TE1:** Testigo de etanol al 1 %. **ECM0:** Extracto de cultivo microalgal puro. **ECM10, ECM5 y ECM1:** Extracto ECM0 diluido al 10 %, 5 % y 1 % con agua destilada. **EBLEA1:** Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en etanol diluido al 1 %

con agua destilada. **EBLA1**: Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en agua diluido al 1 % con agua destilada. Letras distintas señalan diferencias significativas en los valores medios ($p < 0,05$), según la prueba de Fisher LSD

Los resultados con los extractos más diluidos y elaborados a partir de biomasa microalgal liofilizada resuspendida en agua (EBLA1), tuvieron mayor influencia en la longitud de las plántulas de lechuga, alcanzando EBLA1 una longitud total de 4 cm y una longitud radicular que duplicó a la registrada para TA. Saavedra et al. (2017) analizaron el crecimiento de la lechuga en etapas tempranas, indicando que después de la emergencia, la radícula se alarga rápidamente, formando una raíz pivotante que crece aproximadamente 3 cm en las primeras 48 h. Además, Karbarz et al. (2022), investigaron el efecto de diferentes concentraciones de extractos de clones de la microalga *Planktochlorella nurekis* en plántulas de lechuga tras 5 días de crecimiento. Los resultados mostraron longitudes de radícula entre 10 - 25 cm y de plúmula entre 4 - 7 cm, mientras que el control con agua destilada alcanzó aproximadamente 12 cm de radícula y 6 cm de plúmula, estos valores fueron superiores a lo registrado en el presente estudio. También Romagn et al. (2020) evaluaron el impacto de bioproductos

como *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* en plántulas de lechuga tras 7 días de crecimiento y registraron la longitud radicular en el rango de 1,27 cm (*T. harzianum*) y 2,07 cm (*B. subtilis*), valor superado por el extracto EBLA1 en el presente trabajo. En cuanto a la longitud de la plúmula, los valores fluctuaron entre 1,81 cm (*A. brasiliense*) y 2,85 cm (*B. subtilis*), los cuales superaron al mejor extracto (EBLA1) de este estudio.

En la Tabla 2, se muestran los efectos de las soluciones testigos y de los extractos microalgales sobre el poder germinativo de semillas de tomate (*S. lycopersicum*). Cuando se utilizó agua como solvente, se obtuvieron mejores respuestas que con etanol en el poder germinativo, tanto en el testigo (TA) como en los extractos preparados. Sin embargo, hubo diferencias significativas dependiendo de la concentración de biomasa del extracto microalgal.

El porcentaje de germinación (GP) fue superior para el extracto ECM5, seguido de la solución testigo TA, ECM0 y ECM10, que no presentaron diferencias estadísticas entre sí. Por su parte, el mejor índice de germinación (IG) se presentó en ECM0, seguido por ECM5, ECM1 y ECM10 ($p < 0,05$). El tiempo medio de germinación (MGT) más bajo fue

para ECM1, seguido de ECM0, ECM10 y ECM5 ($p < 0,05$). La más alta energía de germinación (GE) fue para ECM1, seguido de ECM5, ECM0 y ECM10. El índice de vigor de la plántula (SVI) fue mayor para ECM10, seguido de ECM5 y ECM0 ($p < 0,05$) (Figura 10).

Tabla 2. Efecto de los extractos microalgales y soluciones testigos sobre los parámetros de germinación en las semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*).

Extractos	GP (%)	IG	MGT (d)	GE (%)	SVI
TA	94,00± 2,83 ^{ef}	1,81± 0,15 ^c	13,77± 0,32 ^e	2,00± 0,15 ^b	112,50± 8,21 ^c
TE1	22,42± 2,24 ^b	0,39± 0,03 ^b	14,00± 0,00 ^e	0,00± 0,00 ^a	24,26± 1,97 ^b
ECM0	92,31± 0,00 ^e	4,88± 0,04^g	6,27± 0,03 ^b	73,08± 0,00 ^e	451,19± 28,79 ^{ef}
ECM10	89,58± 2,95 ^{de}	4,24± 0,05 ^e	6,69± 0,24 ^c	66,67± 0,00 ^d	501,45± 39,21^f
ECM5	98,00± 2,83^f	4,39± 0,05 ^f	6,85± 0,21 ^c	76,00± 0,00 ^f	491,00± 46,74 ^{ef}
ECM1	82,00± 2,83 ^c	4,36± 0,09 ^{ef}	4,90± 0,28^a	80,00± 0,00^g	414,42± 33,94 ^e
EBLA1	88,23± 0,33 ^d	3,40± 0,05 ^d	8,98± 0,16 ^d	47,08± 1,31 ^c	316,72± 28,66 ^d
EBLEA1	6,00± 0,21 ^a	0,11± 0,01 ^a	14,00± 0,00 ^e	0,00± 0,00 ^a	7,12± 0,67 ^a

GP: porcentaje de germinación. **IG:** índice de germinación. **MGT:** tiempo medio de erminación. **GE:** energía de germinación al quinto día. **SVI:** Índice de vigor de la plántula.

TA: Testigo de agua destilada, **TE1:** Testigo de etanol al 1 %. **ECM0:** Extracto de cultivo microalgal puro. **ECM10, ECM5 y ECM1:** Extracto ECM0 diluido al 10 %, 5 % y 1 % con agua destilada. **EBLEA1:** Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en etanol diluido al 1 % con agua destilada. **EBLA1:** Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en agua diluido al 1 % con agua

destilada. Letras diferentes en una misma columna señalan diferencias significativas en los valores medios ($p < 0,05$), según la prueba de Fisher LSD.

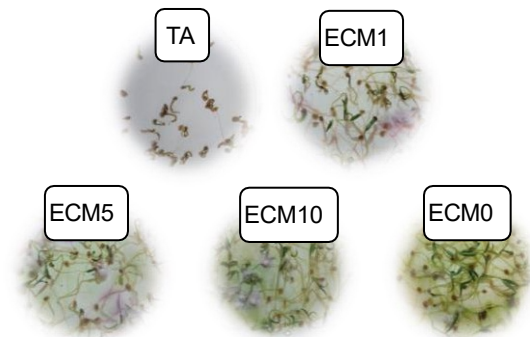


Figura 10. Semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*) germinadas a los 14 días para el testigo de agua destilada (TA) y los extractos microalgales que presentaron los mejores índices de germinación.

En consecuencia, los extractos que permitieron las mejores condiciones de germinación en las semillas de tomate fueron los preparados a partir del cultivo microalgal (ECM), alcanzando un $98,00 \pm 2,83$ % de GP con el extracto ECM5. Estos resultados concuerdan con lo registrado por Supraja et al. (2020), quienes obtuvieron aproximadamente un 95 % de GP al tratar las semillas de tomates con un extracto al 20 % elaborado con un consorcio de microalgas (*Chlorella sp.*, *Tetrademus sp.*, *Spirulina sp.* y *Synechocystis sp.*). En tanto Garcia-Gonzalez y Sommerfeld (2016), lograron obtener un 100 % de GP en semillas de *S. lycopersicum* tratadas con cultivo de la microalga *Acutodesmus dimorphus*, este

extracto también logró la mayor GE (63 %). Este valor es comparable con el $66,67 \pm 0,00$ % de GE alcanzado con el extracto ECM10, aunque es significativamente menor al $80,00 \pm 0,00$ % de GE obtenido con el extracto ECM1 en el presente trabajo. Además, Hernández- Herrera et al. (2014) probaron extractos de diferentes concentraciones de algas marinas en semillas de tomates tratadas con un extracto de 0,2 % del alga verde *Ulva lactuca*, reportando un GP de 75 ± 2 %, GE fue de $88,7 \pm 2,76$ %; MGT de $5,6 \pm 0,06$ d, IG de $9,8 \pm 0,89$ y SVI de $1026,7 \pm 40,8$. Si bien los resultados alcanzados en esta investigación muestran menor GE, IG ($4,88 \pm 0,04$ para ECM0) e SVI ($501,45 \pm 39,21$ para ECM10), se logró mayor GP y un menor MGT ($4,90 \pm 0,28$ d para ECM1) al tratar las semillas de *S. lycopersicum* con extractos del cultivo microalgal de *T. obliquus*.

La Figura 11 muestra la longitud total de las plántulas de tomate (cm). Se observa que la longitud total mayor se alcanzó en el extracto ECM10 ($5,60 \pm 0,31$ cm), donde $2,42 \pm 0,23$ cm corresponden a la longitud de la plúmula y $3,18 \pm 0,23$ cm a la longitud de la radícula. Este valor de la radícula triplicó la longitud de la radícula en TA ($0,93 \pm 0,06$ cm). Otros tratamientos que presentaron buen desarrollo de la plántula fueron ECM1, ECM5 y ECM0, siendo en estos últimos donde la radícula

alcanzó mayor longitud.

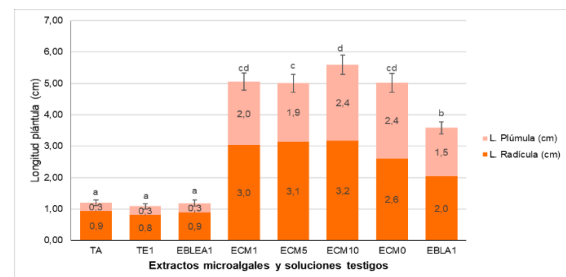


Figura 11. Efecto de los extractos microalgales y soluciones testigos sobre la longitud de las plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), determinada por la longitud de la plúmula y la radícula (cm).

TA: Testigo de agua destilada, **TE1:** Testigo de etanol al 1 %. **ECM0:** Extracto de cultivo microalgal puro. **ECM10, ECM5 y ECM1:** Extracto ECM0 diluido al 10 %, 5 % y 1 % con agua destilada. **EBLEA1:** Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en etanol diluido al 1 % con agua destilada. **EBLA1:** Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en agua diluido al 1 % con agua destilada. Letras distintas señalan diferencias significativas en los valores medios ($p < 0,05$), según la prueba de Fisher LSD

Hernández-Herrera et al., (2014) encontraron la mayor longitud media de la plúmula (7,3 cm) en plántulas de tomate que recibieron el extracto a 1 % de *U. lactuca*, mientras que la mayor longitud radicular (4,1 cm) fue para la concentración de 0,2 % a los 12 días de su aplicación. Estos valores de plúmula fueron superiores, en cambio, la longitud radicular fue comparable a lo registrado

en este trabajo. Además, Romagn et al. (2020), evaluaron el impacto de bioproductos como *Azospirillum brasiliense*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* en plántulas de tomate tras 14 días de crecimiento. Los autores publicaron una longitud radicular entre 1,26 cm (*B. subtilis*) y 4,88 cm (*A. brasiliense*), valores que comprendieron al alcanzado con el ECM10 de este estudio. En cuanto a la longitud de la plúmula, los valores fluctuaron entre 3,30 cm (*T. harzianum*) y 3,98 cm (*A. brasiliense*), los que superaron a los medidos en EBLA5 ($2,75 \pm 0,24$ cm); con el que se obtuvo una mayor longitud de plúmula en este estudio.

Estos resultados destacan el potencial de los extractos de la microalga *T. obliquus* como bioestimulante beneficioso para promover la germinación, el crecimiento y funcionamiento bioquímico de las plantas de *L. sativa* y *S. lycopersicum*. Las mejoras observadas en la germinación de las semillas y el desarrollo de las radículas en estas hortalizas, sugieren que estos tratamientos con microalgas pueden tener un impacto positivo en el rendimiento de las plantas. La etapa inicial en el crecimiento de los plantines constituye el momento más crítico en su producción, razón por la cual la germinación debe completarse en forma rápida, ya que la velocidad con que emergen las plántulas,

el desarrollo armonioso entre su parte aérea y su sistema radicular, así como la tasa de crecimiento inicial son determinantes para la obtención de plantines de calidad (Demir et al., 2018; Zulfiqar, 2021).

Evaluación de las soluciones testigos y extractos microalgales sobre la actividad antibacteriana in vitro

Los inóculos para ambas cepas bacterianas alcanzaron una turbidez de 0,12. Se obtuvo un recuento en placa de Petri de $2,64 \times 10^8 \pm 0,08 \times 10^8$ UFC/mL con MHA para *C. michiganensis* y $1,41 \times 10^8 \pm 0,06 \times 10^8$ UFC/mL con MBK para *R. solanacearum*. Estas concentraciones de inóculos se lograron luego de la incubación a 30 ± 1 °C por 48 h.

En la Tabla 3, se muestra la actividad antimicrobiana, expresada como diámetro (mm) del halo de inhibición del crecimiento *in vitro* de las cepas bacterianas *R. solanacearum* y *C. michiganensis* frente a las soluciones testigos, extractos microalgales y control. En primer término, se puede contemplar que la metodología fue adecuada, ya que se observó actividad antimicrobiana del control penicilina frente a ambas cepas microbianas. Por su parte, se destaca que EBLA1 mostró actividad antimicrobiana frente a ambas cepas, ya que se observaron zonas de inhibición en el ensayo (Figura 12). En tanto, EBLEA1

mostró actividad antimicrobiana frente a *C. michiganensis*, pero no frente a *R. solanacearum*. Los demás extractos formulados no presentaron actividad antimicrobiana en ambas cepas ensayadas ($p < 0,05$).

Tabla 3. Actividad antimicrobiana de los extractos microalgales y control frente a *Ralstonia solanacearum* y *Clavibacter michiganensis*.

Extracto microalgal	Halo de inhibición (mm) para cada cepa bacteriana	
	<i>Ralstonia solanacearum</i>	<i>Clavibacter michiganensis</i>
EBLA1	$13,90 \pm 0,52^b$	$6,91 \pm 0,19^b$
EBLEA1	$0,00 \pm 0,00^a$	$6,29 \pm 0,04^a$
Penicilina	$20,49 \pm 0,31^c$	$30,65 \pm 1,14^c$

EBLEA1: Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en etanol diluido al 1 % con agua destilada. **EBLA1:** Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en agua diluido al 1 % con agua destilada. Letras diferentes en una misma columna señalan diferencias significativas en los valores medios ($p < 0,05$), según la prueba de Fisher LSD.

Se destaca que no se observó actividad antimicrobiana cuando se trabajó con los testigos TA y TE1, lo que confirma que la actividad antimicrobiana observada en EBLA1 y EBLEA1 se debió al extracto microalgal incorporado y no al solvente utilizado, ya sea agua o etanol.

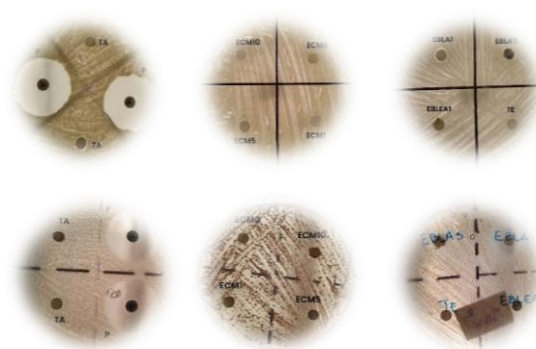


Figura 12. Actividad antimicrobiana de los extractos microalgales, soluciones testigos y control frente a *Clavibacter michiganensis* (arriba) y *Ralstonia solanacearum* (abajo).

Por otro lado, se replicó el ensayo antimicrobiano para la cepa *R. solanacearum* en medio MHA frente a las soluciones testigos, extractos microalgales y control. En este caso, solo la penicilina presentó un halo de inhibición, alcanzando un diámetro de $21,81 \pm 0,47$ mm.

Cabe mencionar que, ambos extractos - EBLA1 y EBLEA1- tienen la misma concentración de biomasa microalgal, además EBLA1 no presenta etanol y su efecto antibacteriano sobre *C. michiganensis* no tuvo diferencias significativas con el EBLEA1, que contiene etanol en su composición. Por lo recientemente señalado, resulta conveniente EBLA1 por sobre EBLEA1; ya que EBLA1 posee como único solvente agua para su formulación, lo que constituye una ventaja desde el punto de

vista ambiental y económico. Existe amplia evidencia en la literatura sobre el efecto antimicrobiano de extractos de la microalga de *Tetradismus sp.* Sin embargo, se encontró escasa información sobre el efecto antimicrobiano de microalgas sobre las cepas de *C. michiganensis* y *R. solanacearum*, las cuales son de interés para el sector frutihortícola dado que su presencia ocasiona marchitamiento en las plantas afectadas y pérdidas en cultivos de lechuga y tomate desde etapas tempranas de crecimiento (Wang et al., 2023). En este sentido, Toribio et al. (2021), encontraron un efecto inhibitor de los extractos de *Tetradismus sp.* elaborados con biomasa liofilizada suspendida en agua contra *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, reforzando los resultados de este trabajo. Por otra parte, Marrez et al. (2019) investigaron el efecto de *T. obliquus* sobre bacterias patógenas, y encontraron actividad antibacteriana de los extractos acuosos de *T. obliquus* frente a 6 cepas de bacteria patógenas, ya sea Gram positivas (*Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*) como Gram negativas (*Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae*), con zonas de inhibición que van desde 7,8 mm a 15,5 mm. También demostraron resultados positivos con extractos de *T.*

obliquus elaborados con metanol, etanol, hexano, dietiléter, acetato de etilo y cloro metano, no así con acetona. Estos hallazgos destacan el potencial de *T. obliquus* para contribuir a la inocuidad de las hortalizas al inhibir el desarrollo de bacterias patógenas en sistemas agrícolas. No obstante, se señala que en la presente investigación se obtuvieron resultados comparables utilizando solventes más amigables con el medio ambiente que los de los autores mencionados precedentemente.

Shaima et al. (2022), evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos metanólicos de *Tetradismus sp.* frente a 9 cepas bacterianas patógenas, utilizando el ensayo de difusión con discos. Los resultados mostraron zonas de inhibición que fueron desde 7 mm a 9 mm. Alsenani et al. (2020), utilizaron un solvente menos amigable con el medioambiente, puesto que obtuvieron un extracto metanólico con 70% de *Tetradismus sp.*, sus resultados indican que lograron inhibir el crecimiento de 6 bacterias Gram positivas patógenas para humanos y plantas como son *Listeria monocytogenes*, *S. aureus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis* y *C. michiganensis*, con zonas de inhibición que variaron entre 16,67 y 18,33 mm.

Evaluación de las soluciones testigos y extractos microalgales sobre la actividad antifúngica in vitro

Las suspensiones de conidios o inóculos para ambas cepas fúngicas alcanzaron una turbidez de 0,13. El recuento obtenido en cámara de Neubauer fue de $1,41 \times 10^5 \pm 0,02 \times 10^5$ UFC/mL y $7,20 \times 10^3 \pm 0,42 \times 10^3$ UFC/mL, para *F. oxysporum* y *Alternaria sp.* respectivamente (Figura 13).



Figura 13. Observación al microscopio óptico (200x) de la suspensión de conidios de *Alternaria sp.* (izquierda) y *Fusarium oxysporum* (derecha), en cámara de Neubauer.

En la Tabla 4, se muestra la actividad antifúngica, expresada en diámetro (mm), del halo de inhibición del crecimiento *in vitro* de los hongos *Alternaria sp.* y *F. oxysporum* frente al extracto microalgal, solución testigo y controles respectivamente. Se puede visualizar que hubo un halo de inhibición con el TE1 para ambas cepas fúngicas; lo que puso de manifiesto que, a diferencia del efecto

en cepas bacterianas, aquí si hubo un efecto microbida del solvente etanol. Sin embargo, no se observó inhibición para el TA.

El EBLA1 mostró actividad antifúngica para *Alternaria sp.* En cambio, no se observó efecto antifúngico de ningún otro extracto de microalga sobre los microorganismos ensayados. El producto a base del microorganismo *B. subtilis* (CEPIADA®), presentó zonas de inhibición para *Alternaria sp* y *F. oxysporum*; mientras que la penicilina tuvo un efecto inhibitorio para *Alternaria sp.*

Tabla 4. Actividad antifúngica del extracto microalgal, solución testigo y controles frente *Alternaria sp.* y *Fusarium oxysporum*.

Extracto microalgal	Halo de inhibición (mm) para cada cepa fúngica	
	<i>maria sp.</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
TE1	$7,35 \pm 0,03^b$	$7,67 \pm 0,27^b$
EBLA1	$6,91 \pm 0,04^a$	$0,00 \pm 0,00^a$
CEPIADA®	$15,54 \pm 0,20^d$	$7,35 \pm 0,03^b$
Penicilina	$14,39 \pm 0,73^c$	$0,00 \pm 0,00^a$

TE1: Testigo de etanol al 1 %. **EBLA1:** Extracto de biomasa liofilizada resuspendida en agua diluido al 1 % con agua destilada. Letras diferentes en una misma columna señalan diferencias significativas en los valores medios ($p < 0,05$), según la prueba de Fisher LSD.

Estudios previos destacaron que los extractos de microalgas, como *Tetrademus sp.*, suelen ser más efectivos contra bacterias que contra hongos, lo cual podría depender de factores como la cepa fúngica, la especie de microalga y el método de preparación del extracto (Dinev et al., 2021). Además, se observó un uso frecuente de solventes orgánicos, que presentan impactos ambientales negativos. Investigaciones de Abbassy et al. (2014) y Marrez et al. (2019) sugirieron que la actividad antifúngica de extractos de *Tetrademus sp.* y otras microalgas, está estrechamente relacionada con el tipo de solvente empleado.

Marrez et al. (2019), estudiaron la actividad antifúngica de extractos de *T. obliquus* elaborados con los solventes mencionados anteriormente. Los resultados con extractos acuosos de *T. obliquus* frente a 9 cepas fúngicas, indicaron efecto antifúngico para 4 especies de *Aspergillus*, con zonas de inhibición que fueron desde 7,5 mm a 11,5 mm; mientras que con extracto etanólico de *T. obliquus*, los autores lograron una zona de inhibición de 7,8 mm para *Fusarium proliferatum*. Cabe recordar que en el presente trabajo no se logró la inhibición de *Fusarium oxysporum*, lo que motiva a realizar en el futuro nuevas investigaciones en diferentes condiciones para tratar de

alcanzar resultados promisorios como los publicados.

Por otro lado, Schmid et al., (2022), evaluaron el efecto de extractos acuosos de *T. obliquus* frente a *Sclerotium rolfsii*, *Alternaria alternata*, *Rhizoctonia solani* y *Botrytis cinérea*, pero solo obtuvieron actividad antifúngica en el primer hongo fitopatógeno mencionado. Se destaca que, en la mencionada investigación, al igual que en la presente, el resultado frente a *A. alternata* fue negativo. Mientras que Dinev et al. (2021), al investigar la actividad antifúngica de extractos metanólicos de *T. dimorphus* frente a 9 especies de hongos encontraron resultados positivos para *Aspergillus niger* y *Penicillium chrysogenum*; en cambio, los resultados fueron negativos para las cepas *F. oxysporum* y *A. alternata*.

Asimismo, Santos et al. (2024), señalan que el éxito de un agente de control biológico es consecuencia de la interacción entre este, el patógeno, la planta y la comunidad microbiana rizosférica. Por ende, en ocasiones no es posible reproducir el efecto bioplaguicida *in vitro*, requiriendo bioensayos más acordes con la realidad de un sistema patológico (Toribio et al., 2021). Sin embargo, Supraja et al. (2020) sostienen que el efecto bioplaguicida de este tipo de

microorganismos proviene de su uso como bioestimulante o biofertilizante en el suelo, ya que las microalgas liberan sustancias promotoras del crecimiento y elementos inorgánicos que indirectamente mejoran los consorcios microbianos en el suelo brindando resistencia contra enfermedades.

Estos resultados *in vitro*, resaltan el potencial bioplaguicida de los extractos más diluidos a base de biomasa liofilizada de la microalga *T. obliquus* para evitar la proliferación de enfermedades en las plantas, causadas por bacterias (*C. michiganensis* y *R. solanacearum*) y hongos (*Alternaria sp.*) en hortalizas como *L. sativa* y *S. lycopersicum*.

Conclusiones

A partir del cultivo de microalga *T. obliquus* en medio Allen & Arnon con incorporación de NO_3^- y CO_2 , se pudieron obtener 6 extractos para su utilización como bioestimulante en cultivos de hortalizas.

Los extractos de cultivos microalgales posibilitaron reducir el tiempo medio de germinación, aumentar parámetros como: el porcentaje de germinación, el índice de germinación, la energía de germinación, el índice de vigor de la plántula; además de posibilitar y permitieron la obtención de plántulas de lechuga (*L. sativa*) y tomate (*S. lycopersicum*), de mayor longitud que

cuando se utilizó agua como testigo en los ensayos *in vitro*. Por lo tanto, es factible la utilización de extractos de microalga *T. obliquus* como bioestimulante en la germinación de estas hortalizas.

De los estudios *in vitro* se concluye que el extracto microalgal más diluido elaborado con biomasa microalgal liofilizada resuspendida en agua al 1% y diluida con agua (EBLA1), presentó efecto antibacteriano frente a *C. michiganensis subsp. michiganensis* y *R. solanacearum*, así como efecto antifúngico frente a *Alternaria sp.*

Por lo expresado, los extractos de microalga *T. obliquus* pueden ser considerados como bioinsumo (bioestimulante y bioplaguicidas) en las etapas tempranas del crecimiento de hortalizas, como lechuga y tomate.

Referencias Bibliográficas

- Abbassy, MA, Marei, GIK., Rabia, SM (2014). Antimicrobial activity of some plant and algal extracts. Int J Plant Soil Sci, 3, 1366-1373.
- Alsenani, F., Tupally, K. R., Chua, E. T., Eltanahy, E., Alsufyani, H., Parekh, H. S., Schenk, P. M. (2020). Evaluation of microalgae and cyanobacteria as potential sources of antimicrobial

- compounds. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 28(12), 1834-1841
- Alvarez, A. L., Weyers, S. L., Goemann, H. M., Peyton, B. M., Gardner, R. D. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. *Algal Research*, 54, 102200
- AOSA (Association of Official Seed Analysts). 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution no. 32. Association of Official Seed Analysts, Lincoln, p 89.
- Cantón, E., Martín, E., Espinel-Ingroff, A. (2007). Métodos estandarizados por el CLSI para el estudio de la sensibilidad a los antifúngicos (documentos M27-A3, M38-A y M44-A). *Revista Iberoamericana de Micología*, 15(1) Clément, J., Delisle-Houde, M., Nguyen, T. T. A., Dorais, M., Tweddell, R. J. (2023). Effect of biostimulants on leafy vegetables (baby leaf lettuce and batavia lettuce) exposed to abiotic or biotic stress under two different growing systems. *Agronomy*, 13(3), 879.
- Demir, I., Ozden, E., Yildirim, K. C., Sahin, O., & Van Staden, J. (2018). Priming with smoke-derived karrikinolide enhances germination and transplant quality of immature and mature pepper seed lots. *South African Journal of Botany*, 115, 264-268
- Díaz, L. E., Gonzalez, J. D., Morales-Gonzalez, M. P., Garzón-Castro, C. L. (2024). Harnessing the power of microalgae consortia for sustainable crop production: case study on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Applied Phycology*, 1-14
- Dinev, T.; Tzanova, M.; Velichkova, K.; Dermendzhieva, D.; Beev, G. (2021). Antifungal and Antioxidant Potential of Methanolic Extracts from *Acorus calamus* L., *Chlorella vulgaris* Beijerinck, *Lemna minuta* Kunth and *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing. *Appl. Sci.* 2021, 11, 4745.
- Ellis RH, Roberts EH. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci Technol* 9:373– 409.
- Ferreira, A., Vladić, J., de Oliveira Corrêa, D., Butzke, V. L. L., Martins, P. L., Ribeiro, B., Marques-dos-Santos, C., Gouveia, L. (2024). Innovative approach in sustainable

- agriculture: Harnessing microalgae potential via subcritical water extraction. *Environmental Technology & Innovation*, 36, 103797
- García-González, J.; Sommerfeld, M. (2016). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*. *J Appl Phycol* 28:1051–1061
- Hernández-Herrera, R. M.; Santacruz-Ruvalcaba, F.; Ruiz-López, M. A.; Norrie, J.; Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.) *J Appl Phycol*. 26: 619 –628.
- ISTA. 2016. International rules for seed testing. Zurich, International Seed Testing Association.
- Jimenez Veuthey, M.; Vidal, NM.; Cabrera, C.; Paramo, J.; Bertoni, M.; Bordet, HF.; Andrade Belgeri, MS.; Flores, ML. Zapata LM. (2018). A simple, efficient and economical method for isolation of *Scenedesmus obliquus* (chlorophyceae) from freshwater sample (Embalse Salto Grande, Argentina). *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences*, 20: 6-12.
- Karbarz, M., Piziak, M., Żuczek, J., & Duda, M. (2022). Influence of microalgae *Planktochlorella nurekis* clones on seed germination. *Agronomy*, 13(1), 9
- Marrez, D. A., Naguib, M. M., Sultan, Y. Y., Higazy, A. M. (2019). Antimicrobial and anticancer activities of *Scenedesmus obliquus* metabolites. *Heliyon*, 5(3), e01404.
- Navarro-López, E.; Ruíz-Nieto, A.; Ferreira, A.; Acién, F.G.; Gouveia, L. (2020) Biostimulant Potential of *Scenedesmus obliquus* Grown in Brewery Wastewater. *Molecules* 2020, 25, 664.
- Orchard T. (1977). Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Sci Technol* 5:61–69.
- Perveen, K., Bukhari, N. A., Al Masoudi, L. M., Alqahtani, A. N., Alruways, M. W., Alkhattaf, F. S. (2022). Antifungal potential, chemical composition of *Chlorella vulgaris* and SEM analysis of morphological changes in *Fusarium oxysporum*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2501-2505.
- Puglisi, I., Barone, V., Fragalà, F., Stevanato, P., Baglieri, A., Vitale, A. (2020). Effect of microalgal extracts from

- Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda* on germination of *Beta vulgaris* seeds. *Plants*, 9(6), 675.
- Ramírez Mérida, L. G., Rodríguez Padrón, R. A. (2023). Application of microalgae in wastewater: opportunity for sustainable development. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1238640.
- Rocha, T. M., Marcelino, P. R. F., Da Costa, R. A. M., Rubio-Ribeaux, D., Barbosa, F. G., da Silva, S. S. (2024). Agricultural Bioinputs Obtained by Solid-State Fermentation: From Production in Biorefineries to Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 16(3), 1076.
- Romagn, I. S., Junges, E., Karsburg, P., Pinto, S. D. Q. (2020). Biostimulants in vegetable seeds submitted to germination and vigor tests. *Trends in Horticulture*, 3(1), 81-86.
- Rupawalla, Z., Shaw, L., Ross, I. L., Schmidt, S., Hankamer, B., Wolf, J. (2022). Germination screen for microalgae- generated plant growth biostimulants. *Algal Research*, 66, 102784.
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, S., Sepúlveda, P. (2017). Manual de producción de lechuga. Boletín INIA N° 374. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chile.
- Santos, C. C., Oliveira, M. L. D., Ribeiro, D. M., Scalón, S. D. P. Q., Linné, J. A., Silverio, J. M., Figueiredo, V.M.A, Silva, O. H. M. D. (2024). Organic residues and *Parachlorella* microalgae favor the growth and gas exchange of cedar. *Scientia Agricola*, 81, e20230077.
- Shaima, A. F., Yasin, N. H. M., Ibrahim, N., Takriff, M. S., Gunasekaran, D., Ismaeel, M. Y. (2022). Unveiling antimicrobial activity of microalgae *Chlorella sorokiniana* (UKM2), *Chlorella sp.* (UKM8) and *Scenedesmus sp.*(UKM9). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 1043-1052.
- Shallan, M. A., Ali, M. A., Meshrf, W. A., Marrez, D. A. (2020). In vitro antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) bracts and receptacles ethanolic extract. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101774.
- Singh, N., Batghare, A. H., Choudhury, B. J., Goyal, A., Moholkar, V. S. (2020). Microalgae based biorefinery: Assessment of wild

- fresh water microalgal isolate for simultaneous biodiesel and β -carotene production. *Bioresource Technology Reports*, 11, 100440.
- Schmid, B., Coelho, L., Schulze, P. S., Pereira, H., Santos, T., Maia, I. B., Reis, M., Varela, J. (2022). Antifungal properties of aqueous microalgal extracts. *Bioresource Technology Reports*, 18, 101096.
- Supraja, K. V., Behera, B., Balasubramanian, P. (2020). Efficacy of microalgal extracts as biostimulants through seed treatment and foliar spray for tomato cultivation. *Industrial Crops and Products*, 151, 112453.
- Starobinsky, G., Monzón, J., Di Marzo Broggi, E., Braude, E. (2021). Bioinsumos para la agricultura que demandan esfuerzos de investigación y desarrollo. Capacidades existentes y estrategia de política pública para impulsar su desarrollo en Argentina. Documentos de Trabajo del CCE N° 17. Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.
- Toribio, A. J., Jurado, M. M., Suárez-Estrella, F., López-González, J. A., Martínez-Gallardo, M. R., López, M. J. (2021). Application of sonicated extracts of cyanobacteria and microalgae for the mitigation of bacterial canker in tomato seedlings. *Journal of Applied Phycology*, 33(6), 3817-3829.
- Vermelho, A. B., Moreira, J. V., Akamine, I. T., Cardoso, V. S., Mansoldo, F. R. (2024). Agricultural Pest Management: The Role of Microorganisms in Biopesticides and Soil Bioremediation. *Plants*, 13(19), 2762.
- Wang, Z., Luo, W., Cheng, S., Zhang, H., Zong, J., & Zhang, Z. (2023). *Ralstonia solanacearum*—a soil borne hidden enemy of plants: research development in management strategies, their action mechanism and challenges. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1141902.
- Zulfiqar, F. (2021). Effect of seed priming on horticultural crops. *Scientia horticulturae*, 286, 110197.

35. Medio Ambiente y contaminación ambiental

Niveles de Radiación Ionizante en el Servicio de Radiología del Hospital Regional de Concepción-Paraguay. Junio 2025

Autores: Carlos Vinicius Rodríguez Pérez; cviniciusrodriguez03@gmail.com

Coautores: Thiago Felipe Barreto Franco; thiagobarretoxx@gmail.com; Amín Sebastián Chávez Alcaráz; aminsebastian0011@gmail.com; María Galilea Hermosa Maidana; silvagalilea11@gmail.com; Adriana María Orrego Bóveda; mk11122004@.com; Karen Monserrath Recalde Rivas; karenmonse438@gmail.com; Rafael Quiñonez Pereira; rafaelquinonez150@gmail.com; , Ariel Galeano Gómez; arielgaleano680@gmail.com.

Orientador: Raúl Milcíades Desvars González; rauldesvars@unc.edu.py

Universidad Nacional de Concepción/ Facultad de Medicina

Resumen:

La exposición a radiaciones ionizantes en entornos hospitalarios constituye un riesgo potencial para trabajadores, pacientes y visitantes cuando no se aplican estrictamente los protocolos de protección radiológica. Esta investigación tuvo como finalidad evaluar los niveles de radiación ionizante en el Servicio de Radiología del Hospital Regional de Concepción, Paraguay, durante el mes de junio de 2025, conforme a las disposiciones del Decreto N° 10754/2000 y la Resolución N° 26/2016 de las normativas paraguayas, y de las directrices internacionales de protección radiológica establecidos por organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Con una metodología cuantitativa de tipo descriptiva, se realizaron mediciones con dosímetros en ubicaciones estratégicas del área radiológica, comparando los resultados con los límites establecidos para el personal ocupacionalmente expuesto (20mSv/año) y público general (1 mSv/año). Las mediciones realizadas en las distintas áreas del servicio demostraron una adecuada contención y apantallamiento de las emisiones ionizantes. Tales resultados evidencian que los niveles de radiación ionizante registrados en el servicio de radiología del Hospital Regional se encuentran dentro de los parámetros establecidos como seguros por la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear (ARRN), la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPyBS).

Estos hallazgos ratifican la importancia de fortalecer las medidas de protección radiológica mediante barreras físicas adecuadas, control estricto de accesos, mantenimiento preventivo de los equipos emisores y formación continua del personal, a fin de consolidar una cultura de seguridad institucional y garantizar un entorno de diagnóstico eficiente y seguro.

Palabras clave: Radiación ionizante, Servicio de radiología, Hospital Regional de Concepción.

Abstract:

Exposure to ionizing radiation in hospital settings poses a potential risk to workers, patients, and visitors when radiological protection protocols are not strictly enforced. This study aimed to assess the levels of ionizing radiation in the Radiology Department of the Regional Hospital of Concepción, Paraguay, during June 2025, in accordance with the provisions of Decree No. 10754/2000 and Resolution No. 26/2016 of Paraguayan regulations, as well as international radiological protection guidelines established by organizations such as the World Health Organization (WHO) and the International Commission on Radiological Protection (ICRP).

Using a quantitative, descriptive methodology, measurements were conducted with dosimeters placed at strategic locations within the radiological area. The results were compared to established exposure limits for occupationally exposed personnel (20 mSv/year) and the general public (1 mSv/year). The measurements taken throughout the department demonstrated effective containment and shielding of ionizing emissions. These findings indicate that the levels of ionizing radiation recorded in the hospital's radiology service fall within the safety parameters established by the Radiological and Nuclear Regulatory Authority (ARRN), the National Atomic Energy Commission (CNEA), and the Ministry of Public Health and Social Welfare (MSPyBS).

The results reaffirm the importance of strengthening radiological protection measures through appropriate physical barriers, strict access control, preventive maintenance of emitting equipment, and continuous staff training in order to consolidate an institutional safety culture and ensure an efficient and safe diagnostic environment.

Keywords: Ionizing radiation, Radiology service, Regional Hospital of Concepción.

Introducción:

La radiación ionizante, definida como aquella capaz de remover electrones de átomos neutros generando pares electrón/ión (Morales-Aramburo & Puerta-Ortiz, 2020), representa un riesgo significativo para trabajadores, pacientes y visitantes en entornos hospitalarios si no se aplican estrictamente los protocolos de protección radiológica (Morales-Aramburo & Puerta, 2020).

Desde el punto de vista físico, la interacción ionizante con tejidos vivos puede provocar modificaciones estructurales a nivel celular, principalmente por la formación de especies reactivas que afectan componentes vitales como el ADN. En los tejidos vivos la ionización puede inducir cambios químicos en las células que pueden alterar su material genético (ADN), generar interferencias en los procesos de replicación o causar la muerte celular (apoptosis) según sea la magnitud, localización y el nivel de exposición (Morales-Aramburo & Puerta, 2020).

La exposición a la radiación ionizante no se reduce al ámbito hospitalario. Todos los seres humanos están expuestos a la radiación ionizante de forma natural o artificial. La dosis anual promedio de radiación recibida por una persona es alrededor de 2-3 mSv de E/año; sin

embargo, las fuentes médicas son responsables de más de la mitad de este valor anual estimado (Badel, Rico-Mesa, Gaviria, Arango-Isaza, & Hernández Chica, 2018).

A pesar de los grandes riesgos que supone la exposición prolongada a la radiación ionizante, como las alteraciones en el ADN, la humanidad ha logrado darle un uso positivo a la radiación ionizante en diversas áreas como la ingeniería, la física y la medicina.

En el área médica moderna, la radiación ionizante ha sido ampliamente aprovechada para la realización del diagnóstico y tratamiento de múltiples patologías exponiendo a los pacientes y al personal del hospital a bajas dosis de radiación. No obstante, su uso sin un estricto apego a las normas y regulaciones establecidas por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPyBS) para brindar la máxima seguridad radiológica posible en beneficio de la población, puede representar un riesgo innecesario para la salud pública, dentro del servicio de radiología. Es por ello que resulta relevante evaluar los niveles de radiación en el Hospital Regional de Concepción, un centro de referencia del interior del país.

Para evitar las exposiciones a radiación ionizantes innecesarios, deben aplicarse los principios y requisitos generales establecidos en los Artículos 7 al 12 del Reglamento Básico de Protección Radiológica y Seguridad. Dichos artículos disponen que toda práctica con radiaciones ionizantes debe ser debidamente justificada y optimizada, respetándose siempre los límites de dosis para trabajadores ocupacionalmente expuestos, los pacientes y el público en general y, la necesidad de aplicar los controles adecuados; esta responsabilidad y garantía recae directamente en el Titular de la ARRN. Estudios recientes en hospitales brasileños confirman la importancia de reforzar medidas de seguridad para reducir exposiciones innecesarias (Batista, Bernardo, Morgado & Almeida, 2019).

Además, es conveniente introducir institucionalmente el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), el cual

establece que toda exposición a la radiación ionizante debe mantenerse tan baja como sea razonablemente posible en función de los recursos técnicos, económicos y sociales disponibles (Morales-Aramburo & Puerta-Ortiz, 2020). Con este principio se busca además del cumplimiento irrestricto de las normativas, también busca fomentar una cultura hospitalaria orientada a la excelencia en seguridad radiológica y asegurar un entorno de diagnóstico eficiente y sano.

Así mismo, es importante resaltar la necesidad de reforzar la disponibilidad y uso sistemático de delantales plomados, protectores tiroideos y demás barreras físicas para minimizar la dosis en órganos sensibles. Incorporar colimadores y filtros adecuados tanto al personal como a los pacientes y, ocasionalmente, a los acompañantes para optimizar la calidad de la imagen reduciendo radiación innecesaria.

Objetivos:

- OBJETIVO GENERAL:
Determinar los niveles de radiación ionizante en el Servicio de Radiología de Hospital Regional de Concepción, Paraguay. Junio 2025.
- OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Medir los niveles de radiación ionizante en lugares estratégico de la dependencia del Servicio de Radiología de Hospital Regional de Concepción, Paraguay. Junio 2025.

2. Elaborar una escala de calor de la radiación iónica en la dependencia del servicio de radiología del Hospital Regional de Concepción, Paraguay. Junio 2025
3. Establecer el cumplimiento de las normas de seguridad

nacionales e internacionales vigentes sobre radiación ionizante con los datos obtenidos en el Servicio de Radiología de Hospital Regional de Concepción, Paraguay. Junio 2025.

Materiales y Métodos:

Se realizó la investigación con un diseño observacional descriptivo, de corte transversal, apoyado en artículos científicos extraídos del Centro de Información del CONACyT.

Materiales:

- Instrumentos de Medición:
 - o Detector de radiación ionizante.
- Instrumentos de Registro y Análisis:
 - o Cuaderno o dispositivo digital para el registro de datos.
 - o Software de procesamiento y análisis de datos.
- Planos del Área:
 - o Plano detallado del laboratorio de radiología.

Métodos:

- Selección y Delimitación del Área de Estudio:

Se delimitó el área del servicio de radiología utilizando el plano institucional previamente elaborado. Se identificó puntos críticos en función de la proximidad a equipos de imagen, zonas de alta afluencia y zona de trabajo.

- Diseño de la Cuadrícula de Medición:

Se estableció una cuadrícula sobre el plano del área, permitiendo determinar puntos de medición estratégicos que aseguren la cobertura integral del entorno.

- Procedimiento de Medición:

En determinados puntos de la cuadrícula, se realizarán mediciones durante un tiempo determinado (1 minuto) para obtener un valor promedio.

Se repitió la medición en distintos horarios del día, durante el plazo establecido de 5 días, para captar

posibles variaciones relacionadas con la actividad del área.

Los datos recolectados incluyen: fecha, puntos definidos, niveles de radiación y condiciones ambientales observadas.

- Registro y Análisis de Datos:

Los datos se registraron de forma sistemática en una base de datos o hoja de cálculo.

Se elaboró, con el empleo de un software, una escala de calor que represente la intensidad de la radiación en el área.

Se realizó un análisis de los niveles medidos y los estándares de seguridad, identificando áreas que requieran intervenciones o ajustes en los protocolos.

Resultados y Discusiones:

Para el estudio de los niveles de radiación ionizante en el área de radiología se determinaron 3 puntos estratégicos que aseguraron una mejor cobertura del entorno. Dichos puntos están ilustrados en el plano del laboratorio de radiología (Figura 1).

En la tabla 1 se observan los valores arrojados por la medición de radiación ionizante en el plazo establecido en diferentes horarios.

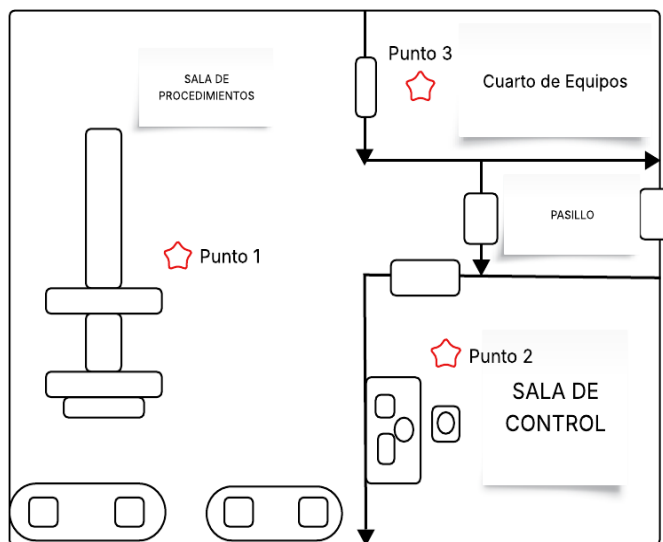


Figura SEQ Figura 1* ARABIC 1: Planos del laboratorio de Radiología

Tabla 1: Niveles de Radiación Ionizante

		Puntos de control	Valor en uSv/h	
			Maquina Activada	Maquina Desactivada
12/06/2025	Mañana	1	13,69	0,15
		2	0,15	0,14
		3	19,24	0,15
	Tarde	1	259	0,15
		2	0,15	0,14
		3	20,32	0,15

	Noche	1	176	0,15
		2	0,15	0,15
		3	114	0,15
13/06/2025	Mañana	1	22,76	0,14
		2	0,15	0,13
		3	0,14	0,11
	Tarde	1	81,63	0,15
		2	0,14	0,14
		3	0,13	0,14
	Noche	1	17,28	0,12
		2	0,15	0,12
		3	3,12	0,14
14/06/2025	Mañana	1	154	0,12
		2	0,12	0,12
		3	0,15	0,12
	Tarde	1	178	0,12
		2	0,11	0,11
		3	1,05	0,12
	Noche	1	3210	0,15
		2	0,13	0,14
		3	178	0,15
15/06/2025	Mañana	1	62,40	0,15
		2	0,15	0,14
		3	0,13	0,13
	Tarde	1	84,73	0,15
		2	0,14	0,13
		3	0,13	0,12
	Noche	1	93,54	0,15
		2	0,15	0,14
		3	0,12	0,13
16/06/2025	Mañana	1	36,23	0,15
		2	0,51	0,15
		3	16,46	0,19
	Tarde	1	34,22	0,16
		2	0,52	0,16
		3	15,32	0,17
	Noche	1	32,13	0,16
		2	0,50	0,13
		3	12,51	0,14

El promedio general de radiación en el punto 1 con máquina activada fue de 297,04 $\mu\text{Sv/h}$ (DE=120,5; IC95%: 240–354), en el punto 2 de 1,81 $\mu\text{Sv/h}$ (DE=0,5), y en el punto 3 de 42,71 $\mu\text{Sv/h}$ (DE=10,2). Durante la inactividad de los equipos, los valores se mantuvieron por debajo de 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ en los tres puntos. Se observaron picos elevados en horarios nocturnos del 14/06 (3210 $\mu\text{Sv/h}$), coincidiendo con la realización de estudios de alta carga radiológica, aunque sin superar límites de exposición ocupacional anual (ICRP, s. f.).

La Figura 2 muestra un boxplot comparativo de los niveles según turno. (mañana, tarde y noche). Se observa que la mayoría de los valores se mantienen dentro de rangos bajos y estables durante

la mañana y la tarde; sin embargo, durante el turno nocturno aparecen valores atípicos elevados, asociados a la realización de procedimientos radiológicos de mayor intensidad. Este hallazgo evidencia la necesidad de reforzar las medidas de protección en horarios de alta demanda y monitorear de manera continua las variaciones en la exposición.

Figura 2. Boxplot comparativo de niveles de radiación ionizante según turno

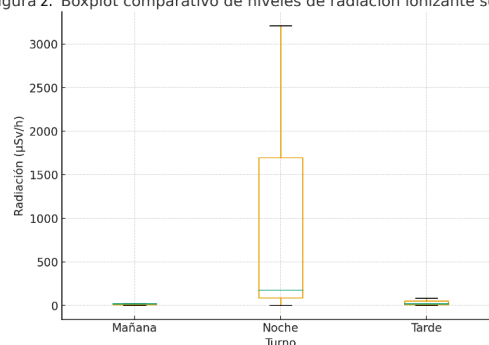


Figura 2: Boxplot comparativo de los niveles de radiación ionizante

Según las normas establecidas por la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear (ARRN, 2016) el límite de las dosis promedio de radiación es de:

- Una dosis efectiva de 1 mSv (milisievert) al año, que equivale a 1000 μSv (microsievert), para los grupos críticos relevantes de personas del público.
- Una dosis efectiva de 6 mSv al año, para los aprendices de 16 a 18 años

que son entrenados para empleos que involucran exposición a la radiación.

- Una dosis efectiva de 20 mSv por año, para cualquier trabajador ocupacionalmente expuesto.

De acuerdo a los valores de la tabla 1, los valores de radiación están muy por debajo del límite establecido.

Utilizando los valores obtenidos durante las mediciones pudimos crear una escala de calor para determinar las condiciones de seguridad del laboratorio y el nivel de

riesgo del público en general, como
ilustran las tablas 2 y 3.

Tabla 2: Valores obtenidos cuando la máquina de radiografía esta activada

Control Diario	Valores medidos en uSv								
	Mañana			Tarde			Noche		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
12/6/2025	13,69	0,15	20,97	259	0,15	20,32	176	0,15	114
13/6/2025	22,76	0,15	0,14	81,63	0,14	0,13	17,28	0,15	3,12
14/6/2025	154	0,12	0,15	178	0,11	1,05	3210	0,13	178
15/6/2025	62,4	0,15	0,13	84,73	0,14	0,13	93,54	0,15	0,12
16/6/2025	36,23	0,51	16,46	34,22	0,52	15,32	32,13	0,5	12,51
Total	289,08	3,08	40,85	638,58	3,06	39,95	3530	3,08	310,75

Fuente: Niveles de Radiación ionizante en el Servicio de Radiología del Hospital Regional de Concepción, Paraguay, Junio 2025.

Tabla 3: Valores obtenidos cuando la máquina de radiografía esta desactivada

Control Diario	Valores medidos en uSv								
	Mañana			Tarde			Noche		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
12/6/2025	0,15	0,14	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
13/6/2025	0,14	0,13	0,13	0,15	0,14	0,14	0,12	0,12	0,14
14/6/2025	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,15	0,14	0,15
15/6/2025	0,15	0,14	0,13	0,15	0,13	0,12	0,15	0,14	0,13
16/6/2025	0,15	0,15	0,19	0,16	0,16	0,17	0,16	0,13	0,14
Total	0,71	0,68	0,72	0,73	0,68	0,7	0,73	0,68	0,71

Fuente: Niveles de Radiación ionizante en el Servicio de Radiología del Hospital Regional de Concepción, Paraguay, Junio 2025.

Conclusiones:

Los niveles de radiación ionizante en el Servicio de Radiología del Hospital Regional de Concepción se encuentran dentro de los parámetros establecidos como seguros por la ARRN y organismos internacionales. No obstante, la presencia de valores puntualmente elevados en determinados procedimientos resalta la importancia de reforzar medidas preventivas, implementar un sistema de monitoreo permanente, y capacitar de manera continua al personal. Se recomienda como línea futura de investigación la comparación interhospitalaria en el interior del país, con énfasis en la seguridad del paciente y la sostenibilidad tecnológica.

Los niveles registrados se encuentran dentro de los parámetros internacionales de seguridad (ICRP, s. f.; HHS, s. f.). Sin embargo, los picos observados sugieren la necesidad de reforzar el control operativo en procedimientos de alta intensidad. Estos hallazgos coinciden con reportes en hospitales brasileños donde se identificaron variaciones puntuales vinculadas al tipo de estudio radiológico (Oliveira Bernardo et al., 2022). La aplicación sistemática del principio ALARA y el uso de protectores tiroideos y

delantales plomados pueden minimizar aún más los riesgos. Además, se recomienda mantener capacitación periódica y auditorías internas de radioprotección.

Estos hallazgos reafirman la eficacia de las medidas de seguridad implementadas por el hospital, tales como el uso de barreras físicas, señalización adecuada, capacitación continua del personal, y control periódico de equipos. No se observaron riesgos significativos para trabajadores ni visitantes en relación con la exposición a radiación, sin embargo, los pacientes sí presentan riesgos en casos donde realizan varias radiografías.

Se concluye que el servicio de radiología del Hospital Regional cumple con todos los estándares de seguridad radiológica vigentes, buscando una atención médica eficiente sin comprometer la salud de los usuarios ni del personal técnico. No obstante, se recomienda reforzar los protocolos de seguridad y mantener un sistema de monitoreo continuo y actualización tecnológica para asegurar la sostenibilidad de estos niveles seguros a largo plazo.

Bibliografía:

- Badel, A. E., Rico-Mesa, J. S., Gaviria, M. C., Arango-Isaza, D., & Hernández Chica, C. A. (2018, May 1). Ionising radiation: A review of the topic and recommendations for using it. *Revista Colombiana de Cardiología*, Vol. 25, pp. 222–229. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2017.10.008>
- Batista, V. M. D., Bernardo, M. O., Morgado, F., & Almeida, F. A. (2019). Radiological protection in the perspective of health professionals exposed to radiation. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 72(Suppl 1), 12–19. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0545>
- Decreto N° 10754/2000 Crea el Reglamento Nacional de Seguridad para la Protección contra las Radiaciones Ionizantes y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación. Recuperado de <https://www.arrn.gov.py/reglamentos/>
- International Commission on Radiological Protection. (s. f.). Dose limits. ICRPedia. Disponible en: https://icrpaedia.org/Dose_limits
- Ley N° 1081/1965 Crea la Comisión Nacional de Energía Atómica. Recuperado de <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2946/crea-la-comision-nacional-de-energia-atmica>
- Ley N° 5169/2014 Crea la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear. Recuperado de <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2945/ley-n-5169-crea-la-autoridad-reguladora-radiologica-y-nuclear>
- Morales-Aramburo, J., & Puerta, J. A. (2020). Physical basis of ionising radiation. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2020.01.007>
- Oliveira Bernardo, M., Morgado, F., dos Santos, A. A. S. M. D., Foley, S., Paulo, G., & Almeida, F. A. (2022). Impact of a radiological protection campaign in emergency paediatric radiology: a multicentric observational study in Brazil. *Insights into Imaging*, 13, 40. <https://doi.org/10.1186/s13244-022-01180-0>
- Resolución-D-ARRN N° 26/2016 se refiere al Reglamento Básico de Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación Ionizante. Recuperado de <https://www.arrn.gov.py/reglamentos/>

U.S. HHS. (s. f.). ICRP Guidance for
Occupational Exposure. REMM.
Disponible en:

https://remm.hhs.gov/ICRP_guidelines.htm

34.- Aguas

Modelo de asimilación de datos basado en machine learning para la estimación de caudal

Autor: Leiva, Javier; javier.leiva@postgrado.uv.cl

Co-autor(es): Salas, Rodrigo, rodrigo.salas@uv.cl

Orientador/a: Arévalo, Jorge, jab@meteo.uv.cl; Velandia, Daira, daira.velandia@uv.cl

Universidad de Valparaíso / Facultad de Ciencia, Instituto de Estadística

Resumen

Ante el aumento de eventos climáticos extremos y el riesgo de inundaciones, el pronóstico de caudal adquiere gran relevancia para la gestión hídrica y la toma temprana de decisiones. Esta investigación propone un modelo de asimilación de datos basado en *machine learning* que estima el caudal en estaciones sin registros, con el objetivo de construir en el futuro un modelo de pronóstico que incorpore el caudal observado como variable de entrada, superando las limitaciones actuales por fallas en estaciones. El modelo consiste en una red neuronal artificial que recibe como entrada el caudal estimado por un modelo base, su incertidumbre, y más de 60 variables que caracterizan cada estación y sus vecinas, incluyendo el caudal observado en estas últimas y la salida el *nowcasting* del caudal en la estación de interés. Se utilizó una base de datos con registros de 432 estaciones en Chile (2001–2021), y se evaluó el modelo con la métrica Kling-Gupta Efficiency (KGE). El modelo mostró que en más del 60% de las estaciones el KGE fue mayor a 0.6, superando ampliamente al método kriging ($KGE \approx -0.10$) y al modelo base en el 85% de los casos. Los resultados confirman la capacidad del modelo para capturar relaciones espaciales entre estaciones y mejorar significativamente la estimación del caudal del modelo base, sentando bases sólidas para futuros modelos de pronóstico que integren el caudal observado.

Palabras clave: asimilación de datos, machine learning, caudal

Introducción

El cambio climático ha intensificado la frecuencia y severidad de eventos hidrometeorológicos extremos (Pendergrass et al., 2017), como sequías e inundaciones, lo que ha incrementado la necesidad de contar con herramientas precisas para el monitoreo y pronóstico del caudal en ríos y cuencas. En este contexto, la estimación confiable del caudal se vuelve fundamental para la gestión de recursos hídricos, la planificación territorial y la toma de decisiones tempranas ante posibles emergencias.

Ante esta realidad, en la literatura se ha abordado el pronóstico de caudales desde diversos enfoques, incluyendo la implementación de modelos físico-conceptuales, como el GR4J (Perrin et al., 2003), el uso de redes neuronales y la integración de modelos híbridos (Yang et al., 2024; Mohammadi et al., 2022). Estos esfuerzos buscan mejorar la precisión en la predicción de caudales, especialmente en contextos de alta variabilidad climática, como es el caso de Chile, donde las relaciones espacio-temporales son complejas y difíciles de modelar. En de la Fuente et al., (2019) se presenta un sistema de alerta temprana hidrológica basado en un modelo de aprendizaje profundo para la predicción del caudal. Se enfoca en

mejorar la precisión de las predicciones de escurrimiento y proporcionar información en tiempo real para la gestión de riesgos de inundaciones en la Región Metropolitana de Chile. A pesar de los avances en el pronóstico de caudales, se han identificado limitaciones importantes. Los modelos físicos-conceptuales logran representar el fenómeno de precipitación-escurrimiento en muchas cuencas (Kunnath-Poovakka & Eldho, 2019; Sezen & Partal, 2018; Pagano et al., 2011) pero debido a su simplicidad no son capaces de capturar las relaciones espaciotemporales más complejas. Por otra parte, la mayoría de los enfoques (Kapoor et al., 2023; Tian et al., 2018) se han basado principalmente en datos hidrometeorológicos como precipitación, temperatura y variables estáticas que caracterizan la cuenca, sin integrar de manera directa la información de caudales pasados, debido fundamentalmente a que no siempre se dispone de la observación de dicha variable en tiempo real, pues la estación encargada de su medición se puede ver afectada por las crecidas, lo que impediría la elaboración del pronóstico. La omisión de esta información reduce la capacidad de los modelos para capturar adecuadamente las dinámicas hidrológicas, pues el caudal en el tiempo $t + 1$ depende en gran medida del caudal observado en el tiempo

t ; por tanto, la incorporación de esta variable se considera de gran relevancia para mejorar la precisión de los pronósticos. Por lo anterior, es necesario disponer de un modelo que permita hacer *nowcasting* del caudal en las situaciones en las que no se disponga del dato, con el fin de que se tenga disponible en todo momento, independientemente de si la estación se encuentre o no operativa.

Frente a este desafío los enfoques tradicionales de interpolación espacial y asimilación de datos presentan limitaciones al no capturar adecuadamente las complejas relaciones espaciales y temporales entre estaciones. Sin embargo, el *machine learning* ha abierto nuevas posibilidades para abordar estos problemas. Estas técnicas permiten construir modelos capaces de aprender patrones complejos a partir de grandes volúmenes de datos, integrando múltiples variables y fuentes de información.

Este trabajo propone un modelo de asimilación de datos basado en *machine learning* para la estimación del caudal en estaciones sin registros. Para ello se utiliza una red neuronal artificial que incorpora información proveniente del pronóstico de un modelo base, la incertidumbre asociada a éste, el caudal observado en estaciones cercanas, además de más de 70 variables que caracterizan a la estación objetivo y a sus

vecinas, y entrega como salida el *nowcasting* del caudal en la estación de interés. Esta propuesta busca sentar las bases para el desarrollo futuro de modelos de pronóstico que integren el caudal observado como variable de entrada, mejorando así la robustez y precisión de los sistemas de alerta temprana.

Objetivos

Objetivo general:

- Desarrollar un modelo de asimilación de datos basado en técnicas de machine learning para realizar *nowcasting* de caudal en estaciones hidrométricas sin registros.

Objetivos específicos:

- Diseñar y estructurar el conjunto de datos necesario para el entrenamiento del modelo.
- Definir la arquitectura de la red neuronal artificial utilizada en el modelo de asimilación.
- Evaluar el desempeño del modelo mediante métricas hidrológicas como Kling–Gupta Efficiency (KGE).
- Comparar los resultados obtenidos con métodos tradicionales de estimación espacial, como kriging.

Materiales y Métodos

HidroCL DB

El dataset HidroCL DB surge como resultados del proyecto FONDEF ID21110093 “HidroCL: Modelo de pronóstico de caudales basado en machine learning” e incluyen registros de 432 cuencas, que tienen al menos un año de datos de caudal. Se recoge también variables estáticas (características de la cuenca, derechos de agua y propiedades del suelo), variables observadas (observaciones satelitales, indicadores de nieve y vegetación), variables pronosticadas (predicciones meteorológicas numéricas). Este dataset fue utilizado como base para diseñar y estructurar el conjunto de datos a utilizar en el entrenamiento, validación y prueba del modelo propuesto.

Metodología para el diseño del conjunto de datos

Con el objetivo de capturar las relaciones espaciales entre estaciones, se diseñó un conjunto de datos que integra variables tanto de la estación objetivo —aquella en la que se desea realizar *nowcasting* del caudal— como de dos estaciones vecinas cercanas. Para seleccionar estas combinaciones, se identificaron tríos de estaciones en los que la distancia entre la estación objetivo y cada una de sus vecinas fuera menor o igual a 30 km.

De cada estación (la objetivo y sus dos vecinas) se recopilaron más de 60 variables estáticas que caracterizan cada cuenca. Además, se incorporó el caudal simulado por un modelo base y su incertidumbre, estimada mediante la desviación estándar de la simulación. Para las estaciones vecinas, también se registró el caudal observado y la distancia de cada una con la estación objetivo. La variable objetivo (*target*) del modelo es el caudal en la estación de interés.

De este modo, se espera que el modelo aprenda las relaciones espaciales entre las distintas cuencas, asignando de manera óptima el peso relativo tanto a las observaciones de caudal en las estaciones vecinas como a las predicciones generadas por el modelo base.

Modelo propuesto

El modelo de asimilación de datos propuesto en esta investigación se basa en una red neuronal *perceptrón multicapa*, entrenada utilizando datos de 157 estaciones hidrométricas. Para garantizar su capacidad de generalización, se excluyeron del entrenamiento 15 estaciones, así como ciertos períodos de la serie temporal, permitiendo así probar el modelo en condiciones espaciales y temporales no vistas durante el aprendizaje.

Durante el diseño de la arquitectura de la

red, se exploraron múltiples combinaciones de hiperparámetros, generando más de 200 configuraciones distintas. La selección del modelo final se realizó en función del desempeño medido mediante la métrica Kling–Gupta Efficiency (KGE), priorizando aquella arquitectura cuyo primer cuartil de KGE fuera el más alto (Gupta et al., 2009; Kling et al., 2012; Knoben et al., 2019). Este criterio permitió identificar el modelo con mejor rendimiento en escenarios diversos, reforzando su robustez para tareas de *nowcasting* en estaciones sin registros.

Comparación con métodos tradicionales

A diferencia de métodos tradicionales como el kriging, que se basa en la interpolación espacial mediante funciones de covarianza predefinidas, y la interpolación óptima (Daley, 1993), que asigna pesos según la minimización de la varianza del error del modelo base y las observaciones, el modelo propuesto utiliza una red neuronal capaz de aprender automáticamente las relaciones espaciales y temporales entre estaciones. Esta capacidad de aprendizaje permite incorporar múltiples variables explicativas y adaptarse a patrones no lineales, lo que mejora significativamente la estimación del caudal en estaciones sin registros.

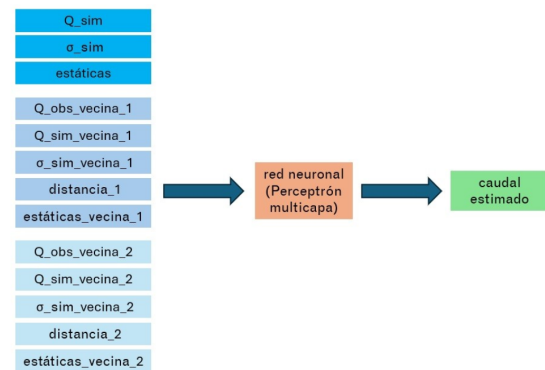


Figura 1.

Variables de entrada y salida del modelo de asimilación de datos.

Aunque el modelo se aleja de la formulación clásica de la interpolación óptima, retoma su lógica fundamental: combinar información observada y simulada (Figura 1) para obtener una estimación más precisa. En este caso, los pesos no se están influenciados por la matriz de covarianza de los errores de las observaciones y del modelo inicial, sino que son aprendidos por la red neuronal durante el entrenamiento, permitiendo una asignación según las características de cada estación y sus vecinas.

Resultados y Discusión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos al aplicar tres enfoques distintos para la estimación de caudal en estaciones sin registros: el modelo base, el método de interpolación espacial mediante kriging, y el modelo de asimilación de datos propuesto basado en

machine learning. La evaluación del desempeño se realizó utilizando la métrica Kling–Gupta Efficiency, ampliamente utilizada en hidrología para medir la calidad de simulaciones de caudal.

Tabla 1
Estadísticos descriptivos del Kling–Gupta
Efficiency (KGE) para los tres modelos
evaluados.

Estadístico	KGE modelo base	KGE kriging	KGE modelo propuesto
count	172.00	172.00	172.00
mean	0.38	-7.04	0.42
std	1.01	21.52	1.04
min	-11.32	-183.29	-6.13
5 %	-0.46	-55.63	-1.30
10 %	-0.12	-17.48	-0.38
15 %	0.04	-7.97	0.18
20 %	0.19	-4.34	0.41
25 %	0.26	-1.93	0.48
30 %	0.34	-1.28	0.55
40 %	0.47	-0.10	0.65
45 %	0.51	0.09	0.69
50 %	0.57	0.24	0.73
75 %	0.79	0.55	0.88
90 %	0.86	0.74	0.94
95 %	0.89	0.83	0.96
99 %	0.92	0.92	0.97
max	0.94	0.95	0.98

La Tabla 1 resume los estadísticos descriptivos del KGE calculados en las estaciones del conjunto de prueba. Se observa que el modelo propuesto

presenta una mejora significativa en comparación con los otros dos enfoques. En todas las estaciones donde el modelo base tiene un KGE > 0 (percentil 15), el modelo propuesto entrega mejores estimaciones que si se hubiese realizado *nowcasting* únicamente con el modelo base. Cuando se compara con el método kriging se puede apreciar que el desempeño del modelo de machine learning es mejor en todos los percentiles mostrados en la tabla. Además, en el 60% de las estaciones el KGE del modelo propuesto es igual o superior a 0.65, mientras que en el modelo base se alcanza 0.47 y el método kriging apenas -0.10.

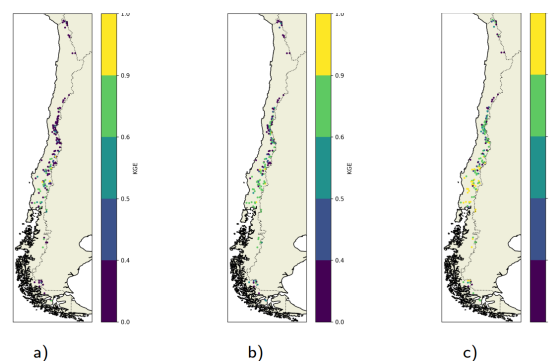


Figura 2.
Distribución espacial del KGE por estación
en Chile para: a) Método kriging, b)
Modelo base y c) Modelo propuesto.

La Figura 2 muestra la distribución espacial del KGE por estación en todo Chile para cada uno de los tres modelos. El método kriging presenta un patrón de

bajo desempeño generalizado, observándose las mejores estimaciones en algunas estaciones de la zona central del país. En el caso del modelo base, su $KGE > 0.5$ en la mayoría de las estaciones del centro y centro-sur de Chile, pero en los extremos norte y sur el $KGE < 0.4$ en la mayoría de los casos. En contraste, el modelo propuesto exhibe una mejora sustancial en la mayoría de las regiones, con estaciones que alcanzan valores de KGE superiores a 0.9 en el centro y sur del país. Además, el número de estaciones con $KGE < 0.4$ en cada región es inferior en comparación con los otros métodos.

Estos resultados evidencian que el modelo de asimilación de datos basado en machine learning no solo supera a los métodos con los que se está comparando en términos de precisión, sino que también logra capturar relaciones espaciales complejas entre estaciones. La incorporación de múltiples variables explicativas y la capacidad de aprendizaje automático permiten al modelo asignar pesos adecuados a las observaciones vecinas y a las simulaciones del modelo base, lo que se traduce en estimaciones más robustas.

Sin embargo, el análisis espacial también revela que el desempeño del modelo propuesto está condicionado por la calidad de la información entregada por el

modelo base. En aquellas estaciones donde el modelo base presenta estimaciones deficientes, el modelo de machine learning tiende a replicar ese bajo desempeño, lo que sugiere que la red neuronal aún depende en parte de la calidad de las simulaciones iniciales. Esto plantea un desafío para futuras mejoras, donde podría explorarse la incorporación de mecanismos de atención o ponderación adaptativa que permitan al modelo reducir su dependencia de entradas poco confiables.

En conjunto, los resultados confirman que el enfoque propuesto representa un avance significativo respecto a los métodos tradicionales, especialmente en contextos con alta variabilidad espacial, como es el caso de Chile.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que el modelo de asimilación de datos basado en machine learning representa una mejora significativa en la estimación de caudal en estaciones sin registros, en comparación con métodos tradicionales. La evaluación mediante la métrica Kling–Gupta Efficiency evidencia que el modelo propuesto alcanza valores superiores en más del 85% de las estaciones, y logra un desempeño robusto en más del 60% de estas.

La capacidad del modelo para integrar múltiples variables explicativas, junto con su habilidad para aprender relaciones espaciales complejas entre estaciones, permite generar estimaciones más precisas y confiables. Además, la evaluación espacial muestra que el modelo es especialmente efectivo en regiones con buena cobertura de estaciones vecinas, logrando valores de KGE superiores a 0.9 en zonas del centro y sur de Chile.

No obstante, se identificó que el desempeño del modelo está condicionado por la calidad de las simulaciones entregadas por el modelo base. En estaciones donde este presenta estimaciones deficientes, el modelo de machine learning tiende a replicar ese bajo rendimiento. Esto plantea oportunidades de mejora que permitan reducir la dependencia de entradas poco confiables.

En conjunto, el enfoque propuesto constituye un avance metodológico relevante para el nowcasting de caudal en contextos de alta variabilidad espacial y limitada disponibilidad de datos, como ocurre en muchas regiones de Chile. Su aplicación puede contribuir significativamente al fortalecimiento de sistemas de alerta temprana y a la gestión eficiente de recursos hídricos, mediante la implementación de modelos de predicción

de caudal a mediano y corto plazo, donde se incorpore el caudal observado como variable predictora.

Referencias Bibliográficas

- Daley, R. (1993). *Atmospheric Data Analysis*. Cambridge University Press.
- de la Fuente, A., Meruane, V., & Meruane, C. (2019). Hydrological Early Warning System Based on a Deep Learning Runoff Model Coupled with a Meteorological Forecast. *Water*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/w11091808>
- Gupta, H. V., Kling, H., Yilmaz, K. K., & Martinez, G. F. (2009). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 377(1), 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.003>
- Kapoor, A., Pathiraja, S., Marshall, L., & Chandra, R. (2023). DeepGR4J: A deep learning hybridization approach for conceptual rainfall-runoff modelling. *Environmental Modelling & Software*, 169, 105831. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105831>

- Kling, H., Fuchs, M., & Paulin, M. (2012). Runoff conditions in the upper Danube basin under an ensemble of climate change scenarios. *Journal of Hydrology*, 424-425, 264-277. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.01.011>
- Knoben, W. J. M., Freer, J. E., & Woods, R. A. (2019). Technical note: Inherent benchmark or not? Comparing Nash–Sutcliffe and Kling–Gupta efficiency scores. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(10), 4323-4331. <https://doi.org/10.5194/hess-23-4323-2019>
- Kunnath-Poovakka, A., & Eldho, T. I. (2019). A comparative study of conceptual rainfall-runoff models GR4J, AWBM and Sacramento at catchments in the upper Godavari river basin, India. *Journal of Earth System Science*, 128(2), 33. <https://doi.org/10.1007/s12040-018-1055-8>
- Mohammadi, B., Safari, M. J. S., & Vazifekkhah, S. (2022). IHACRES, GR4J and MISD-based multi conceptual-machine learning approach for rainfall-runoff modeling. *Scientific Reports*, 12(1), 12096. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16215-1>
- Pagano, T. C., Wang, Q. J., Hapuarachchi, P., & Robertson, D. (2011). A dual-pass error-correction technique for forecasting streamflow. *Journal of Hydrology*, 405(3), 367-381. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.036>
- Pendergrass, A. G., Knutti, R., Lehner, F., Deser, C., & Sanderson, B. M. (2017). Precipitation variability increases in a warmer climate. *Scientific Reports*, 7(1), 17966. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17966-y>
- Perrin, C., Michel, C., & Andréassian, V. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of Hydrology*, 279(1), 275-289. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00225-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00225-7)
- Sezen, C., & Partal, T. (2018). The utilization of a GR4J model and wavelet-based artificial neural network for rainfall-runoff modelling. *Water Supply*, 19(5), 1295-1304. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.189>
- Tian, Y., Xu, Y.-P., Yang, Z., Wang, G., & Zhu, Q. (2018). Integration of a

Parsimonious Hydrological Model
with Recurrent Neural Networks for
Improved Streamflow Forecasting.
Water, 10(11), Article 11.
<https://doi.org/10.3390/w10111655>

Yang, J., Chen, F., Long, A., Sun, H., He,
C., & Liu, B. (2024). Runoff
simulation of the Kaidu River Basin
based on the GR4J-6 and
GR4J-6-LSTM models. *Journal of
Hydrology: Regional Studies*, 56,
102034.
[https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.
102034](https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.102034)

Financiamiento

Este trabajo ha sido financiado por la
Agencia Nacional de Investigación y
Desarrollo (ANID) a través del programa
de Becas de Doctorado Nacional.

42 - Microbiología Molecular

Microbiota fúngica intestinal do inseto praga *Sphenophorus levis*: Caracterização e investigação do seu envolvimento na biodegradação de poliestirenoAutor: França, Henrique S.; henrique.sebestyen@estudante.ufscar.brCo-autor(es): Basaglia, Marcos V. - marcosbasaglia@estudante.ufscar.br; Bettini, Silvia H. P.- silvia.bettini@ufscar.br; Souza, Eduardo; P. - edupsouza96@gmail.comOrientador/a: Silva, Flavio H.; dfhs@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar / CCBS

Resumo

O poliestireno (PS) é um polímero plástico de baixa degradabilidade e alto acúmulo na natureza, configurando-se como um dos principais poluentes ambientais. As larvas do bicudo-da-cana-de-açúcar (*Sphenophorus levis*, Coleoptera) são capazes de consumir e degradar poliestireno expandido (EPS), processo relacionado à sua microbiota intestinal. Assim, este trabalho tem como objetivo isolar, identificar e caracterizar fungos filamentosos da microbiota intestinal de larvas desse inseto, visando avaliar seu potencial na degradação de PS. Os intestinos de larvas alimentadas unicamente com EPS por 5 dias foram extraídos e plaqueados em meio de cultivo sólido (PDA e Sabouraud). Os fungos foram isolados e identificados por sequenciamento da região ITS do DNA não codificante do rRNA. Em seguida, foram cultivados em meio PDA e PDB com glicose mínima e filmes de PS, por 2 meses a 30 °C. Após o cultivo, analisou-se os filmes por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) e Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) com o objetivo de avaliar o crescimento fúngico sobre o polímero e identificar possíveis alterações químico-físicas induzidas pelos microrganismos. Um isolado, denominado FFLBMSL1 e identificado como *Periconia* spp., apresentou ampla colonização sobre os filmes e danos estruturais às superfícies, constatadas nas análises de MEV. Por meio do EDS e do FTIR foi identificado a presença de oxigênio nas cavidades das amostras lavadas e um aumento de ligações oxidadas, como hidroxilas e carbonilas, indicando degradações nos filmes causadas por enzimas oxidases do fungo. Foi possível concluir que o fungo isolado é capaz de colonizar, modificar e degradar os filmes de PS.

Palavras chaves: degradação de plásticos por fungos filamentosos, microbiota de larvas, bicudo-da-cana-de-açúcar.

1. Introdução

O Poliestireno (PS), produzido a partir do monômero estireno, é um polímero aromático sintético de alto peso molecular com a fórmula $(C_8H_8)_n$. É amplamente utilizado na fabricação de diversos produtos e pode ser encontrado nas formas sólida, espumada, não espumada ou líquida (monomérica). É classificado em três tipos: poliestireno de uso geral (GPPS), poliestireno de alto impacto (HIPS) e poliestireno expandido (EPS). O EPS, comumente conhecido como isopor, é um plástico leve, rígido e celular que contém bolsas de ar, sendo utilizado em diversas aplicações como construção de estradas e embalagens térmicas (Ho, Roberts, Lucas, 2018).

As propriedades favoráveis e o baixo custo de produção tornam o poliestireno um plástico amplamente utilizado. No entanto, devido ao seu uso generalizado, o poliestireno tende a se acumular no ambiente, causando diversas preocupações ambientais e de saúde pública devido à sua toxicidade e persistência (Ho, Roberts, Lucas, 2018). Uma questão atual importante é a presença de microplásticos em ambientes aquáticos e terrestres. Estes microplásticos têm sido associados a efeitos tóxicos em animais, incluindo redução nas taxas de sobrevivência e reprodução, aumento do estresse

oxidativo, disfunção imunológica e até alterações na microbiota intestinal, podendo impactar as cadeias alimentares dos ecossistemas (Jin et al., 2018; Toussaint et al., 2019).

A composição molecular e a natureza hidrofóbica do poliestireno contribuem para sua hidrofobicidade superficial, tornando-o resistente à hidrólise e dificultando interações com microrganismos degradadores (Albertsson, Karlsson, 1993). Além disso, seu alto peso molecular e sua insolubilidade em água limitam seu transporte para as regiões intracelulares microbianas (Artham, Doble, 2008). No entanto, microrganismos como fungos filamentosos podem degradar o poliestireno e outros plásticos de forma extracelular, secretando enzimas que atuam na superfície do material por meio de mecanismos hidrolíticos (Tokiwa et al., 2009; Kumar et al., 2013).

A microbiota intestinal de larvas de algumas espécies de insetos, capazes de se alimentar voluntariamente e formar galerias em plástico, surgiu como uma fonte promissora para a bioprospecção de microrganismos degradadores de PS (Peng et al., 2022). Devido às semelhanças químicas e físicas entre o PS e a lignocelulose, bem como outros compostos vegetais recalcitrantes, microrganismos degradadores de lignocelulose, comumente encontrados na microbiota

dessas larvas, são capazes de despolimerizar e degradar materiais plásticos por meio da ação de hidrolases e oxidorredutases (Peng et al., 2022; Barcoto & Rodrigues, 2022; Qiu et al., 2025). Por exemplo, a cepa *Aspergillus flavus* PEDX3, isolada do intestino da mariposa *Galleria mellonella*, demonstrou capacidade de degradar polietileno (Zhang et al., 2020). De forma semelhante, um consórcio de leveduras isolado de intestinos de cupins demonstrou a capacidade de degradar polietileno de baixa densidade (Elsamahy et al., 2023).

O bicudo-da-cana (*Sphenophorus levis*, Coleoptera: Curculionidae) (Figura 1) foi identificado pela primeira vez em 1978 e desde então foi considerado uma praga da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). No campo, as fêmeas adultas depositam ovos no solo próximo ao rizoma da planta. Após a eclosão, as larvas perfuram o rizoma, formando galerias irregulares onde permanecem até a fase adulta. As larvas, que podem atingir até 15 mm de comprimento, danificam os rizomas e a parte basal da planta, frequentemente levando à sua morte (Custódio, Martinelli, dos Santos, 2017). A sua microbiota intestinal deve estar intimamente relacionada a esse processo, pois estudos funcionais e de diversidade identificaram microrganismos especializados na atividade lignocelulolítica (Rinke et al., 2011).

Periconia spp. é um gênero fúngico que tem despertado interesse por seu potencial em várias áreas. É conhecido por produzir uma ampla gama de metabólitos secundários já utilizados na indústria, com diversas propriedades farmacêuticas, como atividades antimicrobiana, anti-HIV, citotóxica potente e anti-inflamatória (Azhari & Supratman, 2021; Verma et al., 2011). Algumas espécies de *Periconia* também podem atuar como endófitas e suprimir fitopatógenos (Bovio et al., 2023). Notavelmente, esse grupo de fungos filamentosos também foi relatado como capaz de degradar plásticos, particularmente poliuretano (PU) (Brunner et al., 2018).

Uma cepa de *Periconia* spp. foi isolada do intestino de larvas de *S. levis* que haviam sido alimentadas exclusivamente com poliestireno expandido (EPS) por cinco dias. Essa cepa, denominada FF-LBM-SL1, foi cultivada por dois meses em contato com filmes de PS em meio sólido Low Carbon-Potato Dextrose Agar (LC-PDA) e meio líquido Low Carbon-Potato Dextrose Broth (LC-PDB) (Wu et al., 2023). Os filmes de PS foram analisados por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para avaliar se o fungo causou danos físicos e alterações químicas na estrutura do PS.

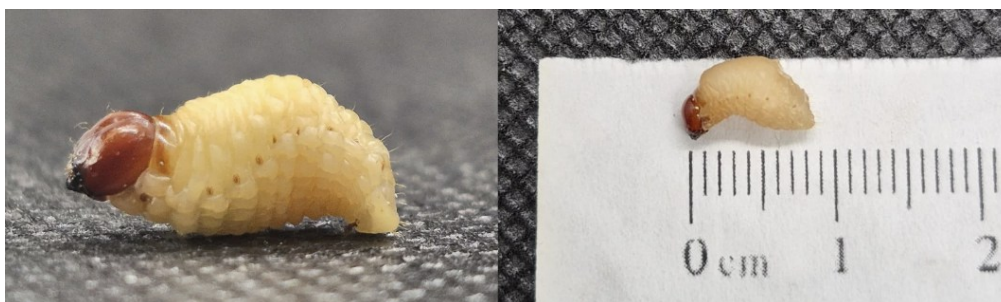


Figura 1. Larvas de *Sphenophorus levis*. (Autoria própria)

2. Objetivo

2.1. Objetivo geral

- Identificar e caracterizar os fungos intestinais do coleóptero *S. levis* associados à biodegradação de poliestireno.

2.2. Objetivos específicos

- Submeter um grupo de larvas de *S. levis* a uma dieta única de poliestireno expandido;
- Extrair a microbiota intestinal das larvas de *S. levis*, cultivar essa microbiota em meio PDA e isolar fungos filamentosos;
- Identificar molecularmente os fungos filamentosos isolados, em particular por meio amplificação e sequenciamento (Sanger) das regiões ITS
- Realizar ensaios de degradação de filmes de PS pelos fungos isolados;
- Analisar fisicamente e quimicamente os filmes de PS cultivados juntamente com os filmes isolados.

3. Materiais e Métodos

3.1. Alimentação das larvas de *Sphenophorus levis* com poliestireno expandido

Larvas de *S. levis* com 12 dias de idade foram obtidas da empresa Pragas.com (Piracicaba, Brasil). Um total de 30 indivíduos foram alimentados exclusivamente com uma dieta de poliestireno (densidade de 13 a 16 kg/m³, sem aditivos) sob condições controladas de 26 °C, 60% de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas, durante cinco dias.

3.2. Extração da microbiota intestinal das larvas de *S. levis*

Ao final do período de cultivo, as larvas foram coletadas e dissecadas (Rinke et al., 2011).

Primeiramente, os insetos foram mantidos sobre gelo por 10 minutos. Em seguida, sua superfície foi esterilizada por imersão em etanol 70% (v/v) por 3 minutos, seguida por imersão em solução tampão

fosfato salina estéril 1X (PBS; 137 mM NaCl, 2,7 mM KCl, 10 mM Na₂HPO₄, 2 mM KH₂PO₄, pH 7,4). As larvas foram então dissecadas em PBS utilizando um bisturi e pinças para extrair os intestinos das carcaças. Pools de cinco intestinos foram imersos em 300 µL de PBS e agitados em vortex por 5 minutos para liberar a microbiota intestinal.

3.3. Plaqueamento dos pools intestinais e isolamento da cepa FF-LBM-SL1

O pool da microbiota intestinal foi submetido a seis ciclos de diluição seriada (1:10). As diluições foram plaqueadas em placas de Petri contendo meios PDA e Sabouraud e, incubadas a 30 °C até o crescimento de fungos filamentosos.

Após o crescimento das colônias fúngicas nas placas originais, estas foram repicadas individualmente em meio SDA para isolamento, sendo uma delas identificada como FF-LBM-SL1, objeto deste estudo.

3.4. Identificação da cepa FF-LBM-SL1

3.4.1. Extração de DNA genômico dos fungos isolados

Um tampão de lise foi preparado com três soluções A (0.35 M sorbitol, 0.1 M Tris-HCl, pH 9, 5 mM EDTA, pH 8), B (0.2 M Tris-HCl pH 9, 50 mM EDTA pH 8, 2 M NaCl, 2% CTAB) e C (5% Sarkosyl) na proporção 2,5:2,5:1, acrescido de 0,1% de PVP 40000 MW.

O material biológico foi macerado com nitrogênio líquido e transferido para o tampão, foram utilizados 17,5 mL de tampão com 10 µL de RNase T1 para 500 mg de amostra. A solução foi vortexada e incubada por 30 minutos à temperatura ambiente, com inversões a cada 5 minutos. Adicionou-se 200 µL de Proteinase K, repetindo a incubação por 30 minutos. Após resfriamento em gelo por 5 minutos, foram adicionados 3,5 mL de KAc 5 M, com nova incubação em gelo por 5 minutos, seguido de centrifugação a 5.000 g por 12 minutos. O sobrenadante foi transferido para um novo tubo contendo 17,5 mL de uma solução de fenol:clorofórmio:isoamil (P/C/I), onde foi misturado por inversão por 2 minutos e centrifugado a 4 °C e 4.000 g por 10 minutos. Essa extração foi repetida uma segunda vez nas mesmas condições. O sobrenadante (~17 mL) foi então transferido para um novo tubo Falcon, e adicionaram-se 5 µL de RNase T1, com incubação à temperatura ambiente por 30 minutos.

Para precipitação do DNA, foram adicionados 1,8 mL de NaAc e 18 mL de isopropanol, incubados por 10 minutos e seguido de uma centrifugação a 10.000 g por 30 minutos. O pellet foi transferido para microtubos de 1,5 mL e lavado duas vezes com etanol 70% com centrifugação a 13.000 g por 5 minutos. Após secagem ao ar por 7 minutos, o DNA foi ressuspenso em 200 µL de tampão TE.

3.4.2. Amplificação das Sequências ITS

Para identificação do fungo isolado FF-LBM-SL1, foi feita a amplificação por PCR das sequências da região ITS (Internal Transcribed Spacer). Para a reação, foram utilizados os primers ITS1_f (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4_r (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3').

As reações de amplificação continham aproximadamente 50 ng dos DNAs genômicos, tampão da enzima Taq polimerase High Fidelity 1x, 10 µM de cada primer, 10 mM de dNTPs (Promega) e 2,5 U de Taq High Fidelity Polimerase (Cellco, São Carlos) em um volume final de 25 µl. A PCR consistiu em uma desnaturação inicial a 95 °C por 3 minutos, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 95°C por 1 minuto, hibridização a 55°C por 30 segundos, e extensão a 72°C por 1 minuto. A reação foi encerrada com uma extensão final de 7 minutos a 72°C.

Os produtos da reação foram analisados em gel de agarose 1% e purificados utilizando o kit de purificação de gel de agarose (Gel and PCR Clean-up - MACHEREY-NAGEL). Após a purificação, os produtos de PCR foram quantificados por Qubit Flex Fluorometer (Thermofisher).

3.4.3. Montagem e purificação da reação de sequenciamento com Big-Dye

A montagem da reação de sequenciamento foi realizada por meio de uma reação de PCR para posterior sequenciamento de Sanger. Para isso, foram feitas 2 reações, cada uma utilizando somente um primer das regiões escolhidas (ITS1_f e ITS4_r). As reações continham aproximadamente 20 ng dos amplicons purificados, 4 µL de Terminator RRMix 2,5x (Applied biosystems), tampão Big dye Seq 1x e 3,2 pMol de cada primer, em um volume final de 20 µl de reação. A PCR consistiu em uma desnaturação inicial a 95 °C por 1 minuto, seguida de 29 ciclos de desnaturação a 96°C por 15 segundos, hibridização a 50°C por 15 segundos, e extensão a 60°C por 4 minutos. Durante todos os ciclos foi utilizada uma rampa de 1°C/seg.

Imediatamente após a reação de sequenciamento, os produtos foram transferidos para microtubos de 1,5 mL nos quais foram adicionados, a cada reação, 25 µL de Etanol Absoluto, 1 µL de Acetato de Sódio 3 M estéril e 1 µL de EDTA 125 mM. As amostras foram incubadas por 15 minutos para então serem centrifugadas a 16000 g por 12 minutos. Após centrifugação as amostras foram lavadas com Etanol 70% e deixadas em estufa por uma hora a 55°C para evaporação do álcool. Posteriormente, as amostras foram incubadas overnight em temperatura ambiente e protegidas da luz para então serem armazenadas no freezer -20°C até o

momento da análise dos sequenciados. As sequências foram corridas no equipamento SeqStudio Genetic Analyzer (Thermofisher).

3.4.4. Análise das sequências das regiões ITS

As sequências tiveram sua qualidade analisada no software BioEdit, posteriormente foram montadas em um consensus (sequência consenso única combinando os diferentes fragmentos obtidos) e comparadas com as sequências de organismos representados nas bases de dados do Genbank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>).

3.5. Preparação do filme de poliestireno

O filme de poliestireno foi preparado conforme descrito por Woo et al. (2020). Uma solução 35% de EPS foi preparada, dissolvendo um total de 1,5 g de EPS em 50 mL de xileno. A solução resultante foi vertida em uma placa de Petri de vidro e deixada para secar por 24 horas. O filme seco foi então imerso em metanol, seguido por água destilada. Por fim, o filme de PS foi seco por três dias.

3.6. Cultivo fúngico com filmes de PS

Para o ensaio em meio sólido, aproximadamente 5×10^8 esporos da cepa FF-LBM-SL1, em um volume máximo de 200 μ L, foram espalhados em placas LC-PDA (Wu et al., 2023). Um filme de

poliestireno esterilizado foi colocado sobre o meio inoculado. As placas foram incubadas a 30 °C por 2 meses. Para o ensaio em meio líquido, a mesma solução de esporos foi adicionada a 50 mL de LC-PDB com 2 mL de filmes de PS esterilizados. O inóculo foi incubado por 2 meses a 30 °C e 200 rpm.

3.7. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A caracterização do filme de poliestireno por Microscopia Eletrônica de Varredura (Laboratório de Caracterização Estrutural - LCE, UFSCar, São Carlos, Brasil) foi realizada conforme descrito por Kim et al. (2020). Para avaliar modificações estruturais na superfície dos filmes de PS, uma parte dos filmes foi lavada com SDS 2% por 24 horas para remoção dos microrganismos, enquanto outra parte foi analisada com o micélio para avaliar a proliferação fúngica sobre o plástico. Os filmes foram fixados em fita de cobre, e um revestimento de ouro foi aplicado por pulverização iônica durante 15 segundos a 15 mA. As imagens da superfície foram obtidas com uma voltagem de aceleração de 16 kV.

Para a análise das alterações da composição química superficial, foi estimada a proporção relativa entre o carbono e o oxigênio, por meio da Espectroscopia de Raios X por Energia Dispersiva (EDS, energy dispersive x-ray

detector) utilizando o Microscópio TESCAN MIRA do Laboratório de Caracterização Estrutural - LCE, UFSCar, São Carlos, Brasil.

3.8. Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

A espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR, Espectrômetro Nicolet 6700 FTIR, Laboratório de Polímeros Biodegradáveis, DEMa, UFSCar, São Carlos, Brasil) foi utilizada para detectar alterações nos grupos funcionais dos filmes de PS incubados com a cepa FF-LBM-SL1 em meios LC-PDA e LC-PDB. Antes da análise, os filmes foram lavados com solução de SDS 2% por 24 horas e posteriormente enxaguados com água estéril. Após a secagem, os filmes de PS foram submetidos à análise de FTIR. Os espectros foram registrados na faixa de $4000\text{--}350\text{ cm}^{-1}$, com resolução espectral de $0,482\text{ cm}^{-1}$ e no mínimo 32 varreduras.

Os picos característicos de FTIR foram analisados utilizando o software OriginLab.

4. Resultados e discussão

4.1. Alimentação das larvas

Durante o período de incubação das larvas, observou-se que elas utilizavam o aparelho bucal para roer e formar galerias nos blocos de EPS que compunham a dieta (Figura 2), mimetizando o hábito que apresentam nas plantações. Também foi observado que larvas menores não sobreviviam muito tempo nas dietas de poliestireno, ficando letárgicas e morrendo, confirmando que uma alimentação exclusiva de PS não fornece os nutrientes essenciais (carboidratos, proteínas e vitaminas) para o metabolismo da larva, impossibilitando o seu desenvolvimento.

O mesmo foi constatado em larvas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) que apesar da capacidade de ingerir e degradar polietileno (PE), quando submetidas a uma dieta exclusiva deste polímero, apresentaram uma taxa de mortalidade de 50% (Lou et al., 2020; Cassone et al., 2021).



Figura 2. Larvas de *S. levis* fazendo galerias e comendo blocos de EPS da dieta. (Autoria própria)

4.2 Isolamento do FF-LBM-SL1

Com o plaqueamento dos pools intestinais, foi observado uma alta diversidade de microrganismos, como bactérias, já constatadas e identificadas por Rinke et al., 2011, leveduras e fungos, este último dos quais foram isolados quatro indivíduos diferentes, nomeados respectivamente de FF-LBM-SL1, FF-LBM-SL2, FF-LBM-SL3, FF-LBM-SL5. Todos os fungos filamentosos isolados foram identificados e tiveram suas capacidades degradadoras de poliestireno validadas, sendo o foco deste trabalho o fungo FF-LBM-SL1 (Figura 5), que apresentou a melhor degradação de PS dentre os isolados.

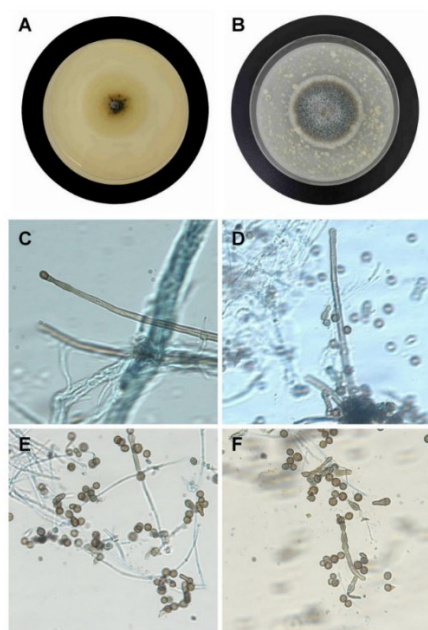


Figura 3. **A** - Cultura do FF-LBM-SL1 em meio de cultivo MEA, 7 dias; **B** - Cultura do FF-LBM-SL1 em Agar Oster (AO), 7 dias; **C e D** - Conidióforos solitários. **E e F** -

Conídios globosos verrucosos. Aumento x400.

4.3. Identificação do FF-LBM-SL1

A sequência da região ITS do FF-LBM-SL1 apresentou 90-95% de similaridade com sequências da mesma região ribossomal de diferentes espécies do gênero *Periconia* spp., como o *Periconia macrospinosa* (MT252622.1), depositadas no banco de dados GenBank.

Os fungos de gênero *Periconia* spp. são classificados como fungos endofíticos, auxiliando no crescimento e no desenvolvimento de plantas, sendo muito encontrados em plantações de cana-de-açúcar (Fors et al., 2020). Os fungos da espécie *Periconia macrospinosa*, já foram isolados de plantas de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, Brasil, tendo uma importância relevante para o desenvolvimento da planta, atuando na solubilização de fosfato de cálcio, no aumento da tolerância ao cádmio, cobre, zinco e vinhaça e, na produção de moléculas relacionadas ao ácido indolacético (IAA) (Silva et al., 2024).

Neste sentido, a presença deste fungo na microbiota das larvas de *S. levis*, provavelmente está relacionado à alimentação desses insetos na natureza, composta majoritariamente de cana de açúcar.

Além disso, o gênero *Periconia* spp. já foi caracterizado como um fungo capaz

de degradar e alterar lignocelulose (Sin et al., 2002). O que condiz com sua capacidade de degradar poliestireno, observada neste trabalho, dado as similaridades físico-químicas entre estes dois compostos e das enzimas responsáveis pela sua degradação (Peng et al., 2022; Barcoto e Rodrigues, 2022; Qiu et al., 2025).

4.5. MEV dos filmes de PS

Os cultivos de FF-LBM-SL1 com filmes de poliestireno, em meio líquido e sólido, apresentaram um grande crescimento de biomassa.

Em meio LC-PDA (Figura 4.A), houve um crescimento extensivo do fungo sobre as bordas do filme de PS, enquanto em meio LC-PDB (Figura 4B), foi observado a presença de aglomerados celulares e alguns filmes de PS contendo hifas grudadas, um resultado que pode ser proveniente da expressão de hidrofobinas e HSBs (Hydrophobic Surface Binding Proteins) pelo fungo, proteínas que auxiliam na interação com superfícies hidrofóbicas, como o PS, facilitando a fixação do fungo para posterior degradação desse meio pela secreção de enzimas (Temporiti et al., 2022).

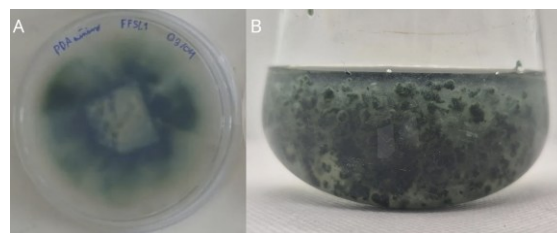


Figura 4.A – FF-LBM-SL1 cultivado em meio sólido LC-PDA com filmes de poliestireno; **B** - FF-LBM-SL1 cultivado em meio líquido LC-PDB com filmes de poliestireno.

Os filmes então foram coletados e analisados em MEV. Uma parte dos filmes cultivados com o fungo no meio sólido foi analisada imediatamente para a visualização da biomassa, enquanto outra porção desse filme e os filmes incubados no meio líquido foram lavados com SDS 2% para a retirada da biomassa e a visualização de alterações na estrutura física do filme.

Nos filmes não lavados do meio sólido (Figura 5) foi observada a presença de muitas estruturas fúngicas em relação ao controle, comprovando que o FF-LBM-SL1 tem a capacidade de crescer, desenvolver estruturas e alterar a superfície do filme de PS, quando cultivado em um meio com baixa glicose. Desta forma, a baixa concentração de glicose fornecida pelo meio é suficiente para que o fungo germine e se fixe para então utilizar o PS como fonte de carbono, assim como ocorreu no trabalho de Wu et al., 2022, no qual o fungo *Phanerochaete*

chrysosporium apresentou uma melhor taxa de degradação de PS no meio de cultivo LC-PDA em comparação quando cultivado em meio de cultivo com somente o PS como fonte de carbono.

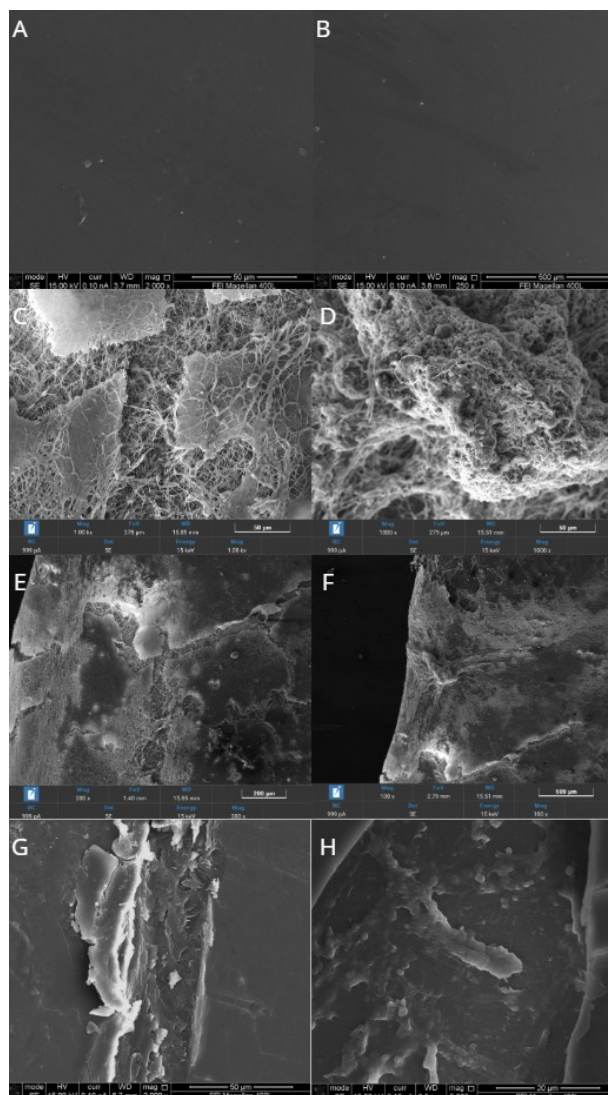


Figura 5. A e B – Controle; C, D, E, F – MEV dos filmes de PS incubados com FF-LBM-SL1 em meio sólido LC-PDA; G e H - Filmes de PS incubados com FF-LBM-SL1 em meio líquido LC-PDB

Posteriormente, foi aplicado uma técnica de Espectroscopia de Raios X por

Energia Dispersiva, permitindo a visualização de moléculas de carbono e oxigênio (regiões vermelhas e azuis, respectivamente) nas cavidades de filme de poliestireno lavados (Figura 6). Nos filmes de ambos os meios de cultivo foi identificado a presença de oxigênio no interior das cavidades do polímero. Estas moléculas foram provavelmente inseridas nas cadeias poliméricas pela ação de enzimas oxidases tais como lacases e peroxidases, comuns na degradação de plásticos por fungos (Okal et al., 2023).

Estas enzimas possuem um papel importante na via de degradação de polímeros plásticos, visto que elas tornam o material mais hidrofílico, facilitando o ataque de outras enzimas hidrolases, tais como as lipases, cutinases e esterases (Okal et al., 2023), quebrando o poliestireno em cadeias menores mais fáceis de se degradar. A presença de oxigênio nas cavidades é um grande indício da ação destas enzimas, sendo mais um resultado que comprova a capacidade de degradação do FF-LBM-SL1.

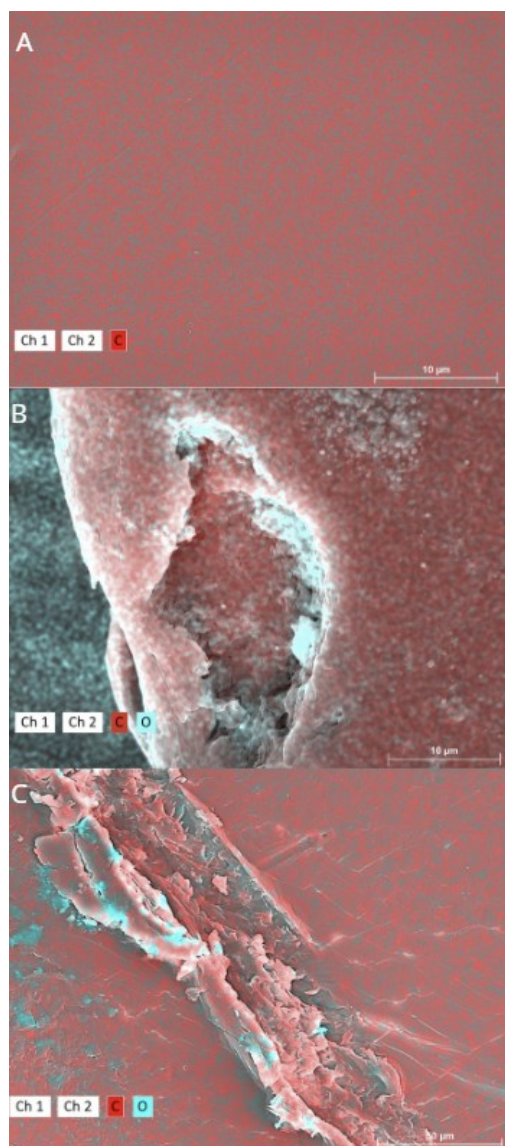


Figura 6.A – EDS do filme de PS controle, regiões vermelhas são as moléculas de carbono; **B** - EDS do filme de PS incubado com FF-LBM-SL1 em meio sólido LC-PDA, regiões vermelhas são as moléculas de carbono e regiões azuis são moléculas de oxigênio; **C** - EDS do filme de PS incubado com FF-LBM-SL1 em meio líquido LC-PDB, regiões vermelhas são as moléculas de carbono e regiões azuis são moléculas de oxigênio.

4.6. FTIR dos filmes de PS

Após a constatação de mudanças estruturais e na composição atômica nos filmes de poliestireno, as amostras foram submetidas a uma análise de Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para uma avaliação da inserção de grupos funcionais na estrutura do polímero.

Alterações, como a formação de oxidações e modificações de ligações químicas, foram caracterizadas em ambos os filmes incubados com o FF-LBM-SL1. Como mostrado nos espectros FTIR (Figura 7), nos filmes de ambos os meios de cultivo foram obtidos picos de C=O ($1000\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$) e R-OH ($3000\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$), mostrando que de fato os polímeros se tornaram mais hidrofílicos devido a oxidação, um sinal indicativo bem aceito de degradação do plástico (Kim et al., 2020). Nos filmes incubados em meio líquido, picos de absorção característicos de C=O ($1500\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$) sugerem que carbonilas, muito comuns na degradação de plástico pela microbiota de insetos, também foram formadas pela ação de enzimas do fungo (Arunrattiyakorn et al., 2022; Kim et al., 2019; Brandon et al., 2021).

Tais resultados comprovaram que o FF-LBM-SL1 realizou alterações significativas na composição dos filmes de PS, independente do meio de cultivo, resultados nunca observados para o gênero *Periconia* spp.

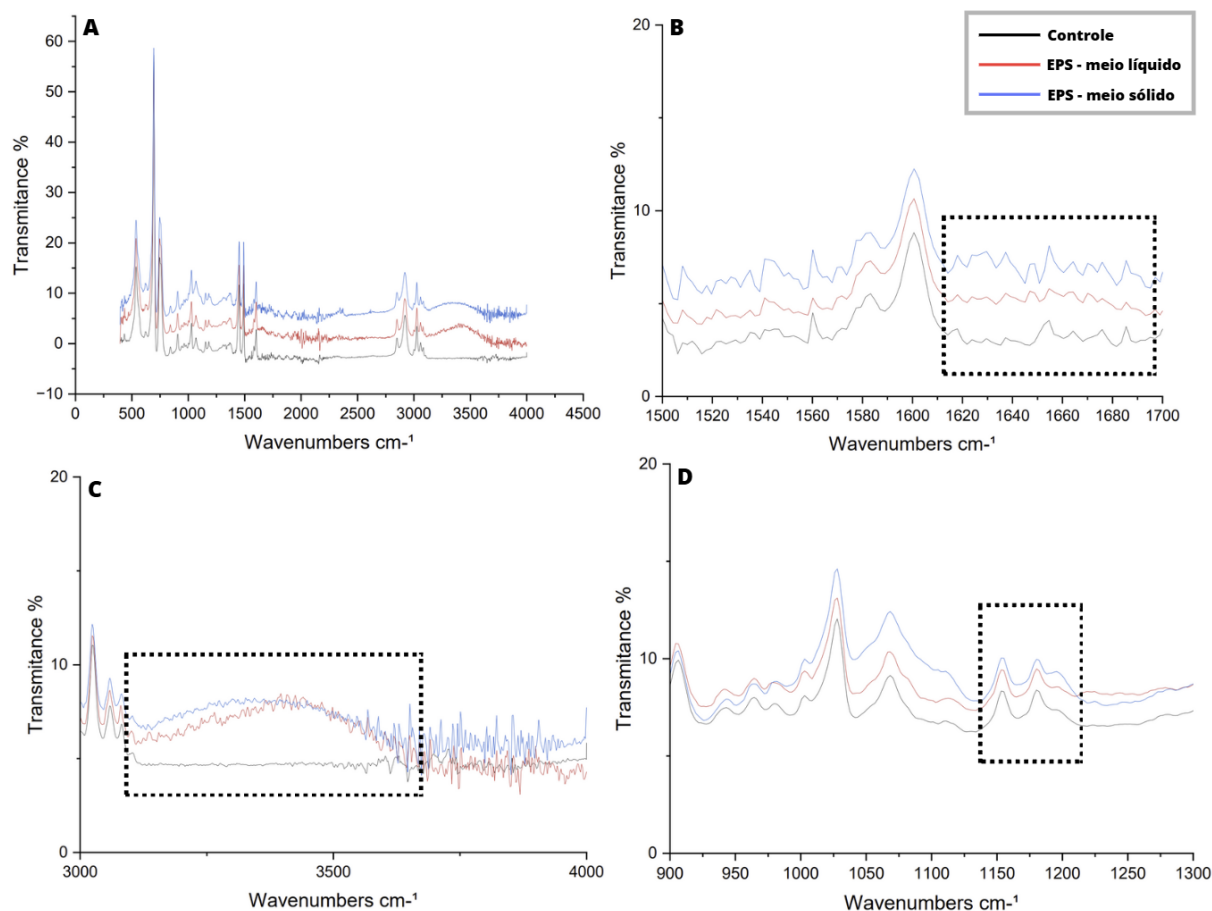


Figura 7. Gráfico de FTIR dos filmes controle (preto), incubados com FF-LBM-SL1 em meio sólido LC-PDA (vermelho) e incubados com FF-LBM-SL1 em meio líquido LC-PDB (azul), regiões onde houveram modificações significativas estão destacadas em um retângulo pontilhado; **A** – Gráfico do FTIR das amostras; **B** – Região de 1500 – 1700 cm^{-1} ; **C** - Região de 3000 –4000 cm^{-1} ; **D** – Região de 900 –1300 cm^{-1}

5. Conclusão

As larvas de *S. levis* são capazes de ingerir e modificar a estrutura do poliestireno, assim como diversas outras

larvas de Coleópteros e outros grupos de insetos (Vital-Vilchis & Karunakaran, 2025). Tal processo está intimamente ligado a microbiota destas larvas, que possui um papel importante na oxidação seguida da quebra em moléculas menores desses polímeros (Vital-Vilchis & Karunakaran, 2025).

Da microbiota de larvas de *S. levis* alimentadas com EPS por cinco dias, foi isolado um fungo filamentoso denominado FF-LBM-SL1 e identificado como do gênero *Periconia* spp. O fungo isolado está muito presente na dieta destes insetos na natureza, sendo um fungo endofítico essencial para o desenvolvimento da cana-

de-açúcar, alimento principal destas larvas (Fors et al., 2020; Silva et al., 2024; Custódio, Martinelli, dos Santos, 2017).

Logo, isso explicaria a presença do fungo *Periconia* spp. na microbiota das larvas *S. levis*, apresentando um papel na degradação da lignocelulose ingerida pelo inseto e, conseqüentemente na degradação do poliestireno, devido à similaridade entre ambos os materiais (Barcoto & Rodrigues, 2022; Sin et al., 2002).

O FF-LBM-SL1 se mostrou capaz de colonizar e modificar os filmes de PS, visto que conseguiu se fixar nos filmes e inserir moléculas de oxigênio na estrutura do polímero devido a ação de enzimas como oxireductases, hidrofobinas e HSBs, o tornando mais hidrofílico e suscetível a uma degradação mais extensa.

Projetos futuros visam bioprospectar genes e enzimas responsáveis pela degradação do PS para produção recombinante, também devem ser dirigidos trabalhos para entender como todos os microrganismos da microbiota colaboram entre si para processo de degradação do PS, visando esclarecer o papel de um consórcio de bactérias e fungos na degradação deste polímero.

6. Referências Bibliográficas

Albertsson, A.-C., & Karlsson, S. (1993). Aspects of biodeterioration of inert and degradable polymers.

International Biodeterioration & Biodegradation, 31(3), 161–170.

Artham, T., & Doble, M. (2008). Biodegradation of aliphatic and aromatic polycarbonates. *Macromolecular Bioscience*, 8(1), 14–24.

Arunrattiyakorn, P., Ponprateep, S., Kaennonsang, N., Charapok, Y., Punphuet, Y., Krajangsang, S., ... Limtrakul, A. (2022). Biodegradation of polystyrene by three bacterial strains isolated from the gut of superworms (*Zophobas atratus* larvae). *Journal of Applied Microbiology*, 132(4), 2823–2831.

Azhari, A., & Supratman, U. (2021). The chemistry and pharmacology of fungal genus *Periconia*: A review. *Scientia Pharmaceutica*, 89(3), 34.

Barcoto, M. O., & Rodrigues, A. (2022). Lessons from insect fungiculture: From microbial ecology to plastics degradation. *Frontiers in Microbiology*, 13, 812143.

Bovio, E., Gnani, G., & Varese, G. C. (2023). Genome sequence and annotation of *Periconia digitata*, a hopeful biocontrol agent of phytopathogenic oomycetes. *Scientific Data*, 10(1), 583.

Brandon, A. M., Garcia, A. M., Khlystov, N. A., Wu, W.-M., & Criddle, C. S. (2021). Enhanced bioavailability and microbial biodegradation of polystyrene in an enrichment derived from the gut microbiome of *Tenebrio molitor*

- (mealworm larvae). *Environmental Science & Technology*, 55(3), 2027–2036.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04952>
- Brunner, I., Fischer, M., Rüthi, J., Stierli, B., & Frey, B. (2018). Ability of fungi isolated from plastic debris floating in the shoreline of a lake to degrade plastics. *PLOS ONE*, 13(8), e0202047.
- Cassone, B. J., Grove, H. C., Kurchaba, N., Geronimo, P., & LeMoine, C. M. R. (2021). Fat on plastic: Metabolic consequences of an LDPE diet in the fat body of the greater wax moth larvae (*Galleria mellonella*). *Journal of Hazardous Materials*, 425, 127862.
- Custódio, H. H., Martinelli, P. R. P., & Dos Santos, L. S. (2017). Controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. *Entomología Mexicana*, 4, 331–337.
- Elsamahy, T., Alghamdi, M. A., Olama, Z., ... Amin, A. (2023). Biodegradation of low-density polyethylene plastic waste by a constructed tri-culture yeast consortium from wood-feeding termite: Degradation mechanism and pathway. *Journal of Hazardous Materials*, 448, 130944.
- Fors, R. O., Patreze, C. M., Louro Berbara, R. L., Carneiro, M. A., & Saggin-Júnior, O. J. (2020). Dark septate endophytic fungi associated with sugarcane plants cultivated in São Paulo, Brazil. *Diversity*, 12(9), 351.
- Ho, B. T., Roberts, T. K., & Lucas, S. (2018). An overview on biodegradation of polystyrene and modified polystyrene: the microbial approach. *Critical reviews in biotechnology*, 38(2), 308-320.
- Jin, Y., Xia, J., Pan, Z., Yang, J., Wang, W., & Fu, Z. (2018). Polystyrene microplastics induce microbiota dysbiosis and inflammation in the gut of adult zebrafish. *Environmental Pollution*, 235, 322-329.
- Kim, H. R., Lee, H. M., Yu, H. C., Jeon, E., Lee, S., Li, J., & Kim, D. H. (2020). Biodegradation of polystyrene by *Pseudomonas* sp. isolated from the gut of superworms (*Zophobas atratus* larvae). *Environmental Science & Technology*, 54(11), 6987–6996.
- Kumar, S., Mukherjee, A., & Dutta, J. (2013). Isolation and identification of LDPE degrading fungi from municipal solid waste. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5(3), 78–81.
- Lou, Y., Ekaterina, P., Yang, S.-S., Lu, B., Liu, B., Ren, N., Corvini, P. F.-X., & Xing, D. (2020). Biodegradation of polyethylene and polystyrene by greater wax moth larvae (*Galleria mellonella* L.) and the effect of co-

- diet supplementation on the core gut microbiome. *Environmental Science & Technology*, 54(5), 2821–2831.
- Okal, E. J., Heng, G., Magige, E. A., Khan, S., Wu, S., Ge, Z., ... Xu, J. (2023). Insights into the mechanisms involved in the fungal degradation of plastics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 262, 115202.
- Peng, B.-Y., Chen, Z., Chen, J., Yu, H., Zhou, X., Criddle, C. S., ... Wu, W.-M. (2022). Biodegradation of polystyrene and low-density polyethylene by *Zophobas atratus* larvae: Fragmentation into microplastics, gut microbiota shift, and microbial functional enzymes. *Journal of Cleaner Production*, 367, 132987.
- Qiu, Q., Sun, J., Xu, J., Shi, J., Wang, J., Peng, J., ... Ding, L. (2025). Biodegradation of polystyrene and its mechanisms driven by a customized lignin-degrading microbial consortium and degrading bacteria. *Journal of Environmental Management*, 384, 125560.
- Rinke, R., Oliveira, D. S., Silva, R. A., & Tadeu, T. S. (2011). Microbial diversity in the larval gut of field and laboratory populations of the sugarcane weevil *Sphenophorus levis* (Coleoptera, Curculionidae). *Genetics and Molecular Research*, 10(4), 2679–2691.
- Schwessinger, B. (2019). High quality DNA from fungi for long read sequencing e.g. PacBio. *Protocols.io*. <https://dx.doi.org/10.17504/protocols.io.2yfgftn>
- Silva, L. C., Saggin-Júnior, O. J., Carneiro, M. A. C., Silva, E. M. R. D., Zilli, J. É., & Berbara, R. L. L. (2024). Characterization of dark septate endophytic fungi *Periconia macrospinoso* isolated from roots of sugarcane in São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 96(suppl 3), e20231367.
- Sin, M. K., Hyde, K. D., & Pointing, S. B. (2002). Comparative enzyme production by fungi from diverse lignocellulosic substrates. *Journal of Microbiology*.
- Temporiti, M. E. E., Nicola, L., Nielsen, E., & Tosi, S. (2022). Fungal enzymes involved in plastics biodegradation. *Microorganisms*, 10(6), 1180.
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 3722–3742.
- Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., ... Rauscher, H. (2019). Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain.

Food Additives & Contaminants:
Part A, 36(5), 639–673.

- Verma, V. C., Gond, S. K., Kumar, A., Kharwar, R. N., & Strobel, G. A. (2011). Piperine production by endophytic fungus *Periconia* sp. isolated from *Piper longum* L. *The Journal of Antibiotics*, 64(6), 427–431.
- Vital-Vilchis, I., & Karunakaran, E. (2025). Using insect larvae and their microbiota for plastic degradation. *Insects*, 16(2), 165.
- Woo, S., Song, I., & Cha, H. J. (2020). Fast and facile biodegradation of polystyrene by the gut microbial flora of *Plesiophthalmus davidis* larvae. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(18), e01361-20.
- Wu, F., Li, Y., Xie, S., Zhang, Y., Zhang, X., Zhou, H., ... Zhou, L. (2023). Insights into characteristics of white rot fungus during environmental plastics adhesion and degradation mechanism of plastics. *Journal of Hazardous Materials*, 448, 130878.
- Zhang, J., Gao, D., Li, Q., Zhao, Y., Li, L., Lin, H., ... Wang, S. (2020). Biodegradation of polyethylene microplastic particles by the fungus *Aspergillus flavus* from the guts of wax moth *Galleria mellonella*. *Science of the Total Environment*, 704, 135931.

7. Financiamento

Este estudo foi financiado e apoiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Genética e Evolução (DGE) e pelo Conselho Nacional de Pesquisa Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

41- Salud animal

Estudio de la resistencia antimicrobiana en *Escherichia coli* aislada de útero de vacas lecheras posparto sanas, con metritis y de su ambiente

Autor: Konis, Taiel Pedro, email: tpkonis@fcv.unlp.edu.ar

Co-autor(es): Salas, Maria Guillermina, email: msalas@fcv.unlp.edu.ar

Orientador/a: Buldain, Daniel, email: dbuldain@fcv.unlp.edu.ar / y Madoz, Laura Vanina, email: vaninamadoz@fcv.unlp.edu.ar

Universidad Nacional de La Plata / Facultad de Ciencias Veterinarias

Resumen

La metritis (MET) es una enfermedad uterina grave del posparto en vacas lecheras, que afecta su salud y productividad y suele requerir tratamiento antibiótico. El objetivo de este estudio fue evaluar los patrones de resistencia antimicrobiana (RAM) en *Escherichia coli*, utilizada como bacteria marcadora de resistencia, aislada del útero de vacas posparto sanas (CTL), con metritis (MET) y de su ambiente inmediato (AMB). El trabajo se desarrolló en dos tambos comerciales de Buenos Aires, incluyendo 446 vacas entre 5 y 11 días posparto, sin tratamiento antibiótico previo. Se clasificaron los animales mediante evaluación clínica (Metricheck), y se tomaron muestras uterinas mediante la técnica de Cytobrush y ambientales. El aislamiento de *E. coli* se realizó mediante siembra en agar EMB, y luego se realizó confirmación bioquímica y prueba de

difusión en disco de Kirby-Bauer para determinar perfiles de sensibilidad. *E. coli* se aisló en el 44,3% de vacas CTL, 77,2% con MET y 100% de las muestras ambientales. Se observó alta resistencia a ampicilina (97,2%), mientras que para tetraciclinas fue del 15,4%, sulfametoxazol-trimetoprima 6,3%, ceftiofur y ácido nalidíxico 3,6% y ciprofloxacina 2,7%. No hubo diferencias significativas en los perfiles de resistencia entre los grupos clínicos. Aunque se detectaron aislados multiresistentes (9%), los niveles generales de resistencia fueron inferiores a lo esperado. Estos resultados aportan información relevante para el diseño de estrategias terapéuticas racionales y el monitoreo de RAM en sistemas lecheros.

Introducción

En Argentina, la industria lechera representa un gran componente dentro de

la cadena pecuaria, donde la sanidad animal desempeña un papel importante en el éxito productivo y económico de los tambos (De Vries, 2017).

Las vacas enfrentan un gran desafío durante el postparto, debido a que es cuando poseen máximos requerimientos, y a su vez, es cuando son más propensas a sufrir infecciones uterinas. Cuando las vacas paren, son más vulnerables a los patógenos como consecuencia del ingreso de contaminantes a través del canal de parto (Hammon et al., 2006; Mehrzad et al., 2009). Esto, sumado a la disminución en la capacidad de respuesta del sistema inmune, hace que las vacas sean más propensas a sufrir infecciones uterinas (Hammon et al., 2006; Mehrzad et al., 2009). En este contexto, la metritis (MET) es una enfermedad bacteriana grave del posparto temprano caracterizada por una descarga fétida proveniente del útero, siendo acompañada o no por fiebre, principalmente dentro de los primeros 14 días postparto (LeBlanc, 2023). La misma impacta negativamente en la salud, en la producción, en la reproducción y en el bienestar de las vacas afectadas (Merenda et al., 2021).

A campo, el diagnóstico de MET se basa en la evaluación clínica de la descarga proveniente del útero mediante el uso de herramientas diagnósticas tales como la vaginoscopia, Metrichack o el flujeo (Pleticha et al., 2009). La presencia de

signos de enfermedad sistémica como fiebre, anorexia, depresión y deshidratación informan sobre el estado general de la vaca y la gravedad de la enfermedad (Perez et al., 2023).

Los estudios bacteriológicos indican que la MET está asociada con infecciones bacterianas mixtas, que incluyen anaerobios facultativos como *Escherichia coli* (*E. coli*) y *Trueperella pyogenes* (*T. pyogenes*) o anaerobios estrictos como *Fusobacterium necrophorum* y especies de *Prevotella* y *Bacteroides* (LeBlanc et al., 2014; Sheldon et al., 2020). En este contexto, la *E. coli* juega un rol primario en la infección, creando un ambiente propicio para el desarrollo posterior de *T. pyogenes* y anaerobios gram negativos (Dohmen et al., 2002; Galvão et al., 2019; Gilbert et al., 2016).

El tratamiento de la MET se basa principalmente en la administración de antibióticos (ATB) sistémicos (LeBlanc, 2014). El ceftiofur (CEFT) es una cefalosporina de tercera generación, que ha sido reportado como el ATB más utilizado para tratar vacas con MET en Argentina (de la Sota et al., 2020), principalmente debido a su efectividad y a que no tiene descarte en leche (Silva et al., 2021). Si bien la eficacia del tratamiento de MET con CEFT varía entre estudios, en términos generales, la tasa de cura clínica supera moderadamente a la de los controles: 19% (McLaughlin et

al., 2012), 15% (Chenault et al., 2004), e incluso llegó a no observarse diferencia entre animales tratados y no tratados (Giuliodori et al., 2013). Según lo observado a campo, al igual que en otra enfermedad del postparto como es la endometritis, en las MET existe un alto grado de autocura y gran parte de los ATB administrados son innecesarios, aumentando los costos de producción y contribuyendo al avance de la resistencia antimicrobiana (RAM). Es posible que exista un alto grado de bacterias resistentes en el contenido uterino, lo cual explicaría las moderadas diferencias entre las tasas de cura clínica de animales tratados y no tratados. Para el estudio de la RAM suelen utilizarse bacterias marcadoras como la *Escherichia coli*, la cual es considerada y utilizada como indicadora de RAM. La elección de esta bacteria radica en su amplia presencia en el medio ambiente y su capacidad para actuar como reservorio de genes de RAM (Kim et al., 2024). Además, el nivel de RAM en *E. coli* también se considera un indicador fiable de la presión selectiva ejercida por el uso de antimicrobianos en humanos y en prácticas agrícolas, ya que los elementos de RAM pueden ser transmitidos entre y dentro de diferentes ecosistemas y bacterias (Kim et al., 2024).

Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue evaluar

los patrones de RAM, mediante métodos fenotípicos, en *E. coli* aislada del útero de vacas postparto sanas y con MET, y la del ambiente que las rodea.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio transversal en el que se utilizaron vacas Holstein postparto de dos tambos comerciales con sistema de producción pastoril de la provincia de Buenos Aires.

Se realizaron visitas semanales a los establecimientos y se incluyeron en el estudio un total de 447 vacas posparto. Los criterios de inclusión de los animales fueron que se hayan encontrado entre 8 ± 3 días del postparto y que no hayan recibido tratamiento antibiótico luego del mismo. A aquellos animales ingresados al estudio, se les realizó un examen que incluyó la medición de la temperatura corporal, la evaluación de la descarga vaginal mediante Metricheck (McDougall et al., 2007) y la determinación de la CC con una escala de 5 puntos (Ferguson et al., 1994).

Se clasificó la descarga vaginal mediante el uso de Metricheck (0= flujo translúcido; 1= flujo con pequeños flóculos de pus; 2= flujo >50% pus y 3= flujo color rojo-amarronado y olor fétido). Se diagnosticó con metritis a las vacas con flujo 3, y como sanas a las que presentaron flujo 0 y 1 (Imagen 1). A continuación, se tomaron muestras uterinas tanto de vacas

Imagen 1. Score de clasificación de la descarga vaginal



sanas como con MET incluidas en el estudio, mediante la técnica de Cytobrush con el agregado de doble protección del cepillo (Madoz y De la Sota, 2019). Brevemente, se trata de un dispositivo (pistoleta) de acero inoxidable al que se le adosa en su extremo anterior un cepillo estéril comúnmente usados en ginecología humana. Para evitar la posible contaminación del cepillo al pasar por la vulva y vagina, éste y la pistoleta fueron recubiertos por una vaina de inseminación, y por sobre ésta se colocó una camisa sanitaria comúnmente utilizada en transferencia de embriones (Madoz et al., 2014). Previo a la toma de muestras, se realizó la limpieza del área perineal con papel tissue. A continuación, se introdujo la pistoleta vía vaginal y se fijó el cérvix vía transrectal para luego proceder al cateterismo cérvico-vaginal de manera similar a la maniobra de

inseminación artificial. Se tiró de la camisa plástica hacia atrás para que la punta de la pistoleta perfora la camisa sanitaria y se expuso el cepillo para que contacte con el endometrio. Se rotó el cepillo 3 vueltas completas en sentido horario ejerciendo leve presión con la otra mano desde el recto. Luego el cepillo fue retraído dentro de la vaina de inseminación, retirado del dispositivo y colocado en tubos con medio de transporte Stuart (Eurotubo®, Deltalab, España). Por último, se tomaron dos muestras ambientales del entorno inmediato a las vacas (corral de espera de la sala de ordeño y corral de partos). Para ello, se cubrieron las superficies de las suelas del calzado con cubre botas de nylon para evitar la contaminación de la muestra. Sobre los cubrebotes de nylon se colocaron cubrebotes absorbentes y se procedió a caminar en la superficie a muestrear recorriendo las zonas con

mayor cantidad de materia fecal, principalmente en los alrededores de bebederos y comederos; y zonas más transitadas (Mounsey et al., 2024). Posteriormente, cada par de cubrebotas se colocó en una bolsa tipo Stomacher.

Las muestras uterinas y ambientales recolectadas fueron transportadas refrigeradas a 4 °C hasta el arribo al Laboratorio de Estudios Farmacológicos y Toxicológicos (FCV-UNLP, La Plata, Argentina) dentro de las 24 horas de obtenidas para su procesamiento.

En el laboratorio, las muestras uterinas y ambientales fueron sembradas con el propósito de aislar *E. coli*. En las muestras ambientales, al cubrebotas de polietileno se le añadió solución salina tamponada con fosfato (PBS pH 7,4) directamente en su bolsa estéril y se re-suspendió manualmente la materia fecal mediante masajeo del fondo de la bolsa. El volumen de PBS a añadir fue 10 veces el peso de la muestra fecal, para obtener una dilución de 1/10. De esta suspensión, se transfirió 1 mL a un tubo estéril, que se centrifugó a 600 rpm durante 2 min. El sobrenadante se diluyó en serie con PBS para obtener una dilución final de 1/200. Finalmente, 100 µL de esta dilución fue sembrada en un medio sólido selectivo-diferencial de Levine (EMB).

Las muestras uterinas se sembraron directamente desde el medio de transporte conteniendo el cepillo, tomando

con ansa y sembrando en el medio (EMB), mediante la técnica de estriado por agotamiento o cuadrante radial con el fin de obtener colonias puras aisladas e inhibir la flora acompañante.

Todas las muestras fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas y luego se seleccionaron al azar 1 o 2 colonias por muestra, tanto uterina como ambiental, con características macroscópicas típicas de coliformes (Imagen 2).



Imagen 2. Colonias características de *E. coli*, de forma ovalada, bordes definidos y color verde metálico brillante.

Las colonias seleccionadas se replicaron en EMB con la misma técnica de siembra. Mediante tinción de Gram y pruebas bioquímicas convencionales se realizó la tipificación bioquímica de los aislamientos (prueba de motilidad, prueba de Voges-Proskauer, producción de indol, pruebas de fermentación de carbohidratos, rojo de metilo y utilización de citrato). Se utilizó *Escherichia coli* ATCC 25922® (American

Type Culture Collection, EE. UU.) como control de calidad.

Luego de la identificación de *E. coli* y con el propósito de evaluar la resistencia hacia distintos antibióticos utilizados en medicina veterinaria, se realizaron pruebas cualitativas para evaluar sensibilidad bacteriana. Para ello se empleó la técnica de difusión de disco de Kirby-Bauer (antibiograma) para determinar los perfiles de sensibilidad de los aislamientos (CLSI, 2018, 2020, 2024). A partir de esta prueba se utilizaron, según pautas PK/PD, uso frecuente en MET y datos bibliográficos, los siguientes antimicrobianos de acción tiempo dependiente y concentración

dependiente para su evaluación: ampicilina (10 µg), amoxicilina + ácido clavulánico (20/10 µg), ceftazidima (30 µg), cefotaxima (30 µg), ceftiofur (30 µg), ácido nalidíxico (30 µg), ciprofloxacina (5µg), tetraciclina (30µg), gentamicina (10µg), sulfametazol-trimetoprima (1,25/23,75 µg), meropenem (10 µg), imipenem (10 µg), fosfomicina (200 mg), cefoxitina (30 µg), cefazolina (30 µg) y cloranfenicol (30 µg) según el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2018, 2020, 2024). También se analizó fenotípicamente la presencia de Beta-Lactamasas de espectro extendido (BLEE) mediante una ubicación estratégica de discos antibióticos: los discos que contenían ceftazidima y

cefotaxima se colocaron junto a un disco con amoxicilina más ácido clavulánico (a 27 mm de centro a centro). El disco conteniendo imipenem se colocó a 20 mm (centro a centro) del disco de ceftazidima (CLSI 2024; ANLIS 2021) (Imagen 3). El resultado positivo se indicó cuando los halos de inhibición alrededor de cualquiera de los discos de cefalosporinas se amplían en dirección al disco que contiene ácido clavulánico. Se utilizó *E. coli* ATCC 25922® para el control de calidad. Los aislamientos de *E. coli* se agruparon según su sensibilidad individual en sensibles y resistentes.

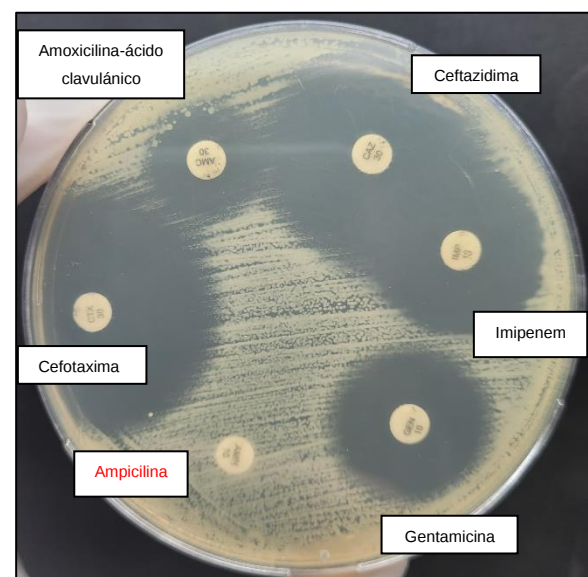


Imagen 3. Distribución estratégica de discos antimicrobianos para la detección fenotípica de betalactamasas de espectro extendido (BLEE). Se evidencia un halo ausente frente a ampicilina, lo que indica resistencia.

Resultados

Se revisaron un total de 447 vacas postparto, donde un 34% (152/447) de las

vacas tuvieron flujo 0; 40,4% (181/447) tuvieron flujo 1; 8,7% presentaron flujo 2 (39/447). Por último, la prevalencia de MET (flujo 3) fue del 16,7% (75/447) (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de vacas examinadas, muestras uterinas tomadas y desarrollo de *Escherichia coli*. CTL (flujos 0-1); MET (flujo 3).

		<i>n</i>	Porcentaje
Vacas postparto evaluadas	Vacas con flujo 0-1	333	74,4%
	Vacas con flujo 3	75	16,7%
	Total de vacas revisadas	447	
Muestras uterinas	Flujo 0-1	106/333	31,8%
	Flujo 3	66/75	88%
Desarrollo bacteriano	Flujo 0-1	47/106	44,3%
	Flujo 3	51/66	77,2%

Se tomaron 172 muestras uterinas, 106 muestras de vacas control (CTL) (flujos 0-1) y 66 de vacas con MET (flujo 3) (Tabla 1). En cuanto a las muestras ambientales, se tomaron de forma bimestral, comprendiendo los meses 2, 4, 6, 8, 10 y 12, del corral de espera de la sala de ordeño y del corral de partos, tomándose un total de 12 muestras ambientales.

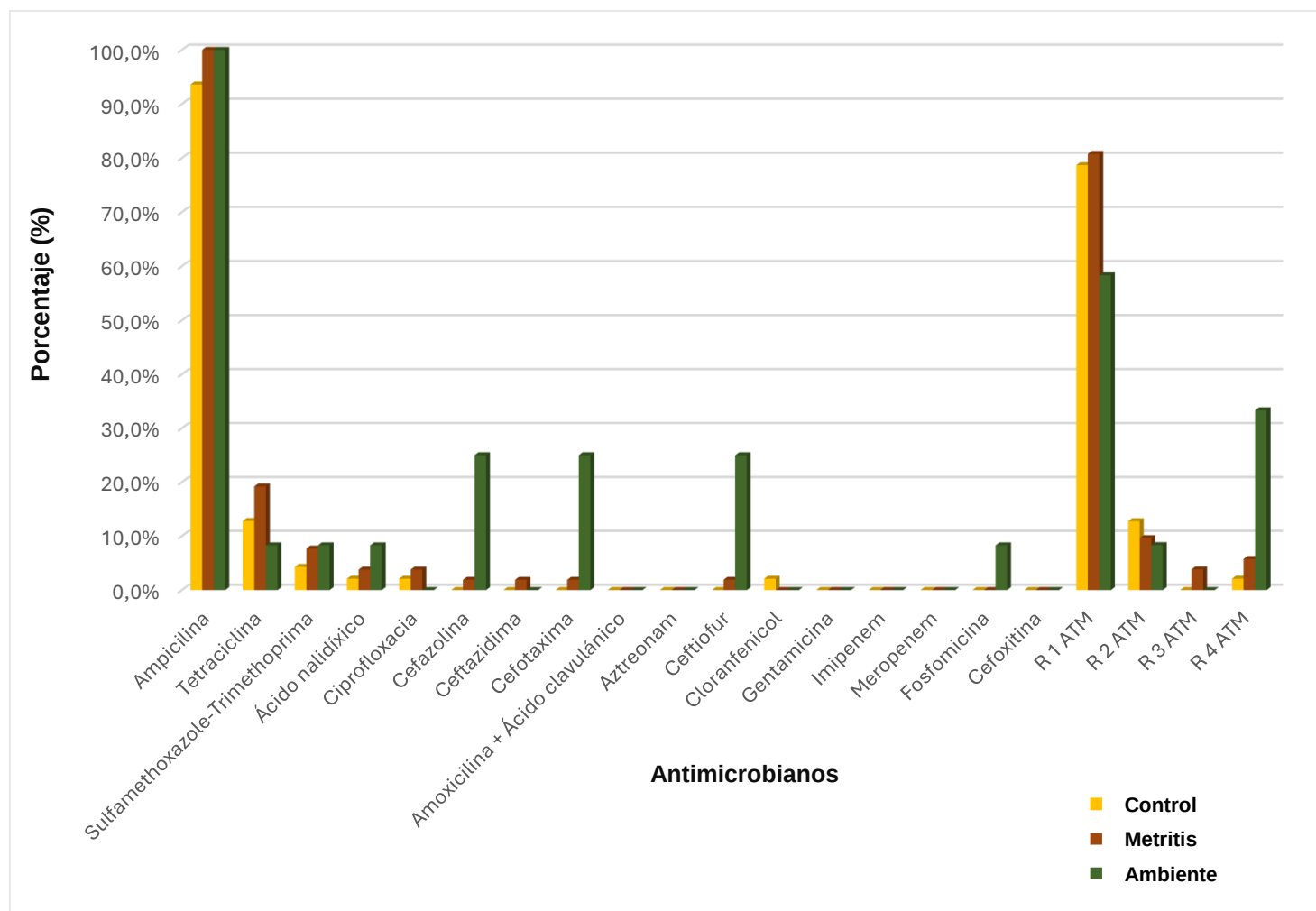
En el laboratorio, se obtuvo el desarrollo de *E. coli* en el 44,3% de las muestras uterinas de vacas CTL y de 77,2% vacas con MET (Chi-cuadrado = 17.99, $p < 0.0001$) (Tabla 1). Los animales con MET tuvieron 4 veces mayores chances de

tener aislamiento de *E. coli* en comparación con quienes no presentaban MET (OR = 4,27; IC95%: 2,14–8,52). En cuanto a las muestras ambientales (AMB), se obtuvo desarrollo de *E. coli* durante todos los muestreos (12/12).

Se realizaron un total de 110 antibiogramas (47 de vacas CTL, 51 de vacas MET y 12 de AMB) (Tabla suplementaria y Figura 1). Del total de antimicrobianos evaluados con puntos de corte disponibles para antibiograma, ampicilina presentó la mayor prevalencia de RAM, con el 97,3% de los aislamientos clasificados como resistentes. Aunque la gran mayoría de los aislamientos fueron resistentes a ampicilina, casi el 80% ($n = 85$) fueron resistentes únicamente a ampicilina, siendo este el patrón de resistencia más común en vacas CTL, MET y AMB (Tabla 2).

El segundo perfil de resistencia más prevalente en CTL y MET fue ampicilina + tetraciclina, presente en el 9% de los aislamientos ($n = 10$) (Tabla 2). Sin embargo, cerca del 20% (10/51) y 13% (6/47) en vacas con MET y CTL respectivamente, incluyeron resistencia a tetraciclinas en su patrón fenotípico (Tabla 2). El nivel de resistencia a las cefalosporinas de tercera generación fue bajo en CTL y MET, hallándose únicamente un aislado multiresistente en una vaca con MET (1/98). Sin embargo, el 25% de las muestras ambientales

Figura 1. Porcentajes de RAM en CTL (control), con MET (metritis) y AMB (ambiente)



presentó resistencia (3/12) (Tabla suplementaria).

La multiresistencia (mayor o igual a 3 antimicrobianos testeados) fue superior en MET en comparación a vacas sanas (9,8% vs 2,1%), sin embargo la multiresistencia en AMB fue considerablemente mayor (33,3%).

No se encontraron diferencias en cuanto a la RAM entre CTL y MET, aunque sí se hallaron diferencias entre MET, CTL y AMB para tres ATB: cefotaxima, ceftiofur y

cefazolina, debido a una mayor prevalencia de resistencia a estos tres ATB en ambiente (Test de Fisher <0.005). No se encontraron diferencias para el resto de los ATB evaluados.

Discusión

En nuestro estudio, *E. coli* fue aislada en un total de 56,9% (n= 98/172) de las muestras de cepillado intrauterino tomadas de vacas lecheras, valor que coincide con los rangos reportados

previamente por otros autores.

En estudios realizados en distintos países, se reportaron tasas similares de aislamiento intrauterino de *E. coli* en vacas lecheras, tales como del 76,8% en Nueva Zelanda (de Boer et al. 2015), 53% y 33,4% en Estados Unidos (Basbas et al., 2022 y Bicalho et al., 2010) y del 42% en Canadá (Kasse et al., 2016).

En el presente trabajo, analizando las distintas categorías postparto, la frecuencia de aislamiento de *E. coli* fue significativamente mayor en vacas con MET (77,2%) en comparación con las vacas CTL (44,3%).

En un estudio realizado por Pohl et al. (2018), se aisló *E. coli* intrauterina de vacas con MET en el 70% de los casos, en contraste, en vacas que no presentaban signos clínicos de MET, la recuperación de *E. coli* fue del 54%. Basbas et al. (2022) reportaron un 67% de aislamientos de *E. coli* en vacas con MET y un 47% en vacas CTL.

En cuanto a la RAM, no se observaron diferencias significativas para el aislamiento de cepas de *E. coli* resistentes a los antimicrobianos evaluados en los distintos grupos postparto. Esto está en desacuerdo con nuestra hipótesis, que suponía que las vacas con MET podrían haber estado colonizadas por *E. coli* portadoras de genes de RAM que explicarían la falla en su curación luego de ser tratadas con antibióticos.

Se han propuesto diversas hipótesis para explicar la baja tasa de curación, como que las *E. coli* aisladas de muestras uterinas presentaban Beta Lactamasas de Espectro Extendido (BLEE), las cuales inactivan al CEFT (Ma et al., 2018). Sin embargo, en nuestro estudio, la resistencia a CEFT, el tratamiento antimicrobiano sistémico más común para la metritis en Argentina, fue del 1% en muestras uterinas (n= 1/98).

Tabla 2. Fenotipos de resistencia detectados entre los aislamientos de *E. coli*.

Fenotipos de resistencia		n
CTL (n= 47)	AMP	37
	AMP+TET	5
	AMP+STX	1
	AMP+TET+ STX +NAL+CIP+CHL	1
MET (n= 51)	AMP	41
	AMP+TET	5
	AMP+TET+ STX	2
	AMP+TET+ STX +NAL	1
	AMP+TET+NAL+CIP	1
	AMP+TET+ STX+CIP+CEFT+CTX+CAZ+CFZ	1
AMB (n= 12)	AMP	7
	AMP+FOS	1
	AMP+TET+ STX +NAL	1
	AMP+CEFT+CTX+CFZ	3

AMP, ampicilina; TET, tetraciclina; STX, sulfametazol-trimetoprima; NAL, ácido nalidíxico; CIP, ciprofloxacina; CHL, cloranfenicol; CFZ, cefazolin; CAZ, ceftazidima; CTX, cefotaxima

Trabajos realizados en países como Estados Unidos, Nueva Zelanda y Alemania también reportaron una baja

prevalencia de resistencia a CEFT en aislamientos uterinos de *E. coli*, con tasas de resistencia de 1,2%, 0% y 5,9%, respectivamente (Santos et al., 2010; de Boer et al., 2015; Pohl et al., 2018).

Basbas et al. (2022) reportaron una resistencia relativamente mayor, del 8,6% (n= 12/139). Cabe destacar que, en el presente estudio, el 33% (3/12) de los aislados ambientales presentaron resistencia a CEFT, lo cual resulta relevante dado que estos microorganismos podrían actuar como una fuente potencial de contaminación del útero en el momento del parto.

Solo 2,7% (3/110) de los aislados fueron sensibles a ampicilina según los puntos de corte de la CLSI. Este resultado coincide con lo reportado por Basbas et al. (2022), donde el 100% de los aislados recuperados de vacas fueron resistentes a ampicilina.

El 14,5% (n= 16/110) de nuestros aislados uterinos fueron resistentes a tetraciclinas. Otros estudios reportaron resultados similares. Por ejemplo, de Boer et al. (2015) reportaron 4,8% (10/209) de aislamientos de *E. coli* intrauterina resistentes a oxitetraciclina. En Alemania, de 85 aislamientos de *E. coli* intrauterina, 9,5% (n= 8/85) eran resistentes a la tetraciclina (Pohl et al., 2018). El estudio llevado a cabo por Basbas et al. (2022), reportó alrededor del 30% de aislados resistentes a tetraciclinas (clortetraciclina

u oxitetraciclina), y demostró que el uso de infusión intrauterina de oxitetraciclina como tratamiento tendió a aumentar la probabilidad de recuperar *E. coli* intrauterina portadora de resistencia a clortetraciclina u oxitetraciclina.

La mayor prevalencia de resistencia a las tetraciclinas observada en nuestro estudio a comparación de los llevados a cabo en Alemania (Pohl et al., 2018) y Nueva Zelanda (de Boer et al., 2015) podría reflejar el uso no prudente de tetraciclinas en nuestro país, en especial de oxitetraciclina.

La baja prevalencia de resistencia a ciprofloxacina en *E. coli* uterina resulta coherente con el uso restringido de este agente antimicrobiano en bovinos lecheros en período de lactancia.

La resistencia múltiple a antimicrobianos (MDR, mayor o igual a 3 antimicrobianos testeados) fue relativamente baja hallándose un 6,1 % de los aislamientos uterinos. Este resultado coincide con los reportados por Basbas et al. (2022), que fue del 2,5%. Sin embargo, la MDR representa un problema especialmente crítico cuando un aislamiento es resistente a múltiples opciones terapéuticas comunes.

Conclusión

Las vacas con MET presentaron mayores chances de aislamiento de *Escherichia coli* a partir de cepillados intrauterinos en

comparación a las vacas CTL. En los aislamientos uterinos de *E. coli*, se observó una baja prevalencia de resistencia a CEFT; sin embargo, el 25% de los aislados ambientales fueron resistentes a este antimicrobiano. No se detectaron diferencias significativas entre los grupos de vacas posparto en cuanto a la presencia de cepas de *E. coli* resistentes a los antimicrobianos evaluados.

Estos hallazgos contribuyen a comprender el perfil de resistencia antimicrobiana en el contexto de la MET y destacan la importancia de monitorear tanto el ambiente como la cavidad uterina para orientar estrategias racionales de uso de antimicrobianos en medicina veterinaria.

Bibliografía

1. Basbas C, Garzon A, Silva-Del-Rio N, Byrne BA, Karle B, Aly SS, Champagne JD, Williams DR, Lima FS, Machado VS, Pereira RV., 2022. Evaluation of antimicrobial resistance and risk factors for recovery of intrauterine *Escherichia coli* from cows with metritis on California commercial dairy farms. *Sci Rep* 12, 13937.
2. Bicalho, M. L. S., Machado, V. S., Higgins, C. H., Lima, F. S. & Bicalho, R. C. (2017) Genetic and functional analysis of the bovine uterine microbiota. Part I: metritis versus healthy cows. *J Dairy Sci* 100, 3850–3862.
3. Chenault JR, McAllister JF, Chester ST Jr, Dame KJ, Kausche FM, Robb EJ., 2004. Efficacy of ceftiofur hydrochloride sterile suspension administered parenterally for the treatment of acute postpartum metritis in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 224, 1634-9.
4. CLSI (2018). Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals. 4th ed. CLSI supplement VET08. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute.
5. CLSI (2020). Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals. 5th ed. CLSI supplement VET01S. Clinical and Laboratory Standards Institute.
6. CLSI (2024). Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated From Animals. 6th ed. CLSI standard VET01. Clinical and Laboratory Standards Institute.
7. de Boer, M., Buddle, B. M., Heuer, C., Hussein, H., Zheng, T., LeBlanc, S. J., & McDougall, S. (2015). Associations between intrauterine bacterial infection, reproductive tract inflammation, and reproductive performance in pasture-based dairy cows. *Theriogenology*, 83(9), 1514–1524.
8. De la Sota, R.L., Corva, S., Dominguez, G., Vanina Madoz, L.,

Jaureguiberry, M., Giuliadori, M., 2020. Eficacia del uso de antibióticos para el tratamiento de metritis puerperal en vacas de tambo y su asociación con la eficiencia reproductiva. *Taurus* 89, 40-51.

9. De Vries A. (2017) Economic trade-offs between genetic improvement and longevity in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 100, 4184-4192.

10. Dohmen MJ, Joop K, Sturk A, Bols PE, Lohuis JA., 2000. Relationship between intra-uterine bacterial contamination, endotoxin levels and the development of endometritis in postpartum cows with dystocia or retained placenta. *Theriogenology* 54, 1019-32.

11. Ferguson, J.D., Galligan, D.T., Thomsen, N., (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of dairy science* 77, 2695-2703.

12. Galvão KN, Bicalho RC, Jeon SJ., 2019. Symposium review: The uterine microbiome associated with the development of uterine disease in dairy cows. *J Dairy Sci* 102, 11786-11797.

13. Gilbert RO, Santos NR., 2016. Dynamics of postpartum endometrial cytology and bacteriology and their relationship to fertility in dairy cows. *Theriogenology* 85, 1367-74.

14. Giuliadori, M.J., Magnasco, R.P., Becu-Villalobos, D., Lacau-Mengido, I.M., Risco, C.A., de la Sota, R.L., 2013. Metritis en vacas lecheras: factores de

riesgo y eficiencia reproductiva. *Taurus*, 60, 12-21.

15. Hammon, D.S., Evjen, I.M., Dhiman, T.R., Goff, J.P., Walters, J.L., 2006. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Veterinary immunology and immunopathology* 113, 21-29.

16. Kasse, F. N., Fairbrother, J. M. & Dubuc, J. (2016). Relationship between *Escherichia coli* virulence factors and postpartum metritis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 99, 4656–4667.

17. Kim, C., Riley, A., Sriharan, S., Nartea, T., Ndegwa, E., Dhakal, R., Zheng, G., & Baffaut, C. (2024). Examining Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli*: A Case Study in Central Virginia's Environment. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 13(3), 223.

18. LeBlanc SJ., 2014. Reproductive tract inflammatory disease in postpartum dairy cows. *Animal* 8 Suppl 1, 54-63.

19. LeBlanc SJ., 2023. Review: Postpartum reproductive disease and fertility in dairy cows. *Animal* 17 Suppl 1, 100781.

20. Ma Z, Ginn A, Kang M, Galvão KN, Jeong KC., 2018. Genomic and Virulence Characterization of Intrauterine Pathogenic *Escherichia coli* With Multi-Drug Resistance Isolated From Cow Uteri With Metritis. *Front Microbiol* 9, 3137.

21. Madoz, L.V., De la Sota, R.L. (2019). Dispositivo para la toma de

muestras endometriales en hembras bovinas (Otorgado a: UNLP y CONICET. Patente de invención. Expediente 20120103814. Disposición del GDE N°DI - 2019-165-APN-ANP #INPI. Instituto Nacional de Propiedad Intelectual, Argentina).

22. Madoz, L.V., Giuliodori, M.J., Migliorisi, A.L., Jaureguiberry, M., de la Sota, R.L., (2014). Endometrial cytology, biopsy, and bacteriology for the diagnosis of subclinical endometritis in grazing dairy cows. *Journal of dairy science* 97, 195-201.

23. McDougall, S., Macaulay, R., Compton, C., (2007). Association between endometritis diagnosis using a novel intravaginal device and reproductive performance in dairy cattle. *Animal reproduction science* 99, 9-23.

24. McLaughlin CL, Stanisiewski E, Lucas MJ, Cornell CP, Watkins J, Bryson L, Tena JK, Hallberg J, Chenault JR., 2012. Evaluation of two doses of ceftiofur crystalline free acid sterile suspension for treatment of metritis in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 95, 4363-71.

25. Mehrzad, J., Duchateau, L., Burvenich, C., 2009. Phagocytic and bactericidal activity of blood and milk-resident neutrophils against *Staphylococcus aureus* in primiparous and multiparous cows during early lactation. *Veterinary microbiology* 134, 106-112.

26. Merenda VR, Lezier D, Odetti A, Figueiredo CC, Risco CA, Bisinotto RS, Chebel RC., 2021. Effects of metritis treatment strategies on health, behavior, reproductive, and productive responses of Holstein cows. *J Dairy Sci* 104, 2056-2073.

27. Mounsey O, Marchetti L, Parada J, Alarcón LV, Aliverti F, Avison MB, Ayala CS, Ballesteros C, Best CM, Bettridge J, Buchamer A, Buldain D, Carranza A, Corti Isgro M, Demeritt D, Escobar MP, Gortari Castillo L, Jaureguiberry M, Lucas MF, Madoz LV, Marconi MJ, Moiso N, Nievas HD, Ramirez Montes De Oca MA, Reding C, Reyher KK, Vass L, Williams S, Giraudo J, De La Sota RL, Mestorino N, Moredo FA, Pellegrino M. (2024). Genomic epidemiology of third-generation cephalosporin-resistant *Escherichia coli* from Argentinian pig and dairy farms reveals animal-specific patterns of co-resistance and resistance mechanisms. *Appl Environ Microbiol.* 20;90(3):e0179123.

28. Perez MM, Cabrera EM, Giordano JO., 2023. Effects of targeted clinical examination based on alerts from automated health monitoring systems on herd health and performance of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 106, 9474-9493.

29. Pohl, A., Lübke-Becker, A., & Heuwieser, W. (2018). Minimum inhibitory concentrations of frequently used antibiotics against *Escherichia coli* and

Trueperella pyogenes isolated from uteri of postpartum dairy cows. *Journal of dairy science*, 101(2), 1355–1364.

30. Sheldon IM, Molinari PCC, Ormsby TJR, Bromfield JJ., 2020. Preventing postpartum uterine disease in dairy cattle depends on avoiding, tolerating and resisting pathogenic bacteria. *Theriogenology* 150, 158-165.

31. Silva TV, de Oliveira EB, Pérez-Báez J, Risco CA, Chebel RC, Cunha F, Daetz R, Santos JEP, Lima FS, Jeong KC, Galvão KN., 2021. Economic comparison between ceftiofur-treated and nontreated dairy cows with metritis. *J Dairy Sci* 104, 8918-8930.

32. Smith, B. I., G. Arthur Donovan, C. Risco, R. Littell, C. Young, L. H. Stanker, and J. Elliott., 1998. Comparison of various antibiotic treatments for cows diagnosed with toxic puerperal metritis. *J. Dairy Sci* 81, 1555–1562.

33. ANLIS Dr. C. G. Malbrán. Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas. Servicio de Antimicrobianos. Protocolo de Trabajo Red WHONET Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANLIS Dr. C. G. Malbrán, 2021. (ANLIS/INEI/PT-WHONET-ARG;2021) Disponible en: <http://sgc.anlis.gob.ar/handle/123456789/2374>.

34. Pleticha S, Drillich M, Heuwieser W. Evaluation of the Metrichack device and the gloved hand for the diagnosis of

clinical endometritis in dairy cows. *J Dairy Sci*. 2009.

35. Lima FS., 2020. Recent advances and future directions for uterine diseases diagnosis, pathogenesis, and management in dairy cows. *Anim Reprod* 17, 20200063.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación de Argentina (subsidio PICT-00751) y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (subsidio PIP-1099) para Laura Vanina Madoz, así como por el programa de incentivos de la Universidad Nacional de La Plata (subsidio V11/314).

Tabla suplementaria

Prevalencia de la resistencia antimicrobiana (RAM) en vacas control (CTL), con MET (metritis) y AMB (ambiente)

Antimicrobianos	<i>E. coli</i> con RAM aislada de					
	CTL (<i>n</i> = 47)		MET (<i>n</i> = 51)		AMB (<i>n</i> = 12)	
	Número	%	Número	%	Número	%
Ampicilina	44	93,6%	51	100,0%	12	100,0%
Tetraciclina	6	12,8%	10	19,6%	1	8,3%
Sulfametazol-Trimetoprima	2	4,3%	4	7,8%	1	8,3%
Ácido nalidíxico	1	2,1%	2	3,9%	1	8,3%
Ciprofloxacina	1	2,1%	2	3,9%	0	0%
Cefazolina	0	0%	1	1,9%	3	25,0%
Ceftazidima	0	0%	1	1,9%	0	0%
Cefotaxima	0	0%	1	1,9%	3	25,0%
Amoxicilina + Ácido clavulánico	1	0%	0	0%	0	0%
Aztreonam	0	0%	0	0%	0	0%
Ceftiofur	0	0%	1	1,9%	3	25,0%
Cloranfenicol	1	2,1%	0	0%	0	0%
Gentamicina	0	0%	0	0%	0	0%
Imipenem	0	0%	0	0%	0	0%
Meropenem	0	0%	0	0%	0	0%
Fosfomicina	0	0%	0	0%	1	8,3%
Cefoxitina	0	0%	0	0%	0	0%
R 1 ATM	37	78,7%	41	80,3%	7	58,3%
R 2 ATM	6	12,8%	5	9,8%	1	8,3%
R 3 ATM	0	0%	2	3,9%	0	0%
R 4 ATM	1	2,1%	3	5,8%	4	33,3%

39.- Salud humana

Estudio del movimiento de sentado a parado mediante tecnologías de estimación de la pose

Autor: Guber, Dana Carolina; E. mail danaguber97@gmail.com

Co-autor(es): Litardo, Fabio; Del Punta, Jessica Adriana; Gasaneo, Gustavo

Orientador/a: Del Punta, Jessica Adriana; E. mail jedelpunta@gmail.com

Universidad Nacional del Sur / Departamento de Física - IFISUR

Resumen

Los desarrollos tecnológicos alcanzados mediante visión por computadora permiten avanzar en el diseño de herramientas no invasivas y de bajo costo que permiten estudiar la pose humana con alta precisión. En este trabajo realizamos un análisis del movimiento de pararse y sentarse mediante la estimación de la pose a partir de registros de video. Nos proponemos explorar su utilidad como herramienta accesible para la evaluación cuantitativa del desempeño funcional de los individuos en el ámbito clínico kinesiológico. A partir de la información obtenida se buscará describir variables cinemáticas relevantes, como ángulos articulares, velocidades angulares y tiempos, e identificar patrones del movimiento que puedan contribuir a una evaluación objetiva del desempeño del paciente. El enfoque apunta a valorar el potencial de esta tecnología para ser incorporada en la práctica clínica como apoyo en el seguimiento y análisis del movimiento de los pacientes.

Palabras clave: sentado a parado, estimación de la pose, kinesiología.

Introducción

Muchas patologías neurológicas o neuromusculares comprometen la autonomía de las personas en su vida cotidiana, dificultando la ejecución de movimientos fundamentales como agarrar objetos, sentarse, pararse o caminar. Por esta razón, los procesos de rehabilitación suelen centrarse en la recuperación de estos gestos funcionales, con el objetivo de

promover la mayor independencia posible en las actividades diarias. En este contexto, el movimiento de sentarse y pararse, conocido como sit to stand (STS), es una de las acciones funcionales más estudiadas en el campo de la rehabilitación y la kinesiología clínica, debido a que es un movimiento clave para la autonomía, la fuerza del tren inferior y la estabilidad postural. Su correcta ejecución requiere un complejo control neuromuscular y

biomecánico que involucra la coordinación de segmentos como tronco, cadera, rodillas y tobillos, además del equilibrio dinámico (Janssen, Bussmann & Stam, 2002) Existen diversos métodos que han sido utilizados para cuantificar el desempeño en la tarea STS. Entre los más frecuentes se encuentran el uso de plataformas de fuerza (Schenkman et al., 1990), sistemas de captura de movimiento con marcadores (Pfister et al., 2014), análisis de video 2D o 3D (Ganea et al., 2011), y test funcionales cronometrados como el Five Times Sit to Stand o el Timed Up and Go (Bohannon, 1995). Si bien estos procedimientos son confiables y estandarizados, requieren equipamiento costoso y condiciones controladas, lo que limita su aplicación en la práctica clínica diaria. En los últimos años, el desarrollo de tecnologías de visión por computadora ha impulsado el uso de sistemas de estimación de la postura del cuerpo humano sin marcadores. Entre ellos, se destacan paquetes como OpenPose, BlazePose y MediaPipe, los cuales permiten estimar coordenadas de las articulaciones del cuerpo y otros puntos estratégicos a partir de imágenes o video y utilizando redes neuronales profundas (Cao et al., 2019). Estas herramientas ofrecen ventajas significativas en términos de portabilidad, accesibilidad y bajo costo, y han mostrado correlaciones prometedoras con sistemas tradicionales

en la medición de variables biomecánicas durante tareas funcionales como la marcha o el STS (Lee et al., 2025; Roggio et al., 2024) En particular, varios estudios han demostrado que estas técnicas permiten calcular ángulos articulares con una precisión comparable a la obtenida mediante goniómetros manuales, validando su aplicabilidad en contextos clínicos donde se requiere una evaluación rápida, no invasiva y reproducible (Latreche et al., 2023). En el presente trabajo, introducimos el uso de registros de video y la extracción de datos de la pose humana para evaluar el movimiento STS en el contexto de la práctica kinesiológica. Se trata de la primera etapa de un proyecto de tesis de doctorado iniciado en la segunda mitad de 2024, y que continúa en la línea de un trabajo previo en el que estas mismas herramientas se utilizaron para evaluar la caminata humana (Guber, Del Punta & Gasaneo, 2024; Guber et al., 2025).

Objetivos

El presente trabajo propone una evaluación funcional de gesto STS mediante la utilización de MediaPipe, una solución de estimación de pose humana en tiempo real desarrollada por Google. Este abordaje tiene por objetivo evaluar la factibilidad de incorporar tecnologías de estimación de pose en contextos clínicos reales, particularmente en kinesiología. De

esta manera, mediante un dispositivo de bajo costo y muy simple implementación, se aportaría una cuantificación de las observaciones clínicas habituales en esta disciplina. Más aún, los datos recopilados permitirían un estudio más profundo y detallado del movimiento, del cual podrían surgir nuevos indicadores que enriquezcan la evaluación de los profesionales.

Materiales y Métodos

Se registró, mediante video, el movimiento de 7 individuos en la tarea de pararse y volver a sentarse. Esto es, extendemos el movimiento habitualmente llamado STS, incluyendo en la evaluación la acción de sentarse. Los individuos registrados eran pacientes que se encontraban en tratamiento kinesiológico en los Consultorios Externos de Rehabilitación (CER - Bahía Blanca) al momento de este estudio. Los pacientes presentaban distintas patologías neurológicas o neuromusculares, que a los fines del estudio realizado no resultan de mayor interés, ya que el foco estuvo puesto en la herramienta de estimación de la pose en el contexto de la práctica kinesiológica. Solo se incluyeron en el análisis los pacientes que lograron realizar la tarea de forma autónoma, sin asistencia externa. Esto nos dejó con 5 de los 7 pacientes inicialmente considerados. Los registros se realizaron en el mismo espacio en el que los pacientes realizaban su tratamiento. La

actividad estuvo coordinada y supervisada por el Lic. Favio Litardo, especialista en neurorehabilitación. Los registros se realizaron con una filmadora Sony Handycam modelo HDR-CX405, de 9.2 megapixels. Utilizando MediaPipe, a partir del seguimiento de puntos anatómicos clave se extrajeron métricas cinemáticas relevantes. Específicamente,

- ángulo de la cadera: se definió como el ángulo entre el eje que une la cadera con el hombro y el eje que une la cadera con la rodilla. Este ángulo representa la flexión o extensión del tronco respecto al muslo.
- ángulo de brazo: corresponde al ángulo formado entre el eje cadera rodilla y el eje rodilla-tobillo, reflejando la flexión o extensión de la pierna.
- ángulo de tobillo: se obtuvo como el ángulo entre el eje pierna (rodilla tobillo) y el eje pie (punta del pie-talón). El punto de intersección de ambas líneas se utilizó como vértice del ángulo, proporcionando una estimación funcional de la dorsiflexión o flexión plantar.
- ángulo de rodilla: definido como el ángulo entre el eje hombro-muñeca y el eje hombro-cadera, permitiendo evaluar la elevación del brazo respecto al tronco.
- ángulo de cabeza: se calculó como

el ángulo entre el eje hombro-oreja y el eje oreja-ojo externo, reflejando la inclinación anteroposterior de la cabeza.

En la Figura 1 se ilustran estos indicadores, marcándolos sobre un registro procesado con el algoritmo de estimación de la pose.

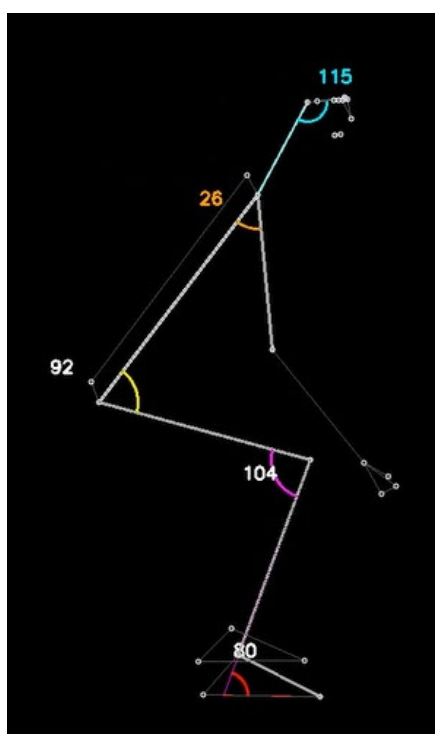


Figura 1. Esqueletización del cuerpo humano usando MediaPipe, donde se indican los ángulos considerados para este estudio.

Cada paciente fue filmado mientras realizaba el movimiento desde tres perspectivas diferentes: vista frontal, perfil izquierdo y perfil derecho. Para mantener constantes las condiciones de registro, se

utilizó siempre la misma silla y la cámara se ubicó a una distancia fija. Para obtener las vistas laterales sin mover la cámara, se giró la silla de forma que el encuadre se mantuviera estable. Cabe destacar que, en general, los espacios en los consultorios son limitados, lo que dificulta tener tres cámaras rodeando la escena a distancia adecuada. Por este motivo se decidió mantener una única cámara fija y repetir el movimiento girando la silla en cada enfoque. No se dieron instrucciones específicas respecto a la ejecución del movimiento, permitiendo que cada paciente lo realizara de manera espontánea. Cada paciente realizó una repetición del movimiento por cada perspectiva de cámara, resultando en tres ejecuciones registradas por participante.

Resultados y Discusión

A continuación, presentamos los resultados obtenidos en la primera etapa del trabajo. El primer paso en el trabajo experimental se centró, principalmente, en el registro adecuado de datos en los espacios en los que se llevaba a cabo el tratamiento de rehabilitación de los pacientes. Los desafíos de espacio e iluminación requirieron de varios reajustes y repetición la más adecuada. La exploración inicial de los datos nos permitió encontrar una forma objetiva de reconocer las fases del movimiento de STS (Raine et al., 2013). En general, estas fases se

identifican a partir de una descripción narrativa del movimiento y se apoyan en el ojo experto del profesional de la salud que interviene. Sin embargo, a partir de los datos registrados encontramos que considerando como elemento clave el ángulo de inclinación de la cadera, es posible identificar cada fase en los registros tomados. En la Tabla 1 presentamos la comparación entre la descripción con la que se identifica cada fase, según el concepto Bobat (Raine et al., 2013), y el criterio cuantitativo con el que la reconocemos en este trabajo. En la literatura citada, se reconocen 4 fases del movimiento STS. En nuestro análisis decidimos unificar las fases F2 y F3 debido

a la corta duración de la primera. Asumimos que para el movimiento de parado a sentado pueden identificarse fases análogas, por la simetría de esta acción. De esta forma, identificamos en total cinco fases para el movimiento completo. Las tres primeras son las presentadas en la Tabla 1, y las dos últimas se definen con el mismo criterio que las dos primeras. Tabla 1. Fases de la caminata propuestas por el concepto Bobath con la identificación cuantitativa propuesta en este trabajo. de mediciones. Luego se trabajó en la adecuación de la herramienta de detección de movimiento a nuestros registros particulares. Se probaron distintas librerías, y resultó ser MediaPipe.

Fase	Descripción	Ángulo de la cadera correspondiente
1-Momento de flexión	Desde que comienza el movimiento hasta que los gluteos dejan de tener contacto con la silla.	Desde que comienza el movimiento hasta el ángulo de cadera mínimo.
2-Momento de transferencia	Desde que los gluteos dejar de tener contacto con la silla hasta la máxima dorsiflexión de tobillo.	Desde el ángulo de cadera mínimo hasta el ángulo correspondiente al percentil 90
3-Extensión	Desde la máxima dorsiflexión de tobillo hasta que cese la extensión de la cadera.	
4-Estabilización	Desde que cesa la extensión de la cadera hasta que todo el movimiento se detiene.	Todos los valores angulares superiores al percentil 90

La Figura 2 muestra la evolución del ángulo de la cadera a lo largo del movimiento de uno de los pacientes evaluados. En el gráfico se indican, además, las 5 fases identificadas.

Una vez identificadas las distintas fases, se definieron indicadores tomados de cada una de ellas, que permiten la caracterización cuantitativa del movimiento.

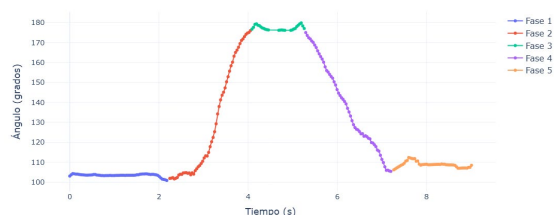


Figura 2. Registro del ángulo de la cadera en función del tiempo de realización del movimiento.

En general, esta caracterización se presenta de forma cualitativa (Raine et al., 2013). Así, los valores medianos de los ángulos de tobillo, rodilla y cabeza en las fases F1 y F5 nos hablan de la estabilidad inicial y final del individuo.

Estas métricas tomadas en la fase F3, junto con las medianas de los ángulos de la cadera y los brazos, nos dan información de la estabilidad del sujeto durante su posición de parado. Por otro lado, el ángulo máximo de los brazos en las fases 2 y 4 reflejan el balanceo que realizó el sujeto para conseguir realizar el movimiento. Los ángulos mínimos de tobillo y rodilla en las fases F2 y F4 son de interés ya que pueden ser indicadores de compensaciones (Van Der Kruk et al., 2021). Las métricas de ángulos tomadas desde los laterales permiten observar y cuantificar diferencias en el movimiento de cada extremidad, comparando lateral derecho con izquierdo. Esto se ilustra en la Figura 3. En ella se representa el ángulo que forma cada brazo con el eje que une el hombro con la cadera, respecto del tiempo. Este registro

corresponde a un paciente al que su patología le perjudicó el movimiento de su brazo derecho, limitándole el balanceo de esta extremidad. La comparación de los valores máximos que alcanzan estos ángulos proporciona un indicador cuantitativo, y su registro permite comparaciones con futuras mediciones a lo largo del tratamiento.

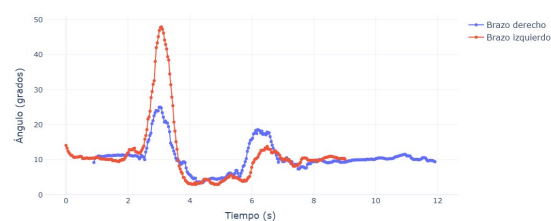


Figura 3. Evolución de los ángulos de los brazos a lo largo de la realización del movimiento STS.

Los registros frontales permiten observar y cuantificar la asimetría en el movimiento. De manera ilustrativa presentamos en la Figura 4 el gráfico de diferencia de altura entre la mano derecha y la mano izquierda de un paciente con dificultades en el control motor.

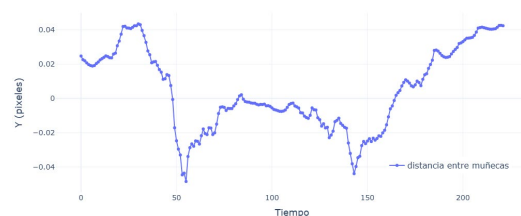


Figura 4. Diferencia en altura entre la posición de la mano derecha y la mano izquierda a lo largo de la realización del movimiento STS.

La variabilidad en esta diferencia es un indicador de interés (Nasim, A, et al., 2021), a lo que pueden sumarse otros indicadores como los valores mínimos o máximos alcanzados.

Conclusiones

En este trabajo se presenta la estimación de la pose humana como herramienta de utilidad para el estudio del movimiento de sentado a parado. Si bien se presentan resultados preliminares, esta herramienta resulta prometedora en tanto permite la cuantificación de elementos clave en la evaluación clínica de pacientes con distintos tipos de patologías y permite un análisis objetivo de la evolución en el tratamiento que realicen. Más aún, el registro y análisis de datos se realiza mediante dispositivos de bajo costo, fácil uso y no invasivo, que pueden ser utilizados en la práctica clínica habitual. Los resultados encontrados muestran cómo es posible cuantificar elementos que en general se definen de manera cualitativa y que regularmente se evalúan en gabinetes de kinesiología, aportando la posibilidad de revisar con mayor detalle la realización de la tarea por parte del paciente, y permitiendo comparaciones muy precisas entre distintas realizaciones a lo largo de todo el tratamiento. Como perspectivas, planeamos avanzar el estudio de las velocidades y aceleraciones angulares de los puntos estratégicos

involucrados en el movimiento, a lo largo de sus distintas fases. Estos valores permitirán analizar la dinámica del movimiento, y su evolución a lo largo del tratamiento. Además, nos proponemos registrar y analizar individuos sin patologías, con el fin de obtener índices y series temporales que caractericen el movimiento sin alteraciones, de manera de poder comparar con individuos con patologías, y dimensionar así las diferencias y compensaciones que estos sujetos desarrollan para poder llevar a cabo la acción.

Referencias Bibliográficas

- Bohannon, R. W. (1995). Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Perceptual and Motor Skills*, 80(1), 163–166.
- Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S. E., & Sheikh, Y. (2019). OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43(1), 172–186.
- Ganea, R., Paraschiv-Ionescu, A., Büla, C., Rochat, S., & Aminian, K. (2011). Multi-parametric evaluation of sit-to-stand and stand-to-sit transitions in elderly people. *Medical Engineering & Physics*, 33(9), 1086–1093.

- Guber, C, Del Punta, J. A & Gasaneo, G. (2024). Análisis de la caminata humana aplicado al estudio de la integración sensorial. *Memorias De Las JALIO*, 10(5), 128-136.
- Guber, C., Del Punta, J. A., Iaconis, F. R., & Gasaneo, G. (2025). Un modelo de caminata humana en el estudio de la integración sensorial. Trabajo presentado en el X MACI, y aceptado para ser publicado en la Revista MACI Vol. 10.
- Janssen, W. G. M., Bussmann, H. B., & Stam, H. J. (2002). Determinants of the sit-to-stand movement: a review. *Physical therapy*, 82(9), 866–879.
- Latreche, A., Kelaiaia, R., Chemori, A., & Kerboua, A. (2023). Reliability and validity analysis of MediaPipe-based measurement system for some human rehabilitation motions. *Measurement*, 214, 112826.
- Lee, C. H., Mendoza, T., Huang, C. H., & Sun, T. L. (2025). Vision-based postural balance assessment of sit-to-stand transitions performed by younger and older adults. *Gait & Posture*, 117, 245-253.
- Nasim, A., Nchekwube, D. C., & Kim, Y. S. (2021). Reliability of Recurrence Quantification Analysis Measures for Sit to-Stand and Stand-to-Sit Activities in Healthy Older Adults Using Wearable Sensors. *Electronics*, 10(19), 2438.
- Pfister, A., West, A. M., Bronner, S., & Noah, J. A. (2014). Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 38(5), 274–280.
- Raine, S., Meadows, L., & Lynch Ellerington, M. (Eds.). (2013). Bobath concept: theory and clinical practice in neurological rehabilitation.
- John Wiley & Sons. Roggio, F., Trovato, B., Sortino, M., & Musumeci, G. (2024). A comprehensive analysis of the machine learning pose estimation models used in human movement and posture analyses: A narrative review. *Heliyon* 10(21).
- Schenkman, M., Berger, R. A., Riley, P. O., Mann, R. W., & Hodge, W. A. (1990). Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Physical therapy*, 70(10), 638–651
- Van Der Kruk, E., Silverman, A. K., Reilly, P., & Bull, A. M. (2021). Compensation due to age-related decline in sit-to-stand and sit-to-

walk. Journal of biomechanics, 122,
110411.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló como parte de
los proyectos PGI 24/F089 (UNS) y PIP
KE3 11220200102879CO (CONICET).

39.- Salud Humana

PROJETO PET-SAÚDE EQUIDADE: DESARROLLO DE ACCIONES PENSANDO EN LA SALUD MENTAL DE LAS TRABAJADORAS DEL SUS DE LA ATENCIÓN PRIMARIA DE SALUD DE FOZ DO IGUAÇU

Autor: Amaro M., Jose A.; E. mail: jaa.montesinos.2022@aluno.unila.edu.br

Orientador/a: Zazula, Robson; E. mail: robson.zazula@unila.edu.br

Universidade Federal da Integração Latino-Americana / Servicio social – Instituto Latino-Americano de Economía, Sociedad y Política.– ILAESP / Medicina – Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza – ILACVN

Resumen

El Sistema Único de Salud (SUS) de Brasil, reconocido por su modelo de atención universal y gratuita, es el escenario de una investigación que examina la salud mental de sus trabajadoras en Foz do Iguaçu. El estudio, parte del programa PET-Saúde, busca identificar factores de sufrimiento mental y proponer acciones de promoción de la salud. La metodología del proyecto, de enfoque mixto, incluyó la revisión bibliográfica y visitas a las UBS para comprender la realidad laboral. Para la fase cuantitativa, se aplicó un cuestionario en línea a una muestra de 330 trabajadoras. Los instrumentos utilizados evaluaron las características sociodemográficas y profesionales, el estado de salud mental (con el SRQ-20), el riesgo de burnout (MBI) y la exposición a la violencia laboral. Los resultados revelan una situación alarmante. Más de la mitad de las encuestadas reporta cansancio constante (52.7%) y dificultad para dormir (51.5%). Además, el 50.3% ha sufrido agresión verbal en el trabajo. Estos factores están directamente relacionados con el riesgo de burnout, afectando a un 61.8% de la muestra. La salud mental también presenta desafíos, con un 15.5% de las trabajadoras que conviven con depresión y un 7.9% que ha tenido ideaciones suicidas. Las conclusiones del estudio subrayan la necesidad urgente de intervenir. Los hallazgos justifican la implementación de prácticas integradoras para mitigar el estrés y la violencia, así como el desarrollo de campañas y talleres preventivos para abordar el bienestar mental de las profesionales. Por último, evidencia que el entorno laboral es un factor crítico en el bienestar de las trabajadoras, y sus resultados son cruciales para impulsar acciones que fortalezcan el SUS.

Palabras claves: Salud mental, Trabajadoras, Sistema Único de Salud

Introducción

El Sistema Único de Salud (SUS) de Brasil es una de las mayores y más ambiciosas redes de salud pública a nivel global. Su propósito central es garantizar un acceso integral, universal y gratuito a la atención médica para toda la población del país. El SUS abarca un espectro de servicios inusualmente amplio, que va desde la atención primaria, como una simple toma de presión arterial, hasta procedimientos de alta complejidad como los trasplantes de órganos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). Al nacer, el SUS se fundamentó en el principio de que la salud no es un privilegio, sino un derecho de todos, eliminando cualquier tipo de discriminación en el acceso a los servicios. De esta forma, la atención integral —que no se limita a la asistencia hospitalaria, sino que también incluye la prevención y la promoción de la salud— se convirtió en un derecho constitucional para todos los ciudadanos brasileños, desde su gestación y a lo largo de toda su vida (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

En esta línea, un avance histórico que marcó la creación del SUS, fue superar el modelo anterior a la Constitución Federal de 1988, en el que la asistencia pública solo estaba disponible para los trabajadores vinculados a la seguridad social. Gracias a SUS, lo que antes era un beneficio para un grupo

limitado de personas, se transformó en un derecho universal, elevando el lema de que "la salud es un derecho de todos y un deber del Estado" (CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 1998). La red del SUS se estructura de manera tripartita para asegurar una gestión solidaria y participativa. Se organiza en tres niveles: el Ministerio de Salud a nivel nacional, encargado de formular y fiscalizar las políticas; las Secretarías Estatales de Salud, que apoyan a los municipios; y las Secretarías Municipales de Salud, que planean y ejecutan los servicios directamente en el ámbito local. Esta estructura interconectada permite que la atención llegue a cada rincón del país, a través de una amplia gama de servicios que incluyen desde la atención primaria y hospitalaria hasta la vigilancia epidemiológica y la asistencia farmacéutica.

En este sentido, la formación de profesionales de la salud en Brasil ha sido objeto de transformaciones profundas con el objetivo de fortalecer la integración entre el Sistema Único de Salud (SUS), las Instituciones de Educación Superior (IES) y la comunidad. Este esfuerzo se enmarca en un conjunto de acciones educativas que buscan no solo mejorar la formación de los futuros trabajadores, sino también crear las condiciones para la valorización de quienes integran el

sistema, tanto actuales como futuros, con un enfoque en la equidad de género, identidad de género, sexualidad, raza, etnia y discapacidad.

La implementación de estas iniciativas se alinea con el Programa Nacional de Equidad de Género, Raza y Valorización de los Trabajadores(as) en el SUS, establecido por la Portaria GM/MS nº 230 del 7 de marzo de 2023. Entre sus principales acciones se encuentra la inclusión de la equidad en el ámbito del Programa de Educación por el Trabajo para la Salud (PET-Saúde), con miras a desarrollar competencias y habilidades que promuevan la justicia social y el respeto a la diversidad en el sistema de salud. Además, se subraya la importancia de continuar con las reformas curriculares en los cursos de grado en salud, asegurando que estas temáticas están plenamente incorporadas en los procesos formativos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023). Este enfoque integral busca responder a las demandas actuales del país, fortaleciendo así un SUS más inclusivo y equitativo. Así mismo, el Programa de Educación por el Trabajo para la Salud (PET-Saúde) está compuesto por preceptores (profesionales que trabajan en los servicios del Sistema Único de Salud - SUS), grupos de estudiantes bajo la tutoría de un docente, organizados a partir de cursos de grado de las instituciones de enseñanza superior

del país, y orientados por el principio de la inseparabilidad entre enseñanza, investigación y extensión; y en esta edición tiene una duración de 2 años iniciando en mayo de 2024 y finalizando en mayo de 2026 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024)

Dentro de los variados equipos de trabajo a nivel nacional, formo parte del grupo de trabajo Salud Mental de las trabajadoras del SUS en Foz do Iguazú, ejecutado por la Universidad Federal para la Integración Latino-américa (UNILA) de la mano con la Secretaria municipal de salud, las carreras contempladas dentro de este equipo son aquellas que hacen parte de las ciencias de la vida, ciencias humanas y ciencias sociales aplicadas, con la intención de construir un colectivo diverso para que las acciones de investigación e intervención cuenten con un enfoque multidisciplinar.

En relación a lo anterior, Foz do Iguaçu está ubicada en la triple frontera entre Brasil, Paraguay y Argentina. El municipio ocupa un área de 609.192 km², con una población de 295,500 habitantes y una densidad demográfica de 468.51 km². (IBGE, 2023). Además, la trayectoria histórica de Foz do Iguaçu está marcada por la migración, la intervención estatal en el oeste de Paraná, el desarrollo de carreteras y la monumental construcción de la Central Hidroeléctrica de Itaipu.

A lo que se refiere a organización para el acceso a salud, el municipio de Foz do Iguaçu ha estructurado su sistema de salud para garantizar una gestión descentralizada y una atención integral a la población. Para ello, ha dividido su territorio en cinco distritos sanitarios, una estrategia que permite una distribución más eficiente de los servicios de salud y un enfoque más cercano a las necesidades de cada comunidad (SECRETARIA MUNICIPAL DE SALUD, 2023). Esta red se fundamenta en un total de 29 Unidades Básicas de Salud (UBS), que actúan como la puerta de entrada al sistema de salud público y ofrecen atención primaria. Además de las UBS, la red incluye servicios de urgencia, atención especializada y la gestión de importantes instituciones como el Hospital Municipal Padre Germano Lauck, consolidando un modelo de atención integral que abarca desde la prevención hasta la alta complejidad (SECRETARIA MUNICIPAL DE SALUD, 2023).

Objetivos

(a) Reconocer los factores que promueven el sufrimiento mental en las trabajadoras del SUS y los factores de protección.

(b) Identificar y promover las prácticas integrativas complementarias para minimizar los factores de estrés derivados del trabajo en el sector salud.

(c) Desarrollar acciones de promoción de la salud mental en los servicios de salud con el objetivo de prevenir la depresión, la ansiedad, el burnout y otros trastornos mentales.

Materiales y Métodos

La metodología es un componente clave para la construcción, implementación, resultados y evaluación de un proceso. Para ellos, la metodología se refiere al conjunto de procedimientos y técnicas que se utilizan para evaluar un proyecto una vez que está en marcha o ha finalizado. En este sentido, no es la metodología que define cómo se ejecuta el proyecto, sino el enfoque y las herramientas que se emplean para medir su eficacia, eficiencia e impacto. (COHEN, 2000)

Hasta el momento de esta presentación, las actividades se han desarrollado de la siguiente manera: Tuvimos una primera reunión presencial en las instalaciones de la UNILA, en el campus Jardín Universitario, para conocer en mayor profundidad los objetivos del proyecto, a nuestro profesor coordinador del grupo de trabajo, tutores y demás compañeros. Tras este primer encuentro, hemos sostenido reuniones remotas en los días miércoles de cada semana, donde se han pautado la ejecución de diversas actividades que se organizaron de la siguiente manera:

Fase I: Levantamiento de datos mediante investigación bibliográfica sobre conocimientos producidos con relación a las trabajadoras de la salud y su salud mental; posteriormente, se seleccionaron estudios nacionales e internacionales de interés y se socializaron con el grupo

Fase II: Ejecución de visitas institucionales a las UBS de los diferentes distritos de la ciudad de Foz do Iguazú para conocer el número exacto de trabajadoras en las unidades básicas de salud del municipio. Estas visitas han sido de ayuda para recolectar datos relacionados con la cantidad de mujeres que trabajan en cada distrito, mediante entrevistas con las gerentes de cada unidad, así como para obtener un relato sobre la realidad de la salud mental de las trabajadoras en cada una de las unidades de salud de Foz do Iguazú.

Fase III: Elaborar, aplicar, recolectar y analizar resultados con base a un instrumento de investigación para evaluar la salud mental de las trabajadoras y determinar si han sido víctimas de violencia; la recolección de datos del estudio se realizó entre los meses de noviembre de 2024 y febrero de 2025. Asimismo, la aplicación del instrumento se llevó a cabo en la ciudad de Foz do Iguazú, PR, que está dividida en cinco Distritos Sanitarios (Norte, Sur, Este, Oeste y Noreste) con capacidades

instaladas distintas, con el objetivo de atender las especificidades de cada área. Nos enfocamos en una población total de 750 mujeres profesionales que trabajan en las Unidades Básicas de Salud (UBS) en todos los distritos sanitarios de Foz do Iguazú. La población objetivo es amplia y diversa, incluyendo a profesionales de la salud como médicas, enfermeras, odontólogas, agentes comunitarios de salud y psicólogas, así como a personal de apoyo como gerentes, recepcionistas y personal de servicios generales.

Para asegurar la pertinencia de los datos, se han establecido criterios claros de inclusión y exclusión. Se incluirán en el estudio todas las mujeres que se desempeñen en las profesiones mencionadas, que trabajen en una UBS de la ciudad, y que tengan más de un año de antigüedad en el servicio sin estar de licencia o de vacaciones durante la recolección de datos. La participación, en todos los casos, será voluntaria y requerirá el consentimiento informado. Por otro lado, se excluirán del estudio a las profesionales que no cumplan con los criterios de inclusión, a aquellas que no acepten participar y, de manera específica, a todos los profesionales de sexo masculino. Este enfoque metodológico busca delimitar la muestra de manera precisa para lograr resultados representativos y consistentes.

En ese sentido, los datos se recolectarán a través de Google Forms, una plataforma digital gratuita que permite la creación de pruebas y encuestas en línea, así como su envío a personas específicas. Para ello, se utilizarán los siguientes cuestionarios e instrumentos: (a) Cuestionario de características sociodemográficas y profesionales, elaborado por los participantes de los grupos de salud mental y violencia de género dentro de PET- Saúde e Equidade UNILA, con el objetivo de recolectar información sobre las características personales y profesionales de las trabajadoras de la salud, para caracterizarlas; (b) Self-Reporting Questionnaire (SRQ-20; Harding et al., 1980), un instrumento desarrollado por la Organización Mundial de la Salud para detectar trastornos mentales comunes en servicios de atención primaria. La versión brasileña del instrumento cuenta con 20 preguntas indicativas de trastornos no psicóticos. Las opciones de respuesta son "sí" o "no" y cada respuesta positiva equivale a un punto, pudiendo el puntaje total variar de 0 a 20 puntos; (c) el Inventario de Burnout de Maslach (MBI), un cuestionario autoaplicable compuesto por 22 ítems con una escala Likert con puntuación entre 1 y 6, traducido y adaptado para Brasil por Lautert (1995), que evalúa cómo el trabajador vive su trabajo, de acuerdo con tres dimensiones

conceptuales: agotamiento emocional, realización profesional y despersonalización; (d) el cuestionario Survey Questionnaire Workplace Violence in the Health Sector, propuesto por la Organización Mundial de la Salud, la Organización Internacional del Trabajo, el Servicio Público y el Consejo Internacional de Enfermería (DI MARTINO, 2002), traducido y adaptado a la lengua portuguesa por Palacios et al. (2008), con adaptaciones para el escenario de investigación actual. Este cuestionario tiene 29 preguntas y aborda datos generales, sociodemográficos, laborales, la ocurrencia de violencia física y psicológica (agresión verbal, acoso moral, acoso sexual y discriminación racial) en los últimos 12 meses, contemplando características de la agresión, del perpetrador y de la víctima.

El formulario de Google Forms se dividirá en 2 partes: la primera parte es el TCLE (Consentimiento Informado); la segunda, los cuestionarios en sí, descritos anteriormente. Se puede acceder a todo el instrumento de recolección de datos haciendo clic en el siguiente enlace: <https://forms.gle/f6Pptt7EWvwtRwSB8>. Al final, los datos obtenidos serán tabulados por los propios investigadores con la ayuda de Microsoft Windows Excel y se realizarán análisis de estadística descriptiva.

En lo que se refiere a procedimiento de recolección de datos; inicialmente, los cuestionarios se construirán en la plataforma google forms® y, al finalizar su construcción, el proyecto será organizado y sometido al comité de ética en investigación (cep). Después de su aprobación por el cep, se reclutará a los profesionales. En ese momento, se les proporcionará información sobre la investigación, sus principales objetivos y metas. Posteriormente, se les invitará a leer el término de consentimiento libre e informado (apéndice a) y, si lo aceptan, se les dirigirá a la página donde está disponible el cuestionario (<https://forms.gle/f6ppt7ewwtrwsb8>). Se destaca que la plataforma del cuestionario en línea no permite que sea respondido dos veces por la misma persona. Es decir, después de enviar las respuestas, estas pueden ser editadas, pero el sujeto no podrá enviar respuestas duplicadas.

Además, el participante solo accederá a la segunda etapa del formulario si acepta participar en la investigación mediante la firma del tcle. Después de la aplicación de los cuestionarios, los datos serán descargados por los investigadores y posteriormente eliminados de la nube, en el formulario electrónico. Las respuestas serán analizadas para la confirmación o descalificación de las hipótesis

elaboradas, además de analizar los datos de las respuestas de los voluntarios, buscan cuantificar los componentes del cuestionario. Al final de la investigación, los resultados se presentarán a la secretaría municipal de salud para solicitar el apoyo para implementación de las acciones interventivas con las trabajadoras del sistema.

Finalmente, en relación a los Aspectos Éticos para la generación de datos, la investigación será anónima y voluntaria, con el previo consentimiento de la Secretaría Municipal de Salud. Cada participante tendrá la posibilidad de retirarse cuando lo considere oportuno. Se destaca el carácter anónimo del estudio y la confidencialidad, así como que la participación no tendrá ningún costo ni recibirá ninguna ventaja financiera. El Término de Consentimiento Libre e Informado (TCLE), que estará contenido en la primera parte del cuestionario, permitirá el consentimiento digital del sujeto para participar en la investigación. Además, es importante destacar que la investigación, realizada a través de un formulario electrónico, sigue íntegramente las instrucciones de la Carta Circular n° 1/2021- CONEP/SECNS/MS. Finalmente, es necesario señalar que los datos obtenidos se utilizarán exclusivamente con fines científicos, asegurando su confidencialidad y el anonimato de los sujetos participantes de la investigación,

según las normas de la Resolución 466/2012 CNS/MS y sus complementarias.

Fase IV: En este punto, junto con el apoyo de los profesores vinculados al proyecto, gestionamos un banco de datos, donde desglosamos detalladamente los ítems de respuesta en variables, posterior a esto, fueron sistematizados en tablas, considerando los hallazgos más relevantes para la investigación, con lo que procedo a escoger las 10 categorías que considero más interesantes para exponer en este trabajo, bajo criterio intencional.

Fase V: En este momento nos encontramos en la construcción de esta fase, generando ideas para realizar campañas de difusión de la investigación, así como acciones de intervención para atender los resultados obtenidos en el análisis de datos, las acciones van desde oficinas de relajación a actualización de protocolos para atención y reporte de violencia en el ambiente laboral o deterioro de la salud mental, así como también folletos educativos al respecto.

Resultados y Discusión

Podemos mencionar los siguientes resultados cualitativos: la aproximación a las UBS para dar a conocer el programa PET-Saúde Equidade, el aumento del conocimiento en relación con las

situaciones de las trabajadoras del SUS de la ciudad, la obtención de información sobre cómo se desarrolla una pesquisa y cómo funciona un comité de ética, y la comprensión de las dificultades que enfrentan las trabajadoras del Sistema Único de Salud en la ciudad. Considerando el desarrollo del grupo de trabajo y los resultados antes mencionados, formar parte de este proyecto ha sido de gran enriquecimiento mi como estudiante de trabajo social, ya que he podido comprender con más herramientas cómo funcionan las instituciones en Brasil, en particular las instituciones de salud, y los retos que enfrentan los trabajadores del SUS.

Enseguida, los resultados cuantitativos como respuesta al análisis de los datos obtenidos tenemos que de una muestra de 330 personas, se observó que la mayoría se identifica como de raza blanca (55.8%) o parda (36.1%), conformando un 91.9% del total. La muestra tiene un alto nivel educativo, con el 41.6% de los encuestados con educación superior y el 39.4% con educación media. Es importante señalar que la representación de la población negra es muy pequeña, constituyendo apenas el 6.7% de la muestra total, lo que demuestra su baja incidencia en los datos recopilados.

En relación con la salud mental, los resultados indican un patrón preocupante. Más de la mitad de la muestra reporta sentir cansancio constante (52.7%) y dormir mal (51.5%). Además, un 60.3% utiliza algún tipo de medicación. A pesar de que la mayoría no reporta un diagnóstico de depresión (84.5%), un 15.5% sí convive con esta condición. Es crucial destacar que un 7.9% de las encuestadas ha tenido ideaciones suicidas, lo que resalta la urgencia de abordar el bienestar psicológico en esta población.

Finalmente, los datos sobre el entorno laboral también son alarmantes, ya que más de la mitad de los participantes (50.3%) reportó haber sufrido agresión verbal en su lugar de trabajo en los últimos 12 meses. Esta situación parece estar directamente relacionada con el riesgo de síndrome de burnout, ya que el 61.8% de la muestra se encuentra en una situación de riesgo moderado o alto, lo que evidencia que la exposición a factores estresantes en el trabajo es un problema significativo y extendido en la población estudiada.

Conclusiones

Los hallazgos de este estudio demuestran una clara conexión entre las condiciones laborales de las trabajadoras del SUS en Foz do Iguaçu y su bienestar mental. A partir de los resultados

obtenidos, se puede concluir lo siguiente en relación con los objetivos planteados:

(a) Reconocer los factores que promueven el sufrimiento mental en las trabajadoras del SUS y los factores de protección: la investigación identificó varios factores de riesgo significativos que promueven el sufrimiento mental. Los datos muestran una alta prevalencia de cansancio constante (52.7%) y dificultad para dormir (51.5%). Además, se encontró una correlación directa entre estas condiciones y el entorno laboral, donde más de la mitad de las participantes (50.3%) reportó haber sufrido agresión verbal.

El impacto de estos factores se refleja en el alto riesgo de burnout, con un 61.8% de la muestra en niveles moderados o altos. Esto, a su vez, se vincula con la salud mental, ya que un 15.5% de las encuestadas convive con la depresión, y un preocupante 7.9% ha tenido ideaciones suicidas. Esto demuestra que la falta de protocolos de protección adecuados y la exposición a la violencia laboral son factores críticos que afectan negativamente el bienestar mental de las trabajadoras.

Si bien el estudio identifica estos factores de riesgo, no proporciona datos suficientes para concluir sobre los factores de protección. Para eso, se requeriría un análisis más profundo de otras variables

no presentadas en el resumen, como el acceso a apoyo social, recursos de la institución o prácticas de cuidado personal.

(b) Identificar y promover las prácticas integrativas y complementarias para minimizar los factores de estrés derivados del trabajo en el sector salud: El proyecto, aunque no evalúa directamente la efectividad de estas prácticas, se sitúa en un contexto de alta demanda de ellas. Los resultados sobre el cansancio constante, los trastornos del sueño y el alto riesgo de burnout justifican la implementación de acciones para minimizar el estrés. La investigación, al evidenciar la magnitud del problema, sirve como una base sólida para proponer y justificar el desarrollo de prácticas integrativas, como talleres de relajación o manejo del estrés. El hecho de que la mayoría de la muestra tenga un alto nivel educativo (41.6% con educación superior) sugiere que pueden ser receptivas a la información y participación en este tipo de actividades, facilitando su adopción.

(c) Desarrollar acciones de promoción de la salud mental en los servicios de salud con el objetivo de prevenir la depresión, la ansiedad, el burnout y otros trastornos mentales: Los resultados cuantitativos y cualitativos confirman la necesidad urgente de desarrollar acciones preventivas. La alta

prevalencia de agresión verbal, cansancio, trastornos del sueño y el riesgo elevado de burnout en las trabajadoras del SUS demuestran que es indispensable intervenir para prevenir trastornos más graves como la depresión y la ansiedad. El equipo de investigación, al reconocer estos hallazgos, ha propuesto la implementación de campañas de difusión, talleres de relajación y la actualización de protocolos para el reporte de violencia laboral. Estas acciones se alinean con los objetivos del proyecto y con las normativas brasileñas para la valorización de los trabajadores del SUS, demostrando el compromiso del grupo con la promoción de la salud mental y la justicia social en este sector.

Bibliografía

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal. Art. 196.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS nº 230, de 7 de março de 2023**. Institui o Programa Nacional de Equidade de Gênero, Raça e Valorização das Trabalhadoras no Sistema Único de Saúde – SUS. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ed. 46, p. 107, 8 mar. 2023. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. **O que é o SUS?** 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa de Educação pelo Trabalho para a Saúde (PET-Saúde)**. 2024.

COHEN, E.; FRANCO, R. **Avaliação de projetos sociais**. Petrópolis: Vozes, 2000.

DI MARTINO, V. **Workplace violence in the health sector. Country case studies. Brazil, Bulgaria, Lebanon, Portugal, South Africa, Thailand and an additional Australian study**. Geneva: International Labour Office (OIT), International Council of Nurses (CNI), World Health Organization (WHO), and Public Services International (PSI), 2002.

FOZ DO IGUAÇU (Município). Secretaria Municipal de Saúde. **Secretaria Municipal de Saúde**. 2023.

HARDING, T. W. et al. **Mental disorders in primary health care: a study of their frequency and diagnosis in four developing countries**. Psychological Medicine, v. 10, n. 2, p. 231-241, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama do município de Foz do Iguaçu**. 2023.

LAUTERT, L. **O desgaste profissional do enfermeiro**. 1995. Tese (Doutorado em

Psicologia) - Facultad de Psicología, Universidade Pontificia de Salamanca, Salamanca, 1995.

PALÁCIOS, M. et al. **Violência no setor saúde: um estudo epidemiológico**. In: SOBOLL, L. A. (Org.). Violência psicológica no trabalho e assédio moral: pesquisas brasileiras. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2008. p. 167-270.

Agradecimientos y financiamientos

Agradecimiento especial a los tutores de la UNILA y a los preceptores de la Secretaría Municipal de Salud de Foz do Iguaçu, así como a los servidores de esta secretaría por el apoyo en la ejecución de las actividades del Proyecto PET-Saúde equidade: UNILA e secretaria de saúde de Foz do Iguaçu-PR. Agradecimiento también a PROGRAD/UNILA por la ejecución del proyecto en el ámbito de la UNILA y al Ministerio de Salud, a través de la Secretaría de Gestión del Trabajo y de la Educación en Salud (SGTES), por el desarrollo del proyecto y la financiación de los estudiantes, tutores académicos, preceptores de campo y coordinadora mediante becas (SGTES/MS nº 11/ 2023

39.- Salud Humana

Evaluación de los carbohidratos en fórmulas infantiles y su potencial cariogénico en la desmineralización del esmalte

Autor: de Assuncao Costa, Barbara J.; barbaraassuncao@outlook.com

Co-autor(es): Gabriel Cicalese Bevilaqua; g215654@dac.unicamp.br

Marcus Bruno Soares Forte; forte@unicamp.br Jaime Aparecido Cury; jcury@unicamp.br

Orientador/a: Ricomini-Filho, Antonio Pedro; pedroricomini@gmail.com

Universidad Estatal de Campinas / Facultad de Odontología de Piracicaba /

Departamento de Biociencias

Resumen

Las fórmulas infantiles pueden contener lactosa, maltodextrinas o una mezcla de estos carbohidratos, los cuales pueden ser fermentados por el biofilm, provocando la desmineralización del esmalte. Además, la adición de sacarosa puede intensificar este efecto. Se evaluaron tres fórmulas infantiles: Nan-2® (N2; lactosa), Nan-Soya® (NS; maltodextrina) y Nestogeno® (NT; lactosa + maltodextrina). La composición de carbohidratos de las fórmulas fue analizada mediante HPLC (detector de índice de refracción y columna Bio-Rad Aminex HPX-87H). Biofilms de *Streptococcus mutans* UA159 fueron formados sobre esmalte bovino con dureza superficial (DS) conocida. Las fórmulas fueron preparadas en agua o en solución con 10% de sacarosa. Los controles fueron agua (negativo) y sacarosa al 10% (positivo). Los biofilms fueron expuestos a los tratamientos 8 veces al día durante 3 minutos, por 96 horas. Al final, se calcularon y analizaron los valores de porcentaje de pérdida de dureza superficial (%PDS), biomasa y polisacáridos extracelulares mediante ANOVA de dos vías y prueba de Tukey ($\alpha = 5\%$). Los datos de HPLC (g/100 g) confirmaron la presencia de lactosa (52,9) en N2, maltodextrina (48,3) en NS, y una mezcla de lactosa (39,1) y maltodextrina (17,1) en NT. En ausencia de sacarosa, todas las fórmulas presentaron mayor %PDS en comparación con el control negativo, pero menor que el control positivo ($p < 0,05$). Con sacarosa, NS presentó desmineralización similar al control positivo y mayor que las demás fórmulas ($p < 0,05$). NS también presentó mayor biomasa y polisacáridos extracelulares ($p < 0,05$). Se concluye que las fórmulas poseen potencial cariogénico, el cual se ve intensificado por la adición de sacarosa, especialmente en presencia de maltodextrinas.

Palabras clave: Carbohidratos de la Dieta, Caries Dental, Sacarosa

Introducción

Las fórmulas infantiles han sido ampliamente comercializadas para su uso en la alimentación de lactantes (Rollins et al., 2016). A pesar de las recomendaciones de priorizar la lactancia materna exclusiva hasta los seis meses de edad (OMS, 2005), se observa que las fórmulas infantiles son frecuentemente introducidas incluso durante este período (Azad et al., 2021). Además, las fórmulas infantiles presentan una composición diseñada para imitar la leche materna; sin embargo, los componentes que las integran difieren de los presentes en la leche humana (Brasil, 2014). Más allá de los nutrientes esenciales, las fórmulas infantiles pueden contener diferentes carbohidratos en su composición, los cuales pueden contribuir al desarrollo de caries dental en la primera infancia (de Mazer Papa et al., 2010; Stephen et al., 2012). Entre los carbohidratos presentes, las fórmulas pueden incluir únicamente lactosa, únicamente maltodextrina, o una mezcla de lactosa y maltodextrina (Bridge et al., 2019). Estos carbohidratos son metabolizados a ácidos por bacterias del biofilm dental, lo que favorece la desmineralización dentaria (Birkhed et al., 1983; de Mazer Papa et al., 2010; Rezende y Hashizume, 2018). Estudios **in vitro**, **in situ** e **in vivo** han demostrado que gran parte de las fórmulas infantiles son

acidogénicas (Sheikh y Erickson, 1996; Erickson et al., 1998; Danchaivijitr et al., 2006; de Mazer Papa et al., 2010; Raju et al., 2018; Koh et al., 2021), y que su potencial acidogénico depende de los carbohidratos presentes en su composición o, en algunos casos, de la adición de azúcares durante su preparación. La lactosa es un disacárido compuesto por galactosa y glucosa, fermentado por bacterias presentes en el biofilm dental. La fermentación de la lactosa ocurre más lentamente en comparación con la de la glucosa, fructosa y sacarosa, lo que resulta en una menor producción de ácidos y descensos de pH menos pronunciados (Birkhed et al., 1983; Zeng et al., 2010). Por otro lado, la maltodextrina es un oligosacárido formado por 3 a 17 unidades de glucosa unidas mediante enlaces glicosídicos $\alpha(1\rightarrow4)$. En la cavidad oral, la maltodextrina es hidrolizada principalmente por la amilasa salival, liberando monómeros de maltosa y glucosa que son posteriormente fermentados por las bacterias del biofilm (Rezende et al., 2017). Aunque los productos de la hidrólisis de la maltodextrina son fermentados más rápidamente que la lactosa, estos se liberan de manera gradual. Moynihan et al. (1996) reportaron un patrón similar de caída de pH en biofilms expuestos a fórmulas que contenían únicamente

lactosa o maltodextrina. No obstante, de Mazer Papa et al. (2010) observaron que la exposición frecuente del biofilm a fórmulas con maltodextrina exclusiva mostró una mayor tendencia a la desmineralización del esmalte en comparación con las fórmulas que contenían lactosa. Además de los carbohidratos intrínsecos de las fórmulas, la adición de sacarosa por parte de padres y cuidadores durante la preparación (Feldens et al., 2021) altera drásticamente el potencial cariogénico del biofilm. La sacarosa, además de ser un carbohidrato rápidamente fermentado por las bacterias, es el único sustrato que permite la síntesis de polisacáridos extracelulares (PEC) (Paes Leme et al., 2006). La producción de glucanos insolubles por las glucosiltransferasas bacterianas favorece la adhesión bacteriana y modifica la matriz del biofilm dental, aumentando su cariogenicidad (Cury et al., 2000). Asimismo, la combinación de sacarosa con maltodextrina puede facilitar que los fragmentos derivados de la hidrólisis de la maltodextrina actúen como aceptores en la formación de glucanos, lo que incrementaría la producción de PEC y el potencial cariogénico del biofilm (Bowen y Koo, 2011). En consecuencia, no existe consenso sobre el potencial cariogénico de las fórmulas infantiles que contienen únicamente lactosa, únicamente maltodextrina o una mezcla de ambos carbohidratos. Además, se conoce poco

acerca del impacto de la adición de sacarosa en las fórmulas y las modificaciones resultantes en el biofilm y en la desmineralización dentaria. De este modo, la utilización de un estudio **in vitro** empleando un modelo de biofilm cariogénico, con control de los factores en análisis, resulta necesaria para evaluar los efectos de los distintos tipos de fórmulas — con y sin adición de sacarosa— en la desmineralización del esmalte, así como en la composición y estructura del biofilm formado.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial cariogénico de fórmulas infantiles con y sin adición de sacarosa, así como su efecto en la desmineralización del esmalte y en el biofilm dental formado.

Materiales y métodos

Aprobación del Comité de Ética

La saliva humana utilizada en los experimentos fue recolectada de voluntarios, quienes firmaron un consentimiento informado aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la FOP/UNICAMP (CAAE: 55215322.2.0000.5418). Los participantes no habían consumido antibióticos, antifúngicos, antisépticos bucales ni medicamentos que alteraran el flujo salival en los tres meses previos. Las muestras fueron procesadas por el investigador con equipo de protección personal. La saliva se empleó para la formación de la película

adquirida y para mimetizar la actividad de la amilasa salival en el modelo de biofilm.

Diseño experimental

Se realizó un estudio experimental in vitro (Fig. 1), ciego, para evaluar el potencial cariogénico de fórmulas infantiles con y sin adición de sacarosa, utilizando un modelo de biofilm cariogénico validado (Amaechi et al., 2019). Inicialmente, se determinó el perfil de carbohidratos presentes en las fórmulas mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Posteriormente, bloques de esmalte bovino (4×7×1 mm) con dureza de superficie conocida fueron recubiertos con película adquirida en saliva humana y expuestos al biofilm de *Streptococcus mutans* UA159 cultivado en UTYEB con 0,1 mM de glucosa. Los biofilms fueron expuestos 8 veces/día a uno de los 8 tratamientos (n=9): agua (control negativo), sacarosa 10% (control positivo) y fórmulas a base de lactosa (8%), maltodextrina (7,2%) o mezcla de lactosa+maltodextrina (6,2%+2,1%), con o sin adición de sacarosa 10%. El medio se renovó diariamente, registrando el pH en cada cambio. Tras 96 h, los biofilms fueron recolectados y se evaluaron: pérdida de dureza de superficie (%PDS), pH, células viables, biomasa y polisacáridos extracelulares (solubles e insolubles). Los experimentos se realizaron por triplicado y los resultados fueron analizados mediante un diseño factorial (4×2).

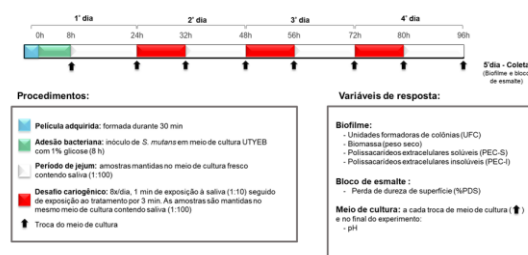


Figura 1. Diseño experimental in vitro. Etapas de la formación de la biopelícula hasta su recolección para análisis.

Determinación de carbohidratos

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Metabólica y Bioprocesos de la Facultad de Ingeniería de Alimentos de la Unicamp, en Campinas - SP. Para determinar los carbohidratos presentes en los suplementos alimentarios en polvo, se utilizó un sistema de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) (Thermo Fisher Scientific Inc., Accela, Estados Unidos) equipado con un detector de índice de refracción (Thermo Fisher Scientific Inc., Accela, Estados Unidos). Los componentes fueron separados mediante elución en una columna Bio-Rad Aminex HPX-8H a 35 °C, utilizando una solución de H₂ SO₄ (pH 2,6) con un flujo de 0,6 mL min⁻¹. Para la inyección de los suplementos y estándares en el HPLC, se tomaron porciones representativas de las muestras (superficie, centro y laterales) de los envases, las cuales fueron sometidas a procesos de cuarteo hasta obtener cantidad suficiente de material para el análisis por triplicado.

Preparación de bloques de esmalte y evaluación de dureza

Los bloques de esmalte (4×7×1 mm) fueron obtenidos a partir de coronas de incisivos bovinos, según Ccahuana-Vásquez y Cury (2010). Las superficies fueron desgastadas y pulidas con lijas abrasivas de óxido de aluminio (granulaciones 400, 600 y 1200) y posteriormente con fieltro y pasta diamantada de 1 μm . La microdureza superficial fue determinada mediante microdurómetro (Future-Tech FM, Kawasaki, Japón), realizando tres indentaciones (50 g por 5 s, separadas 100 μm). Se excluyeron bloques con variabilidad >5%. Los bloques seleccionados fueron aleatorizados, distribuidos en los grupos experimentales, posicionados verticalmente en soportes metálicos y organizados en placas de 24 pozos para esterilización con óxido de etileno antes de la formación del biofilm (Fernández et al., 2016).

Tratamientos: fórmulas infantiles y control

Las fórmulas infantiles se prepararon diariamente de acuerdo con las indicaciones descritas en los envases, utilizando 90 mL de agua para 3 medidas de la fórmula. Las fórmulas infantiles de transición están recomendadas para bebés a partir de los 6 meses de edad y, según la información del fabricante, contienen como principal fuente de carbohidratos: lactosa (Nan Supreme 2, Nestlé®) con una

concentración de 8,0%; maltodextrina (Nan Soja, Nestlé®) con una concentración de 7,2%; y una mezcla de lactosa y maltodextrina (Nestogeno, Nestlé®) con concentraciones de 6,2% y 2,1%, respectivamente (Anexos). El agua purificada y la solución de sacarosa al 10% fueron esterilizadas en autoclave a 121 °C, 1 atm durante 15 min. Las fórmulas se prepararon en ambiente aséptico, resuspendiendo el contenido en agua purificada o en solución de sacarosa previamente esterilizadas.

Recolección y preparación de la saliva

La saliva estimulada se obtuvo de seis voluntarios sanos (24–31 años) mediante masticación de parafina y fue centrifugada (3.800 g, 10 min, 4 °C) y filtrada (PES 0,22 μm). La actividad amilolítica se evaluó con la prueba de lugol, seleccionándose un voluntario para la recolección diaria. La saliva clarificada fue congelada en alícuotas de 1 mL y posteriormente utilizada en tres etapas: (i) formación de la película adquirida en bloques de esmalte, (ii) pretratamiento de los biofilms y (iii) suplementación del medio de cultivo.

Formación de biofilm

El biofilm de *Streptococcus mutans* UA159 (Ajdic et al., 2002) se formó sobre bloques de esmalte posicionados verticalmente en placas de 24 pocillos. *S. mutans* fue reactivado a partir de cultivos en stock almacenados a -80 °C. El microorganismo se reactivó en placas de agar THB (Todd

Hewitt Broth) e incubado a 37 °C, 10% de CO₂, durante 48 h. Las colonias fueron transferidas a caldo de triptona y extracto de levadura ultrafiltrado (UTYEB) suplementado con 1% de glucosa e incubadas a 37 °C, 10% de CO₂, por 18 h (Ccahuana-Vasquez y Cury, 2010). Las células fueron centrifugadas, lavadas con NaCl al 0,9% y resuspendidas en medio UTYEB. La suspensión celular se estandarizó en espectrofotómetro a una densidad óptica de $1,6 \pm 0,5$ (600 nm) y se inocularon 100 µL en 50 mL de UTYEB con 1% de glucosa para obtener el inóculo bacteriano. Este inóculo fue utilizado para la formación de biofilms. Previo a la formación del biofilm sobre los especímenes de esmalte, los bloques fueron inmersos en saliva humana filtrada e incubados a 37 °C durante 30 min para la formación de la película adquirida. Posteriormente, los bloques se colocaron en nuevas placas de 24 pocillos, cada uno con 2,0 mL del inóculo bacteriano descrito. Durante la fase de adhesión, se utilizó UTYEB fuertemente tamponado (10 veces mayor concentración de fosfato que la usual) para evitar la caída del pH y la desmineralización del esmalte en esta etapa. Las placas se incubaron a 37 °C, 10% CO₂, por 8 h para permitir la adhesión inicial.

Después de este período, los especímenes se transfirieron a nuevo caldo UTYEB con 0,1 mM de glucosa (concentración basal en

saliva) y 1% de saliva, e incubados a 37 °C, 10% CO₂, por 18 h. Tras esta fase de formación inicial, los especímenes se colocaron nuevamente en UTYEB con 0,1 mM de glucosa y 1% de saliva. El biofilm fue sometido a episodios de “abundancia y escasez”, consistentes en ocho exposiciones diarias a uno de los tratamientos durante 3 min en horarios preestablecidos (08:00, 09:30, 11:00, 12:30, 14:00, 16:00, 17:00 y 18:30). Antes de cada exposición, los biofilms se sumergieron en saliva (1:10) por 1 min y posteriormente se aplicaron los respectivos tratamientos (Botelho et al., 2016). El medio de cultivo se renovó al inicio de la mañana, tras el primer tratamiento, y al final de la tarde, después del último. El pH del medio se midió en ambos momentos. El biofilm se desarrolló durante 96 h, completando 5 días de experimento. Los biofilms se recolectaron en solución de NaCl al 0,9%, siendo sonicados a una potencia de 7 watts por 30 s (Aires et al., 2008; Ccahuana-Vasquez y Cury, 2010). Las suspensiones obtenidas se utilizaron para análisis de cuantificación de microorganismos viables, biomasa y cuantificación de polisacáridos extracelulares solubles e insolubles. Los bloques de esmalte fueron retirados y limpiados para su posterior análisis de desmineralización.

Acidogenicidad del biofilm

El pH del medio se evaluó dos veces al día en cada recambio del medio de cultivo como indicador de la acidogenicidad del biofilm. El medio de cultivo se reemplazó antes de la primera y después de la última exposición a los tratamientos (Botelho et al., 2016). La medición del pH se realizó en placas de 24 pocillos utilizando un electrodo de pH (Orion UltraCombination pH Electrode, Thermo Scientific) conectado a un medidor de iones selectivos (Orion 720A, Thermo Scientific), previamente calibrado con patrones de pH 4,0 y 7,0.

Cuantificación de microorganismos en medio de cultivo Las suspensiones de biofilm fueron diluidas en serie (hasta $1:10^6$) y 20 μ L de cada dilución se sembraron por duplicado en medio de cultivo agar THB. Las placas se incubaron a 37 °C, 10% de CO₂, durante 48 h. El recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) se realizó con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Tenuta et al., 2006; Ccahuana-Vasquez y Cury, 2010).

Porcentaje de pérdida de dureza superficial (%PDS)

Tras la remoción del biofilm en solución de NaCl al 0,9%, los bloques de esmalte fueron lavados con agua purificada y nuevamente sometidos a medición de microdureza superficial. El porcentaje de pérdida de dureza superficial (%PDS) se

calculó mediante la fórmula descrita por Ccahuana-Vásquez y Cury (2010).

%PDS = dureza de superficie inicial – dureza de superficie final / dureza de superficie inicial x 100

Cuantificación de polisacáridos extracelulares (PEC) Una alícuota de 400 μ L de la suspensión de biofilm sonificado fue centrifugada (10.000 g, 4 °C, 5 min) (Aires et al., 2008). El sobrenadante, correspondiente a polisacáridos extracelulares solubles (PEC-S), se recogió y precipitó con etanol frío (3 volúmenes). El pellet fue tratado con NaOH 1 M para extraer los polisacáridos extracelulares insolubles (PEC-I) (Cury et al., 1997), que también fueron precipitados con etanol frío. Las muestras de PEC-S y PEC-I se mantuvieron a –20 °C por 30 min, centrifugadas y lavadas dos veces con etanol al 70%. Los precipitados se resuspendieron en 220 μ L de NaOH 1 M, y los carbohidratos totales fueron determinados mediante el método fenol-ácido sulfúrico, utilizando glucosa como estándar (Aires et al., 2008).

Cuantificación del peso seco del biofilm

En tubos de microcentrífuga previamente pesados, se adicionaron 400 μ L de la suspensión de biofilm y tres volúmenes de etanol frío. Tras centrifugación (10.000 g, 4 °C, 10 min), los pellets fueron lavados dos veces con etanol al 70%, deshidratados y

pesados. El peso seco se determinó por la diferencia entre el peso final y el inicial del tubo (Ccahuana-Vásquez y Cury, 2010).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SAS (SAS Institute Inc., versión 8.01) con un nivel de significancia del 5%. Se verificaron las suposiciones de homogeneidad de varianzas y normalidad de los errores para todas las variables de respuesta. Los datos se analizaron mediante ANOVA factorial de dos criterios: fórmula (4 niveles: agua, lactosa, maltodextrina y lactosa + maltodextrina) y sacarosa (2 niveles: sin o con), seguido de la prueba de Tukey para: porcentaje de pérdida de dureza superficial (%PDS), recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), biomasa y polisacáridos extracelulares solubles e insolubles. Los datos de pH se analizaron de manera descriptiva.

Resultados y discusión

Los datos de HPLC (g/100 g) confirmaron la presencia de lactosa (52,9) en Nan 2, maltodextrina (48,3) en Nan Soja y una mezcla de lactosa (39,1) y maltodextrina (17,1) en Nestogeno. Además, se detectaron maltosa, maltotriosa y glucosa en algunas de las fórmulas analizadas (Figura 2).

Figura 2. Evaluación de la concentración de carbohidratos presentes en fórmulas

infantiles (g/100g).

	Maltodextrina	Maltotriosa	Maltosa	Lactosa	Galactose	Glucosa
NAN 2	-	-	-	52,9	0,5	-
NESTOGENO	17,1	2,9	-	39,0	0,6	1,3
NAN SOJA	48,2	4,7	4,8	-	-	1,1

Después del período de formación de los biofilms sobre los bloques de esmalte, se observó que la adición de sacarosa a los tratamientos aumentó la desmineralización (Tabla 1; $p < 0,05$). En ausencia de sacarosa, se verificó que la exposición a las fórmulas infantiles presentó valores de desmineralización similares entre sí ($p > 0,05$), pero diferentes del control negativo ($p < 0,05$). Por otro lado, en presencia de sacarosa, el grupo Nan Soja mostró un valor de desmineralización similar al control positivo ($p > 0,05$), siendo estos valores mayores que los de las fórmulas Nan 2 y Nestogeno ($p < 0,05$).

Tabla 1. Porcentaje de pérdida de dureza superficial (%PDS; media $\pm$ DE; $n = 9$) en bloques de esmalte según tratamientos de biofilm.

Tratamiento	Sem sacarosa	Com sacarosa
Água	0,6 $\pm$ 0,3 A,a	31,5 $\pm$ 9,2 B,a
Nan 2	5,0 $\pm$ 1,6 A,b	13,0 $\pm$ 9,9 B,b
Nestogeno	6,1 $\pm$ 1,7 A,b	16,9 $\pm$ 7,5 B,b
Nan Soja	5,6 $\pm$ 2,2 A,b	34,9 $\pm$ 13,6 B,a

Letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0,05$), las letras mayúsculas indican comparaciones en las filas (factor

sacarosa) y las letras minúsculas indican comparaciones en las columnas.

Con respecto a los datos de biomasa, se observó que la adición de sacarosa a los tratamientos provocó un aumento en el peso de los biofilms (Tabla 3; $p < 0,05$). En ausencia de sacarosa, la exposición a los tratamientos presentó valores de biomasa semejantes entre sí ($p > 0,05$). Sin embargo, en presencia de sacarosa, el grupo Nan Soja presentó un valor de biomasa significativamente mayor en comparación con los demás grupos ($p < 0,05$).

Es posible observar que los valores de pH del medio de cultivo (Figura 3) son más bajos después del período de tratamiento con las 8 exposiciones a lo largo del día, en los tiempos de 32, 56 y 80 horas. Las caídas se vuelven más pronunciadas a medida que el biofilm se va formando. La presencia de sacarosa tiende a provocar descensos más acentuados, en comparación con los tratamientos en ausencia de sacarosa. En presencia de sacarosa, el grupo Nan Soja presenta caídas de pH más pronunciadas después de los tratamientos diarios, en comparación con los grupos Nan 2, Nestógeno y el control positivo.

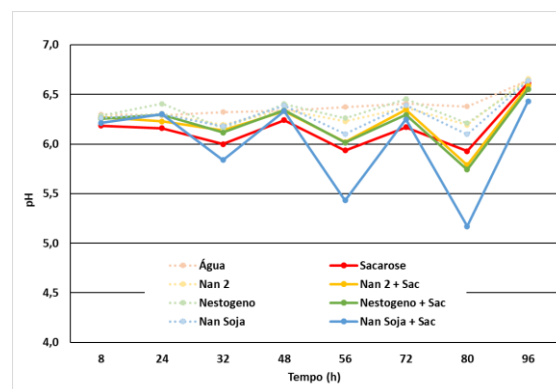


Figura 3. Valores de pH del medio de cultivo a lo largo del tiempo de formación del biofilm según tratamientos.

Los datos de células bacterianas viables (Tabla 2), obtenidos mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), evidenciaron que la adición de sacarosa a los tratamientos no alteró el recuento de células viables, siendo semejantes a los datos obtenidos en ausencia de sacarosa ($p > 0,05$). Además, no se observaron diferencias entre las fórmulas y los controles ($p > 0,05$).

Tabela 2. Recuento de células viables ($\text{Log}_{10}\text{UFC/biofilm}$; media $\pm$ DE; $n = 9$) en biofilms formados según tratamientos.

Tratamiento	Sem sacarosa	Com sacarosa
Água	$8,1 \pm 1,3$ A,a	$9,1 \pm 0,6$ A,a
Nan 2	$8,7 \pm 1,0$ A,a	$8,9 \pm 0,9$ A,a
Nestógeno	$8,7 \pm 0,9$ A,a	$8,9 \pm 0,3$ A,a
Nan Soja	$8,5 \pm 1,1$ A,a	$8,9 \pm 0,2$ A,a

Letras diferentes indican diferencia estadística ($p < 0,05$), las letras mayúsculas indican comparaciones en las filas (factor

sacarosa) y las letras minúsculas indican comparaciones en las columnas.

Los datos de células bacterianas viables (Tabla 3), obtenidos mediante el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), evidenciaron que la adición de sacarosa a los tratamientos no alteró el recuento de células viables, siendo semejantes a los datos obtenidos en ausencia de sacarosa ($p>0,05$). Además, no se observaron diferencias entre las fórmulas y los controles ($p>0,05$).

Tabela 3. Valores de biomasa (mg peso seco/biopelícula; media $\pm$ DE; $n = 9$) de las biopelículas formadas según tratamientos.

Tratamiento	Sem sacarosa	Com sacarosa
Água	0,4 $\pm$ 0,1 A,a	0,9 $\pm$ 0,2 B,a
Nan 2	0,8 $\pm$ 0,2 A,a	1,3 $\pm$ 0,2 B,a
Nestogeno	0,6 $\pm$ 0,1 A,a	1,1 $\pm$ 0,2 B,a
Nan Soja	0,8 $\pm$ 0,3 A,a	2,1 $\pm$ 0,6 B,b

Letras diferentes indican diferencia estadística ($p<0,05$), las letras mayúsculas indican comparaciones en las filas (factor sacarosa) y las letras minúsculas indican comparaciones en las columnas.

De manera similar, los datos de polisacáridos extracelulares insolubles (PEC-I) (Tabla 4) también muestran que la adición de sacarosa a los tratamientos favoreció una mayor síntesis de polisacáridos insolubles ($p<0,05$). En ausencia de sacarosa, la exposición a los

tratamientos presentó valores de PEC-I semejantes entre sí ($p>0,05$). Sin embargo, en presencia de sacarosa, el grupo Nan Soja presentó una mayor cantidad de PEC-I en comparación con los grupos Nan 2, Nestogeno y el control positivo ($p<0,05$).

Tabela 4. Cantidad de polisacáridos extracelulares insolubles (PEC-I; $\mu\text{g}/\text{biofilm}$; media $\pm$ DE; $n = 9$) en los biofilms formados según los tratamientos.

Tratamiento	Sem sacarosa	Com sacarosa
Água	29,8 $\pm$ 18,5 A,a	201,7 $\pm$ 42,1 B,a
Nan 2	33,5 $\pm$ 25,0 A,a	207,0 $\pm$ 44,4 B,a
Nestogeno	27,0 $\pm$ 22,6 A,a	197,7 $\pm$ 50,5 B,a
Nan Soja	29,1 $\pm$ 14,3 A,a	312,3 $\pm$ 65,8 B,b

Letras diferentes indican diferencia estadística ($p<0,05$), las letras mayúsculas indican comparaciones en las filas (factor sacarosa) y las letras minúsculas indican comparaciones en las columnas.

En el presente estudio, todas las fórmulas infantiles evaluadas (Nan Supreme 2, Nestogeno y Nan Soja) fueron capaces de provocar desmineralización del esmalte dental, incluso en ausencia de sacarosa (Tabla 1). Por lo tanto, el consumo frecuente de fórmulas infantiles presenta un potencial cariogénico, como se ha observado también en estudios animales (Bowen et al., 1997; Peres et al., 2002) e in situ (de Mazer Papa et al., 2010). Sin embargo, la adición de sacarosa a las

fórmulas aumentó significativamente su potencial cariogénico, como se ha demostrado previamente (de Mazer Papa et al., 2010).

Además, en el presente estudio, la fórmula Nan Soja, que contiene únicamente maltodextrinas como fuente de carbohidrato, provocó una desmineralización significativamente mayor cuando se combinó con sacarosa en comparación con los grupos Nan 2 y Nestogeno con sacarosa. La desmineralización observada puede explicarse por el potencial acidogénico de las fórmulas y los cambios en la matriz del biofilm dental en presencia de sacarosa, sin relación directa con el número de células viables en los biofilms (Tabla 2).

Las fórmulas presentan composiciones diferentes de carbohidratos, que son fermentados por las bacterias produciendo ácidos responsables de la desmineralización dental. El análisis mediante HPLC (g/100 g) confirmó que la fórmula Nan 2 contiene exclusivamente lactosa (52,9 g/100 g), la fórmula Nan Soja contiene únicamente maltodextrina (48,3 g/100 g) y la fórmula Nestogeno presenta una mezcla de lactosa (39,1 g/100 g) y maltodextrina (17,1 g/100 g). Además, en algunas fórmulas se detectaron maltosa, maltotriosa y glucosa, indicando la presencia de carbohidratos de cadena corta que pueden ser rápidamente metabolizados por las bacterias. En

particular, la fórmula Nan Soja presentó 4,8 g/100 g de maltosa, 4,7 g/100 g de maltotriosa y 1,1 g/100 g de glucosa, mientras que en Nestogeno se detectó 2,9 g/100 g de maltotriosa. La presencia de estos azúcares simples y oligómeros cortos refuerza la capacidad acidogénica de las fórmulas, ya que son rápidamente fermentados y pueden intensificar las caídas de pH, aumentando el riesgo de desmineralización dental en comparación con fórmulas que contienen exclusivamente lactosa o maltodextrinas de mayor tamaño molecular.

Tanto la lactosa como las maltodextrinas pueden ser fermentadas por las bacterias, lo que se evidenció al final de las 8 exposiciones diarias a los tratamientos (tiempos de 32, 56 y 80 h; Figura 2). La adición de sacarosa provocó caídas de pH más pronunciadas (tiempos de 32, 56 y 80 h; Figura 2). Sin embargo, la combinación de sacarosa con la fórmula Nan Soja generó caídas de pH aún mayores, lo que sugiere que el efecto observado no se debe únicamente a la fermentación de los carbohidratos, sino también a la alteración de la matriz del biofilm.

Los biofilms formados en presencia de sacarosa presentaron mayor biomasa que aquellos formados sin sacarosa (Tabla 3), debido a la síntesis de polisacáridos extracelulares insolubles (PEC-I; Tabla 5). La sacarosa se considera el carbohidrato más cariogénico de la dieta humana, ya

que además de ser rápidamente fermentada, sirve como sustrato para la síntesis de glucanos insolubles, alterando la composición y estructura de la matriz del biofilm (Paes Leme et al., 2006; Xiao et al., 2012). La formación de glucanos insolubles $\alpha(1\rightarrow3)$ favorece la acumulación del biofilm, permitiendo que los carbohidratos penetren en la matriz y que los ácidos permanezcan próximos a la superficie dental, aumentando la desmineralización (Xiao et al., 2012).

Entre los biofilms formados con sacarosa, solo el generado con Nan Soja presentó mayor biomasa en comparación con los demás, sugiriendo la formación de un biofilm diferenciado, más voluminoso y estructurado (Tabla 3). Este biofilm también presentó mayor cantidad de PEC-I (Tabla 5), posiblemente debido a que la fórmula contiene únicamente maltodextrinas. Estos polímeros de glucosa pueden ser fermentados por las bacterias, pero también sirven como aceptores para glucosiltransferasas en la síntesis de glucanos (Bowen et al., 2014), contribuyendo al aumento de la biomasa y la estructura del biofilm.

Por lo tanto, el análisis por HPLC refuerza que el tipo y la concentración de carbohidratos presentes en las fórmulas infantiles influyen directamente en el potencial cariogénico, siendo la combinación de maltodextrinas y sacarosa capaz de promover alteraciones

significativas en la matriz del biofilm y mayor desmineralización. Además, la detección de azúcares de cadena corta, como maltosa, maltotriosa y glucosa, en concentraciones relevantes en algunas fórmulas (Nan Soja: 4,8 g/100 g de maltosa, 4,7 g/100 g de maltotriosa y 1,1 g/100 g de glucosa; Nestogeno: 2,9 g/100 g de maltotriosa), sugiere un efecto adicional en la acidogenicidad del biofilm. Estos carbohidratos, al ser rápidamente metabolizados, potencian las caídas de pH y contribuyen a un mayor riesgo de desmineralización, incluso en ausencia de sacarosa. En este estudio, se utilizó un modelo de biofilm cariogénico validado, adecuado para diferenciar el potencial cariogénico individual de diferentes carbohidratos dietéticos y sus combinaciones (Amaechi et al., 2019).

Conclusiones

En base a los resultados de este estudio, se puede concluir que tanto las fórmulas infantiles que contienen únicamente lactosa, únicamente maltodextrinas o la combinación de ambas fuentes de carbohidratos presentan potencial cariogénico para provocar desmineralización dental. Además, la adición de sacarosa a las fórmulas aumenta de manera significativa el potencial cariogénico y la desmineralización dental, siendo aún mayor en las fórmulas basadas exclusivamente en maltodextrinas.

Bibliografía

1. Aimutis WR. Lactose cariogenicity with an emphasis on childhood dental caries. *International Dairy Journal*. 2012;22(2):152–158.
2. Ajdic D, McShan WM, McLaughlin RE, Savic G, Chang J, Carson MB et al. Genome sequence of *Streptococcus mutans* UA159, a cariogenic dental pathogen. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2002 Oct;99(22):14434-9.
3. Aires CP, Del Bel Cury AA, Tenuta LM, Klein MI, Koo H, Duarte S, Cury JA. Effect of starch and sucrose on dental biofilm formation and on root dentine demineralization. *Caries Res*. 2008;42(5):380-6.
4. Al-Khatib G, Duggal M, Toumba KJ. An evaluation of the acidogenic potential of maltodextrins in vivo. *J Dent*. 2001; 29 (6): 409-14.
5. Amaechi BT, Tenuta LMA, Ricomini Filho AP, Cury JA. Protocols to Study Dental Caries In Vitro: Microbial Caries Models. *Methods Mol Biol*. 2019;1922:357-368.
6. Azad MB, Vehling L, Chan D, Klopp A, Nickel NC, McGavock JM, Becker AB, Mandhane PJ, Turvey SE, Moraes TJ, Taylor MS, Lefebvre DL, Sears MR, Subbarao P; CHILD Study Investigators. Infant Feeding and Weight Gain: Separating Breast Milk From Breastfeeding and Formula From Food. *Pediatrics*. 2021 Oct;142(4):e20181092.
7. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde. Guia alimentar para crianças brasileiras menores de 2 anos / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Primária à Saúde, Departamento de Promoção da Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2019.
8. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Aleitamento materno, distribuição de leites e fórmulas infantis em estabelecimentos de saúde e a legislação. Departamento de Ações Programáticas e Estratégicas. Departamento de Atenção Básica. – 1. ed.; 1. reimpr. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 28 p.
9. Birkhed D, Imfeld T, Edwardsson S. pH changes in human dental plaque from lactose and milk before and after adaptation. *Caries Res*. 1993;27(1):43-50.
10. Botelho JN, Villegas-Salinas M, Troncoso-Gajardo P, Giacaman RA, Cury JA. Enamel and dentine demineralization by a combination of starch and sucrose in a biofilm - caries model. *Braz Oral Res*. 2016

- May 20;30(1):S1806-83242016000100250.
11. Bowen WH, Pearson SK, Rosalen PL, Miguel JC, Shih AY. Assessing the cariogenic potential of some infant formulas, milk, and sugar solutions. *I Am Dent Assoc* 1997 128:865-71.
 12. Bowen WH, Koo H. Biology of *Streptococcus mutans*-derived glucosyltransferases: role in extracellular matrix formation of cariogenic biofilms. *Caries Res*. 2011;45(1):69-86.
 13. Bowen WH, Tenuta LM, Koo H, Cury JA. Dental caries: etiology and pathogenesis. In: Lamont RJ, Hajishengallis GN, Koo H, Jenkinson HF, editors. *Oral microbiology and immunology*. 3rd ed. New York: Wiley & Sons; 2014. p. 251-65.
 14. Ccahuana-Vásquez RA, Cury JA. *S. mutans* biofilm model to evaluate antimicrobial substances and enamel demineralization. *Braz Oral Res*. 2010 Apr-Jun;24(2):135-41
 15. Cury JA, Rebello MA, Del Bel Cury AA. In situ relationship between sucrose exposure and the composition of dental plaque. *Caries Res*. 1997;31(5):356-60.
 16. Cury JA, Rebelo MA, Del Bel Cury AA, Derbyshire MT, Tabchoury CP. Biochemical composition and cariogenicity of dental plaque formed in the presence of sucrose or glucose and fructose. *Caries Res*. 2000 Nov-Dec;34(6):491-7.
 17. Danhaivijitr A, Nakornchai S, Thaweeboon B, et al. The effect of different milk formulas on dental plaque pH. *Int J Paediatr Dent* 2006;16:192-8.
 18. Duarte S, Klein MI, AIRES CP, Cury JA, Bowen WH, Koo H. Influences of starch and sucrose on *Streptococcus mutans* biofilms. *Oral microbial Immunol*. 2008;23(3):206-12.
 19. de Mazer Papa AM, Tabchoury CP, Del Bel Cury AA, Tenuta LM, Arthur RA, Cury JA. Effect of milk and soy-based infant formulas on in situ demineralization of human primary enamel. *Pediatr Dent*. 2010 Jan-Feb;32(1):35-40.
 20. Erickson PR, McClintock KL, Green N, LaFleur J. Estimation of the caries-related risk associated with infant formulas. *Pediatr Dent* 1998;20:395-403.
 21. Feldens CA, Vítolo MR, Maciel RR, Baratto PS, Rodrigues PH, Kramer PF. Exploring the risk factors for early-life sugar consumption: A birth cohort study. *Int J Paediatr Dent*. 2021 Mar;31(2):223-230.
 22. Fernandez CE, Tenuta LM, Cury JA. Validation of a cariogenic biofilm

- model to evaluate the effect of fluoride on enamel and root dentine demineralization. PLoS one. 2016; 11(1): e0146478.
23. Koh SGS, Sim YF, Sim CJ, Hu S, Hong CHL, Duggal MS. Rinsing with water for 1 min after milk formula increases plaque pH. Eur Arch Paediatr Dent. 2021 Jan 10.
 24. Koo H, Hayacibara MF, Schobel BD, Cury JA, Rosalen PL, Park YK. Inhibition of Streptococcus mutans biofilm accumulation and polysaccharide production by apigenin and tt-farnesol. The Journal of antimicrobial chemotherapy, 2003;52(5):782-789.
 25. Moynihan PJ, Wright WG, Walton AG. A comparison of the relative acidogenic potential of infant milk and soya infant formula: a plaque pH study. Int J Paediatr Dent. 1996 Sep;6(3):177-81.
 26. Moynihan PJ. Update on the nomenclature of carbohydrates and their dental effects. J Dent. 1998;26(3):209-18.
 27. Organização mundial de saúde e Fundo das nações unidas para a infância. Estratégia global para a alimentação de lactentes e crianças de primeira infância. São Paulo: IBFAN Brasil, 2005.
 28. Paes Leme AF, Koo H, Bellato CM, Bedi G, Cury JA. The role of sucrose in cariogenic dental biofilm formation--new insight. J Dent Res. 2006 Oct;85(10):878-87.
 29. Raju AS, Hirehal M, Manjunath PG, Reddy VV, Natraj CG. The acidogenic potential of different milk formulas on dental plaque pH. Oral Health Prev Dent. 2012;10(3):225-30.
 30. Rezende G, Hashizume LM. Maltodextrin and dental caries: a literature review Rev Gaúch Odontol, v.60, n.3, 2018.
 31. Ribeiro CCC, Tabchoury CPM, Del Bel Cury AA, Tenuta LMA, Rosalen PL, Cury JA. Effect of starch on the cariogenic potential of sucrose. Br J Nutr. 2005;94(1):44-50.
 32. Rollins NC, Bhandari N, Hajeebhoy N, Horton S, Lutter CK, Martines JC, Piwoz EG, Richter LM, Victora CG; Lancet Breastfeeding Series Group. Why invest, and what it will take to improve breastfeeding practices? Lancet. 2016 Jan 30;387(10017):491-504.
 33. Rugg-Gunn AJ, Roberts GJ, Wright WG. Effect of human milk on plaque pH in situ and enamel dissolution in vitro compared with bovine milk, lactose, and sucrose. Caries Res. 1985;19(4):327-34.

34. Sadan H, Shanthala BM, Zareena MA, Babu G, Vijayan V. In vitro evaluation of milk-based, soy-based, and amino acid-based infant formulas on *Streptococcus mutans* biofilm formation. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2020 Oct-Dec;38(4):350-354.
35. Sheikh C, Erickson PR. Evaluation of plaque pH changes following oral rinse with eight infant formulas. Pediatr Dent 1996;18,200-4.
36. Tenuta LM, Ricomini Filho AP, Del Bel Cury AA, Cury JA. Effect of sucrose on the selection of mutans streptococci and lactobacilli in dental biofilm formed in situ. Caries Res. 2006;40(6):546-9.
37. Xiao J, Klein MI, Falsetta ML, Lu B, Delahunty CM, Yates JR 3rd, Heydorn A, Koo H. The exopolysaccharide matrix modulates the interaction between 3D architecture and virulence of a mixed-species oral biofilm. PLoS Pathog. 2012;8(4):e1002623.
38. Zeng L, Das S, Burne RA. Utilization of lactose and galactose by *Streptococcus mutans*: transport, toxicity, and carbon catabolite repression. Journal of Bacteriology. 2010;192(9):2434–2444. doi: 10.1128/JB.01624-09.

CAPES/ CAPES N°001

Financiamiento

39-Salud Humana

EL ROL DUAL DE FOXP3 EN CÁNCER CEREBRAL: UN BLANCO TERAPÉUTICO PARA MEJORAR EL TRATAMIENTO DEL GLIOBLASTOMA

Autor: Garcia Fallit, Matias, mati.garciafallit@gmail.com

Co-autor(es): Peña Agudelo, Jorge A.; Nicola Candia, Alejandro J.; Gonzalez, Nazareno; Pérez Küper, Melanie; Zampini, Yamila; Romero, Ana Clara; Sobarzo, Cristian; Sánchez Rojas, Ivana; Durán, Hebe; Perona, Marina; Ripari, Luisina Belén; Videla-Richardson, Guillermo A.; Zanetti, Flavia A.; Lozano, Teresa; Casares, Noelia; Lasarte, Juan José; Candolfi, Marianela.

Orientador/a: Candolfi, Marianela, marucandolfi@gmail.com

Universidad de origen / Facultad, Centro o Instituto: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina, Departamento de Biología Celular e Histología, Buenos Aires, Argentina.

CONICET-Universidad de Buenos Aires, Instituto de Investigaciones Biomédicas (INBIOMED), Buenos Aires, Argentina. Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

El glioblastoma (GBM) es el tumor cerebral primario maligno más común en adultos. Esta enfermedad presenta un pronóstico desalentador por su alta invasividad y resistencia a la terapia estándar, la cual no ha sufrido cambios en los últimos 20 años. El factor de transcripción *Forkhead Box Protein P3* (FOXP3), conocido por su rol en la inmunosupresión mediada por las células T reguladoras (Tregs), también se expresa en células tumorales, aunque sus funciones intrínsecas en GBM son poco conocidas. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos intrínsecos de FOXP3 en células de GBM utilizando un péptido penetrante de células (P60) que se une a FOXP3, e inhibe su translocación nuclear. El meta-análisis de datos transcriptómicos indicó que FOXP3 está sobreexpresado en GBM en comparación con el cerebro normal, se asocia con un peor pronóstico y correlaciona positivamente con la expresión de marcadores de inmunosupresión y de transición epitelio- mesenquimal. Los niveles de FOXP3 en líneas y cultivos derivados de pacientes con GBM se regularon positivamente tras la acción de la quimio-radioterapia, y el bloqueo de esta respuesta mediante P60 redujo la viabilidad y capacidad migratoria de estas células, aumentando la sensibilidad a dichos tratamientos. Para mejorar la biodisponibilidad local de

P60, desarrollamos un vector adenoviral (Ad.P60) que mostró efectos antitumorales directos en células de GBM *in vitro* y cuya administración local utilizando ratones inmunocompetentes portadores de GBM intracraneal inhibió el crecimiento tumoral y mejoró la quimiosensibilidad al cisplatino, aumentando la supervivencia a largo plazo de los ratones tratados. Nuestros resultados sugieren que el bloqueo local de FOXP3 podría mejorar el tratamiento del GBM.

Palabras clave: Glioblastoma, FOXP3, Quimio-radiorresistencia

INTRODUCCIÓN

El glioblastoma (GBM) es el tumor cerebral primario maligno más frecuente y agresivo en adultos (Price et al., 2024). Esta enfermedad presenta un pronóstico desfavorable debido a su localización, al microambiente tumoral inmunosupresor, a su naturaleza altamente invasiva y a su resistencia a la terapia estándar, la cual incluye la remoción quirúrgica seguida de radioterapia y quimioterapia con temozolomida (TMZ) (Ou, Yung, & Majd, 2020). La supervivencia media estimada de los pacientes con GBM es de 9 meses, y la tasa de supervivencia a 5 años es solo del 7% (Price et al., 2024). Considerando que en los últimos 20 años no ha habido avances significativos en el tratamiento de estos tumores (Weller et al., 2024), resulta crítico desarrollar nuevas estrategias terapéuticas para mejorar la supervivencia de estos pacientes.

El factor de transcripción *Forkhead Box Protein P3* (FOXP3) es conocido por su rol en la actividad inmunosupresora de las

células T reguladoras (Tregs) (Z. Li, Li, Tsun, & Li, 2015), lo que lo convierte en un blanco interesante para bloquear su función. Se desarrolló un péptido penetrante de células (CPP) que se une a FOXP3 (P60) (Lozano et al., 2021) para impedir su translocación nuclear y su actividad transcripcional (Lozano et al., 2017). Se ha demostrado que P60 inhibe de manera eficiente la función de las Tregs, estimulando la activación de células T efectoras (Casares et al., 2010) y potenciando la inmunidad antitumoral en diversos modelos tumorales (Moreno Ayala et al., 2017; Serrano et al., 2025; Setiawan et al., 2019; Y. Wang et al., 2023). Dado que el GBM se caracteriza por una infiltración profusa de Tregs, el bloqueo de FOXP3 podría constituir una estrategia interesante para potenciar la respuesta inmune contra estos tumores. Sin embargo, considerando que FOXP3 también ha sido detectado en células tumorales (Moreno Ayala et al., 2017; Yang et al., 2017; Zhang et al., 2017), incluidas las de GBM (Cao et al., 2024; Frattini et al.,

2012; Held-Feindt et al., 2013; Karanikas et al., 2008; Sun et al., 2017; L. Wang et al., 2014), es fundamental dilucidar los posibles efectos del bloqueo de FOXP3 en estas células. Dado que los efectos intrínsecos de FOXP3 en las células tumorales son poco conocidos y controvertidos, ya que se han reportado tanto efectos supresores de tumor como protumorales (Karanikas et al., 2008; S. Li et al., 2017; Liu et al., 2017), en este trabajo nos propusimos evaluar el rol de FOXP3 en la quimio-radiorresistencia y la malignidad del GBM, así como analizar la eficacia terapéutica de P60 tanto *in vitro* como *in vivo*.

Con el objetivo de mejorar la disponibilidad local de este péptido en el microambiente tumoral, evitando su distribución sistémica y reduciendo el riesgo de efectos adversos, utilizamos un adenovector que codifica P60 (Ad.P60) (Garcia Fallit et al., 2023; Nicola Candia et al., 2023), administrado localmente en ratones portadores de GBM intracraneal. Nuestro objetivo central fue determinar si la administración adenoviral de P60 puede disminuir la resistencia a la quimioterapia y mejorar la supervivencia en modelos experimentales de glioma. Nuestros hallazgos indican que el bloqueo local de FOXP3 ejerce efectos

antitumorales directos, reduciendo la quimio-radiorresistencia, atenuando la inmunosupresión local, inhibiendo el crecimiento tumoral y mejorando la supervivencia en modelos experimentales de GBM, sin generar neurotoxicidad en el parénquima cerebral normal. Por lo tanto, estos resultados sugieren que FOXP3 presenta un rol dual en cáncer cerebral cuyo bloqueo podría constituir un blanco terapéutico interesante para mejorar el tratamiento de pacientes con GBM.

OBJETIVOS

Objetivo 1. Estudio de la expresión de FOXP3 en GBM experimental. Se evaluó el efecto de la temozolomida (TMZ) y otras drogas quimioterapéuticas (cisplatino, etopósido, paclitaxel) sobre la expresión de FOXP3 por inmunofluorescencia, citometría de flujo y PCR en líneas celulares de GBM murino y humano, así como en neuroesferas derivadas de gliomas murinos (Kadiyala et al., 2021; Nunez et al., 2019) y cultivos celulares establecidos a partir de gliomas de pacientes (Videla Richardson et al., 2016).

Objetivo 2. Exploración de los efectos del bloqueo funcional de FOXP3 en células de GBM. Se evaluó el efecto de un adenovector que codifica para el péptido inhibidor de FOXP3 P60 (Ad.P60), sobre las funciones celulares y la quimiorresistencia en los cultivos mencionados en el objetivo 1. Las células

fueron transducidas con Ad.P60 y se evaluó viabilidad, proliferación, capacidad clonogénica, quimiosensibilidad, migración celular y expresión de marcadores de transición epitelio-mesenquimal.

Objetivo 3. Evaluación del bloqueo de FOXP3 en respuesta a la quimioterapia en modelos relevantes de GBM experimental. Se evaluó la sobrevida de ratones inoculados en el cerebro con líneas celulares y neuroesferas derivadas de GBM murino tratados con quimioterapia en combinación con la inyección intratumoral de Ad.P60. 7 días luego de la inyección de los vectores se evaluó el tamaño de los tumores mediante microscopía de fluorescencia. También evaluamos las características histopatológicas de los tumores por medio de la tinción de GFAP y Vimentina. Dado que las células normales de cerebro también expresan FOXP3, evaluamos si este tratamiento genera toxicidad en el cerebro no neoplásico. Para esto, ratones naïve fueron inoculados con Ad.P60 o su control en el cerebro y tratados con quimioterapia. Evaluamos la neuropatología por medio de la tinción de Nissl y hematoxilina-eosina (Candolfi et al., 2010; Candolfi et al., 2009).

Objetivo 4. Evaluación del efecto terapéutico de Ad.P60 en combinación con estrategias de inmunoterapia en modelos de glioblastoma. Nuestro próximo objetivo será evaluar la eficacia

terapéutica del Ad.P60 en combinación con estrategias de inmunoterapia como la implementación de vacunas de células dendríticas y el uso de un anticuerpo bloqueante de PD-L1 (Avelumab) que permitan potenciar la respuesta inmune contra este tumor en modelos preclínicos de glioma experimental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Meta-análisis de la expresión de FOXP3 en cerebro normal y neoplásico

Se realizó un meta-análisis de datos transcriptómicos para comparar la expresión de FOXP3 en GBM y cerebro normal utilizando el UCSC Xena Browser (Goldman et al., 2020). El análisis de Kaplan-Meier evaluó su impacto en la supervivencia, clasificando a los pacientes según los niveles de FOXP3. Se generaron mapas de calor para correlacionar FOXP3 con marcadores de inmunosupresión y de transición epitelio-mesenquimal (EMT). Su rol en la resistencia a la terapia estándar se analizó utilizando el conjunto de datos GSE7196. Las asociaciones con vías oncogénicas se exploraron mediante análisis de expresión diferencial y de enriquecimiento ($\log_{2}FC \geq 1.5$, $p \leq 0.05$).

Cultivo celular

La línea celular de GBM U251, así como las neuroesferas (NS) de GBM, fueron donadas por la Dra. Maria G. Castro (University of Michigan, EE.UU.). U251 se cultivó en DMEM con 5% FBS y 1%

penicilina—estreptomicina. Las NS derivadas de gliomas murinos se mantuvieron en DMEM-F12 con suplementos (B-27, N-2, Normocina, bFGF y EGF) y se disgregaron con acutasa. Las NS derivadas de biopsias de pacientes con GBM (Videla Richardson et al., 2016) (aprobadas por el Comité de Ética de FLENI, Argentina), se cultivaron en placas recubiertas con Geltrex en medio Neurobasal sin suero con suplementos.

Inmunofluorescencia

Células de GBM humano U251 se sembraron en cubreobjetos, se trataron con o sin cisplatino (5 μ M) durante 48 horas, luego se fijaron y permeabilizaron. Se incubaron con un anticuerpo anti-FOXP3 (1:50) y un anti-IgG de ratón marcado con Alexa Fluor 488 (1:100), se tiñeron con DAPI (5 μ g/mL) y se montaron con *Vectashield*. Las imágenes se adquirieron con un microscopio de fluorescencia *Zeiss Axiophot*. Los controles negativos se procesaron sin anticuerpo primario. El mismo protocolo se aplicó a células U251 expuestas a radiación.

Ensayo de proliferación celular con BrdU

La proliferación celular se evaluó mediante incorporación de BrdU. La absorbancia se midió a 490 nm en un espectrofotómetro Bio-Rad Model 550 en placas de 96 pocillos, como se describió previamente (Moreno Ayala et al., 2017; Nicola Candia

et al., 2023; Pena Agudelo et al., 2023).

Viabilidad celular

La viabilidad celular se evaluó mediante el ensayo MTT (Invitrogen) siguiendo protocolos estándar, como se describió previamente (García Fallit et al., 2023; Moreno Ayala et al., 2017; Nicola Candia et al., 2023; Pena Agudelo et al., 2023).

Ensayo clonogénico

Se sembraron inicialmente 5000 células en placas de 96 pocillos bajo condiciones experimentales. Luego, las células se cosecharon, contaron y resembraron a 2000 células por pocillo en placas de 6 pocillos. Después de 10 días, se fijaron con metanol, se tiñeron con Giemsa y se contaron las unidades formadoras de colonias (≥ 50 células) usando un microscopio óptico. La fracción clonogénica se calculó en función de las células sembradas y los clones formados.

Ensayo de migración en monocapa

Las células se incubaron en placas de 24 pocillos durante 24 horas con P60 o P301 (50 μ M). Se generó una herida con la punta de un *tip*, se lavó con PBS y se re-incubó con los péptidos en DMEM sin suero. El cierre de la herida se monitoreó a lo largo del tiempo y se cuantificó con ImageJ.

Ensayo de *Spreading* en neuroesfera

Se sembraron 8000 células en 20 μ L en

placas de 96 pocillos con fondo en U, se centrifugaron (300 g, 5 min) y se incubaron por 24 horas a 37°C. Cada neuroesfera se transfirió a placas de 48 pocillos y se trató con P301 o P60 (50 μ M). La capacidad de *spreading* de las neuroesferas se monitoreó en el tiempo y se analizó con ImageJ.

Síntesis de P60

El péptido terapéutico P60 (RDFQSFRKMWPFFAM) y el péptido control P301 (MKMFFDAFPQRRSWF) se sintetizaron mediante el método de fase sólida de Merrifield usando la estrategia Fmoc, como se describió previamente (Casares et al., 2010). La pureza de los péptidos fue del 90%, evaluada por HPLC.

Vectores adenovirales

Se desarrolló un adenovirus serotipo 5 no replicativo (Ad.P60) que codifica el péptido P60 seguido de una secuencia IRES y el gen dTomato bajo el promotor CMV utilizando el sistema ViraPower™ (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific), como se describió previamente (García Fallit et al., 2023; Nicola Candia et al., 2023). El vector Ad.dT, que solo codifica dTomato, se utilizó como control.

Animales

Ratones C57Bl/6 (6–8 semanas) se adquirieron en el bioterio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Se mantuvieron bajo

condiciones controladas de luz (ciclos de 12 horas de luz-oscuridad) y temperatura (20–25 °C), con alimento estándar y agua *ad libitum*.

Modelo in vivo de GBM NS

Ratones C57Bl/6 fueron inoculados con 15.000 neuroesferas de GBM murinas disgregadas en el estriado derecho. Los vectores adenovirales (Ad.dT y Ad.P60) se inyectaron intratumoralmente (5 μ l, 1.45×10^8 PFU) siete días más tarde. Algunos ratones recibieron además inyecciones intraperitoneales semanales de cisplatino (6.5 mg/kg). Se analizó tamaño tumoral siete días post tratamiento y supervivencia a largo plazo. Los cerebros fueron extraídos, fijados en PFA al 4% y procesados mediante cortes de vibrátomo de 100 μ m para evaluar tamaño tumoral. La cuantificación se realizó mediante ImageJ. Los cerebros de los ratones sobrevivientes a largo plazo se analizaron por inmunohistoquímica mediante la tinción de Vimentina.

Análisis estadístico

Los datos se graficaron y analizaron con GraphPad Prism v8.00. Se evaluó la normalidad de los datos mediante las pruebas de Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk antes de realizar análisis paramétricos. Las variables continuas se compararon mediante t de Student, ANOVA de una o dos vías. En casos de interacción entre tratamientos, se aplicó el

test de Tukey. Para comparar curvas de supervivencia, se utilizó la prueba Log-Rank (Mantel-Cox). Las diferencias entre grupos se consideraron significativas cuando $p < 0.05$. Todos los experimentos se realizaron al menos dos veces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Meta-análisis de la expresión de FOXP3 en biopsias de pacientes con GBM

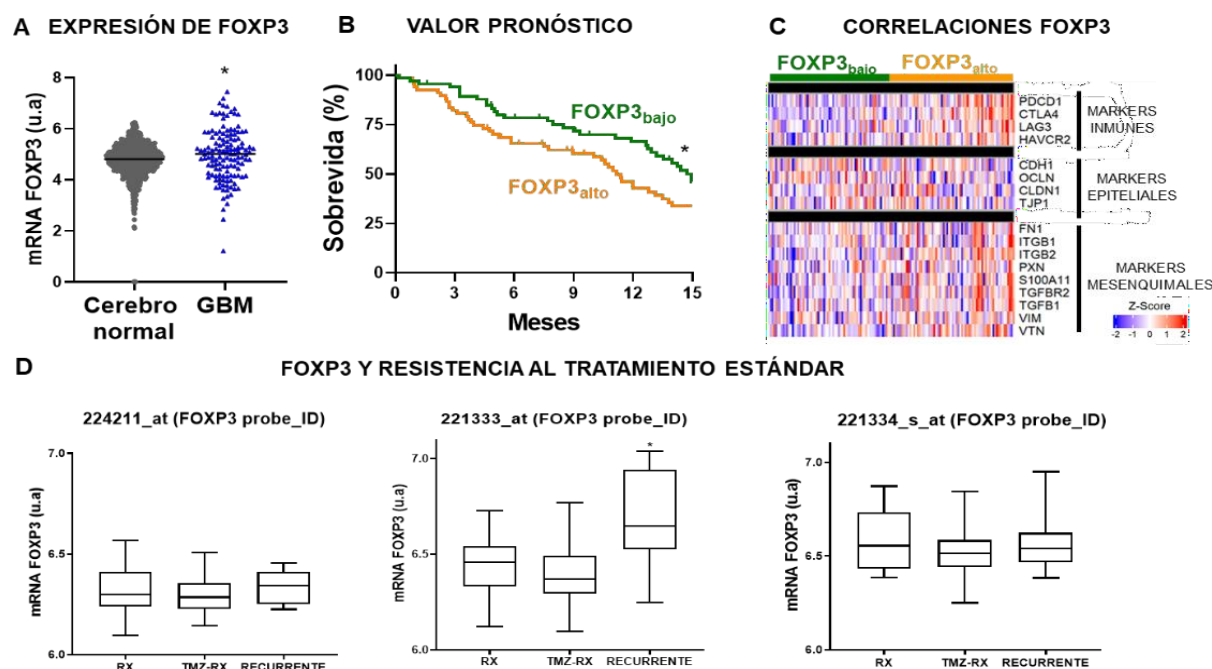


Fig. 1. Expresión de FOXP3 y sus implicancias moleculares en GBM (A) Expresión de mRNA de FOXP3 en GBM (TCGA) y tejido cerebral normal (GTEx). $p < 0,05$, t de Student. (B) Sobrevida global en pacientes con GBM (TCGA) estratificados según los niveles de expresión de FOXP3. (* $p < 0,05$, prueba de Log-rank, Mantel Cox). (C) *Heatmap* de los principales marcadores tumorales de malignidad en pacientes con GBM estratificados según expresión de FOXP3. (D) *Box-plots* que muestran los niveles de expresión de FOXP3 en tres grupos de tratamientos: radioterapia (RX), Temozolomida combinada con radioterapia (TMZ-RX) y enfermedad recurrente. * $p < 0,05$, ANOVA de una vía.

Cuando analizamos la expresión de FOXP3 en biopsias de pacientes con GBM (TCGA) y muestras de cerebro normal (GTEx), observamos que FOXP3 está significativamente sobreexpresado en GBM (Figura 1A). Además, la sobreexpresión de FOXP3 en el tumor se asoció a peor pronóstico (Figura 1B) y a la sobreexpresión de puntos de control

inmunológicos y marcadores mesenquimales en el tumor (Figura 1C).

Para evaluar el papel de FOXP3 en la resistencia a la terapia estándar, analizamos los niveles de expresión de esta proteína en el conjunto de datos GSE7196, que incluye pacientes con GBM que recibieron diversos tratamientos, incluyendo radioterapia (RX), la

combinación de Temozolomida (TMZ) y radioterapia (TMZ-RX), y aquellos con enfermedad recurrente. La sonda '221333_at' mostró una expresión significativamente exacerbada de FOXP3 en GBM recurrente en comparación con los tumores de novo, independientemente del tratamiento recibido (Figura 1D).

Efectos intrínsecos de FOXP3 en células de GBM humanas

Teniendo en cuenta que nuestro laboratorio y otros han demostrado previamente que diferentes tipos de células tumorales expresan FOXP3 (Held-Feindt et al., 2013; Moreno Ayala et al., 2017; Sun et al., 2017), evaluamos si este factor de transcripción está presente en células de GBM y si su expresión se modula por la acción de la quimio-radioterapia *in vitro*. Los ensayos de inmunocitoquímica mostraron que las células humanas de GBM U251 (Figura 2), U87, MSP12, HF2303 y neuroesferas (NS) derivadas de pacientes (datos no mostrados) expresan FOXP3 y que la exposición a cisplatino (Figura 2A) y radiación (Figura 2B) estimuló la expresión de FOXP3 en estas

células. Por lo tanto, evaluamos si esta proteína tiene un rol en la respuesta a estos tratamientos. Las células de GBM fueron tratadas con cisplatino o radiación en presencia del péptido bloqueante de FOXP3 (P60) o el péptido control (P301) (Casares et al., 2010; Moreno Ayala et al., 2017). P60 no solo disminuyó en forma directa la viabilidad y capacidad clonogénica de las células de GBM, sino que además potenció el efecto citotóxico del cisplatino y la radiación (Figura 2A-B). Dado que la invasividad es una característica distintiva del GBM, evaluamos si el bloqueo de FOXP3 afecta la capacidad migratoria de estas células. Observamos que la incubación con P60 retrasó significativamente el cierre de la herida en cultivos de células de GBM y redujo la capacidad de *spreading* de NS derivadas de pacientes con GBM, lo que sugiere que FOXP3 facilita la migración de estas células (Figura 2C). **En conjunto, estos resultados sugieren que el bloqueo de los efectos intrínsecos de FOXP3 podría tener efectos antitumorales en GBM.**

BLOQUEO DE FOXP3 EN CÉLULAS DE GBM HUMANAS

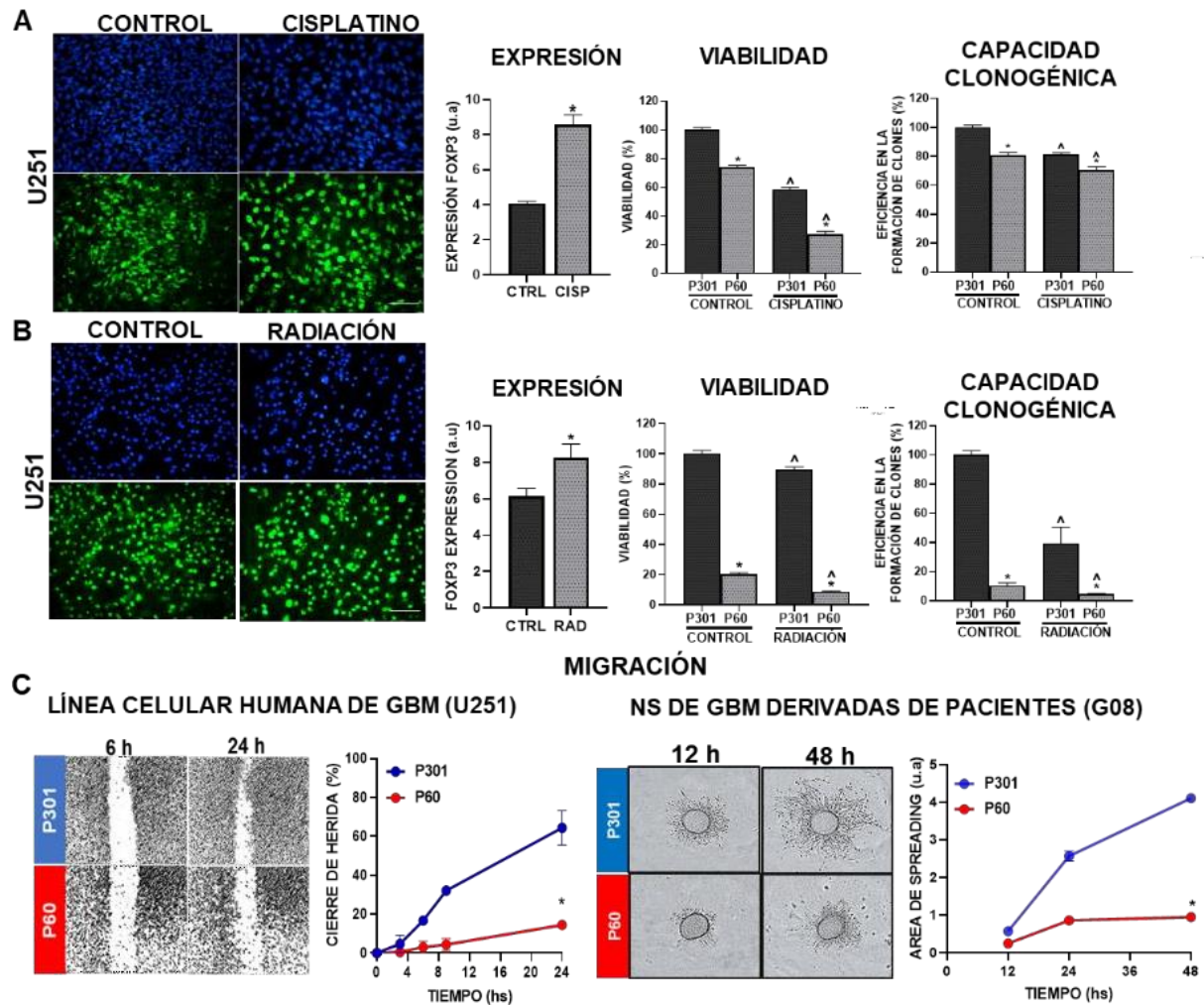


Fig. 2. El bloqueo de FOXP3 mejora la respuesta de células de GBM humanas a la quimio-radioterapia. (A-B) Las células U251 de GBM humano fueron tratadas con cisplatino (5 μ M) (A) o radiación (2 Gy) (B) y, después de 48 horas, se midió la expresión de FOXP3 mediante inmunocitoquímica (verde). Los núcleos fueron teñidos con DAPI (azul). Barra de escala = 10 μ m (* p-valor < 0,05 vs control. Test *t* de Student). Las células fueron incubadas con P301 o P60 (50 μ M) en combinación con cisplatino (5 μ M) (A) o radiación (10 Gy) (B), y la viabilidad fue evaluada 72 horas después mediante el ensayo MTT. * p < 0,05 vs. P301; ^ p < 0,05 vs. control sin cisplatino o radiación, ANOVA de 2 vías. La capacidad clonogénica de las células U251 se evaluó 72 horas después de la incubación con P301 o P60 (50 μ M) en presencia o ausencia de cisplatino (0,5 μ M) (A) o exposición a radiación (2 Gy) (B). * p < 0,05 vs. P301; ^ p < 0,05 vs. control sin cisplatino o radiación, ANOVA de 2 vías. (C) Células U251 y neuroesferas (NS) de GBM derivadas de pacientes (G08) fueron incubadas con P301 o P60 (50 μ M). Se realizó el ensayo de herida y *spreading*, y se cuantificó el porcentaje de cierre de herida y la capacidad de *spreading* utilizando ImageJ. Se muestran microfotografías representativas tanto de la herida como del *spreading* de las NS a diferentes tiempos. * p < 0,05, análisis de regresión no lineal.

Bloqueo de FOXP3 mediante terapia génica en células de GBM

Para mejorar la disponibilidad local de P60 y evitar la distribución sistémica del péptido *in vivo*, construimos un vector adenoviral para expresar P60 en el área tumoral. Generamos un vector adenoviral de serotipo 5 no replicativo (AdVs) que codifica P60, río arriba de un sitio *IRES* unido al gen reportero fluorescente rojo dTomato, bajo el control del promotor CMV (Ad.P60). Otro adenovector que codifica dTomato bajo el promotor CMV fue generado como vector de control (Ad.dT), tal como se describió previamente (García Fallit et al., 2023). Observamos que tanto el Ad.dT como el Ad.P60 transdujeron eficientemente las células de GBM (Figura 3A), reduciendo significativamente la viabilidad de las células de GBM y aumentando su sensibilidad al cisplatino y a la radiación (Figura 3B). Obtuvimos efectos similares en NS derivadas de biopsias de GBM (Videla Richardson et al., 2016) y de tumores genéticamente modificados que contienen lesiones genéticas características de GBM humano (Núñez et al., 2019). Observamos efectos antitumorales directos de Ad.P60 en cuanto a la sensibilización al cisplatino, etopósido y TMZ (Figura 3C-D). La transducción con el Ad.P60 también inhibió la migración en todas las plataformas celulares evaluadas (datos no mostrados).

Estos resultados sugieren que FOXP3 podría constituir un blanco terapéutico

en GBM y muestran la versatilidad del Ad.P60 para combinarse con diferentes agentes terapéuticos con el fin de mejorar los enfoques clínicos para tratar esta enfermedad.

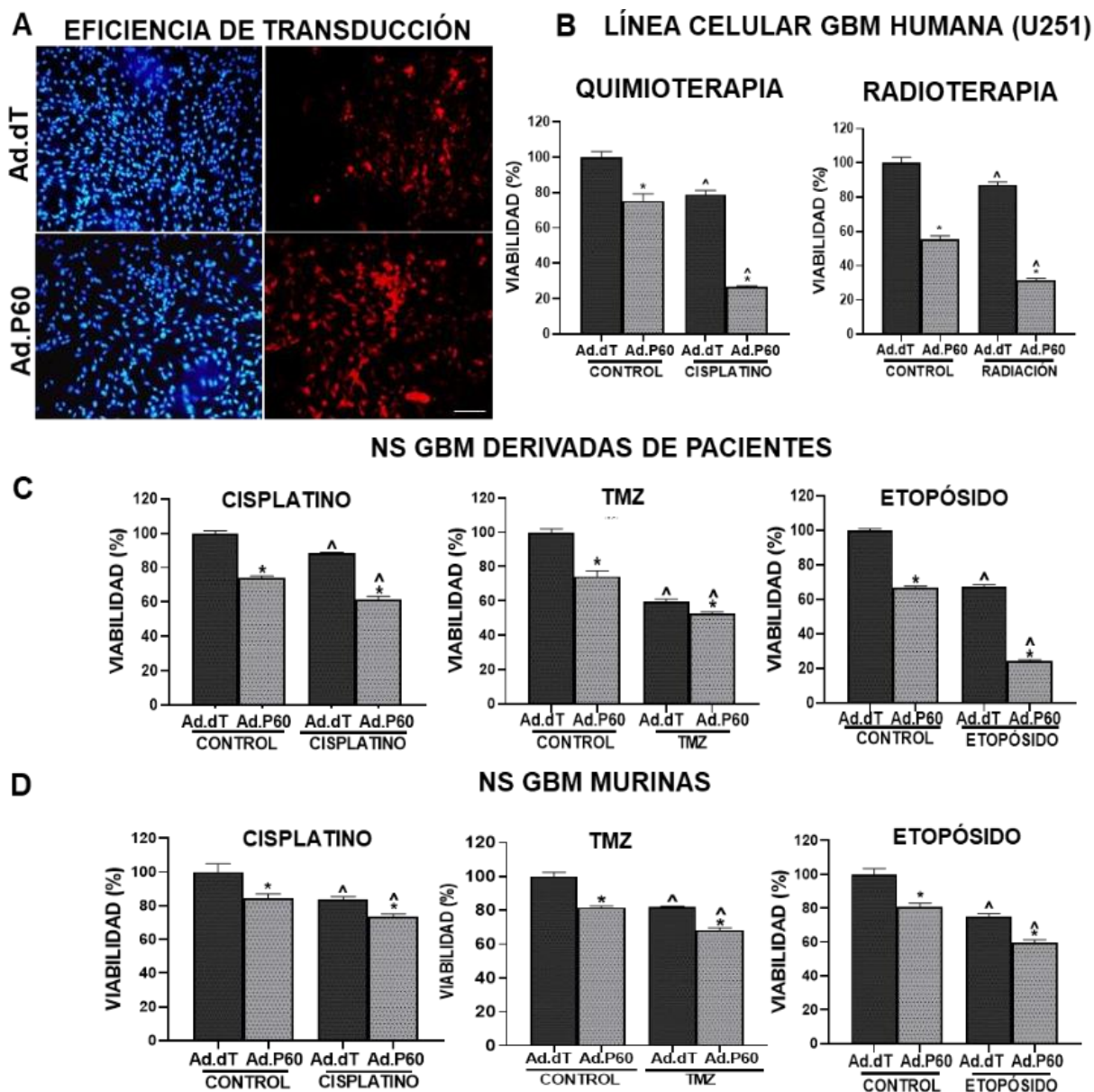


Fig. 3. Bloqueo de FOXP3 mediado por adenovectores en células de GBM (A) Eficiencia de transducción de Ad.dT y Ad.P60 en células de GBM 48 horas después de la incubación con Ad.dT o Ad.P60 a una MOI = 100. La expresión del gen reportero (rojo) se evaluó mediante microscopía fluorescente. Los núcleos fueron teñidos con DAPI. Se muestran microfotografías representativas. Barra de escala = 10 μ m. (B) Células U251 fueron incubadas con Ad.dT o Ad.P60 (MOI = 100) en combinación con cisplatino (5 μ M) o radiación (10 Gy) y se evaluó la viabilidad (ensayo MTT) 72 horas después. * $p < 0.05$ vs. Ad.dT; ^ $p < 0.05$ vs. control sin cisplatino o radiación, ANOVA de 2 vías. (C-D) Las neuroesferas (NS) de GBM derivadas de pacientes (C) y murinas (D) fueron incubadas con Ad.dT o Ad.P60 (MOI = 100) en combinación con cisplatino (5 μ M), etopósido (2,5 μ M) o TMZ (100 μ M) y se evaluó la viabilidad (ensayo MTT) 72 horas después. * $p < 0.05$ vs. Ad.dT; ^ $p < 0.05$ vs. control sin quimioterapia, ANOVA de 2 vías.

Eficacia de Ad.P60 en GBM experimental in vivo

Evaluamos la eficacia terapéutica del Ad.P60 en ratones C57Bl/6 inmunocompetentes que fueron inoculados en el cerebro con neuroesferas de GBM GFP+ singeneicas, siguiendo el esquema representado en la Figura 4A. Siete días después, los ratones recibieron una inyección intratumoral de vector control (Ad.dT) o Ad.P60 en combinación con quimioterapia con cisplatino (Figura 4B). La eficiencia de transducción en el tumor fue detectada por microscopía de fluorescencia (Figura 4C). El tamaño tumoral se evaluó 7 días después en secciones coronales de cerebro (Figura 4D). Observamos que el tratamiento local con Ad.P60 redujo significativamente el

crecimiento tumoral y mejoró el efecto antitumoral del cisplatino (Figura 4E), prolongando la supervivencia de los ratones tratados (Figura 4F). En los ratones sobrevivientes no se detectaron rastros del tumor (Figura 4G). **Estos resultados sugieren que la administración local de Ad.P60 podría tener efecto antitumoral directo y mejorar la respuesta a la quimioterapia en GBM.** Actualmente, estamos evaluando la eficacia de la combinación de Ad.P60 con estrategias de inmunoterapia como la implementación de vacunas de células dendríticas y el bloqueo de PD-L1 (avelumab), un *checkpoint* inmunológico que aumenta cuando tratamos las células de GBM con P60 (García Fallit et al., 2025).

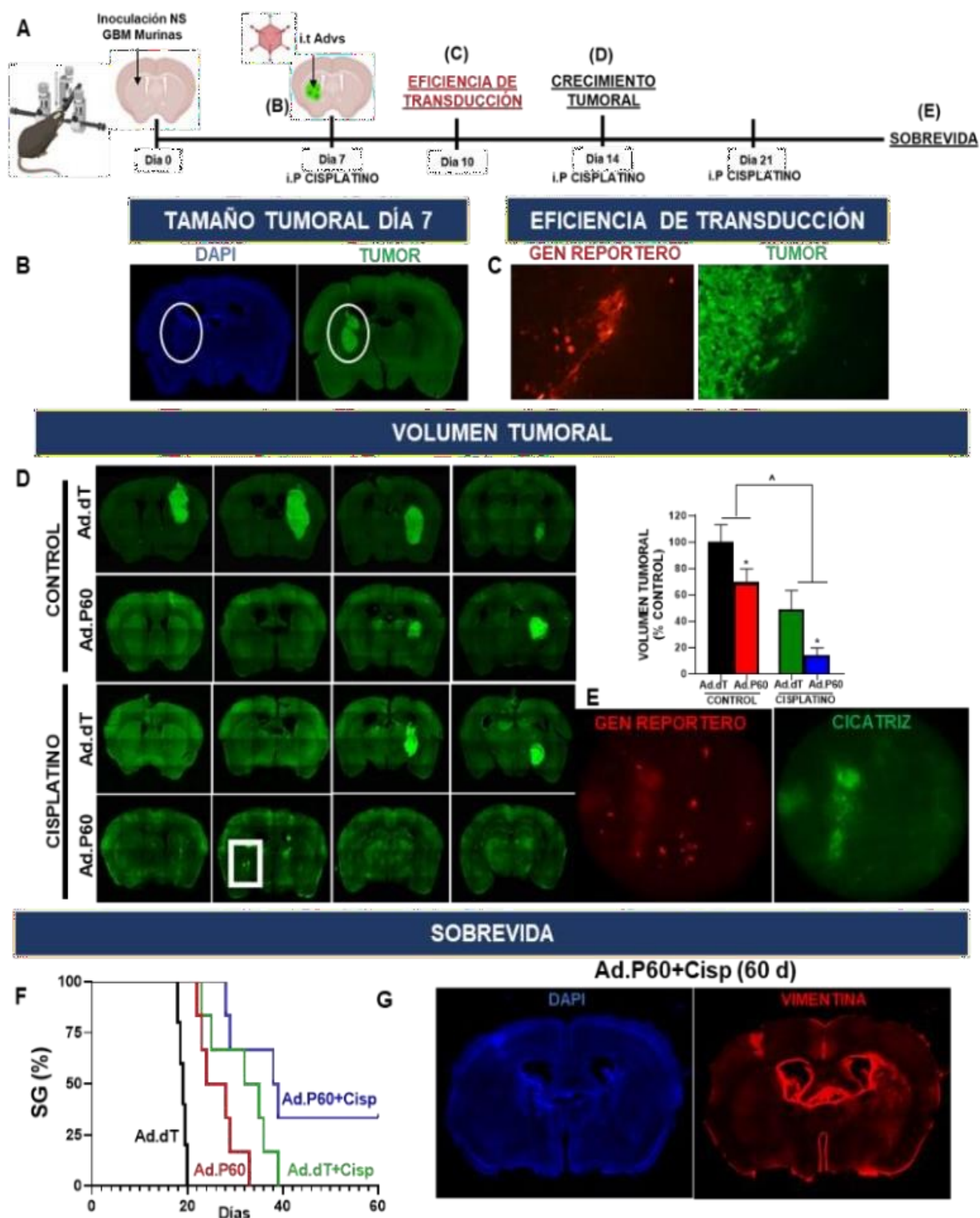


Fig. 4. El bloqueo de FXP3 mediado por adenovectores ejerce efectos antitumorales en GBM experimental. (A) Neuroesferas de GBM murinas GFP+ fueron inoculadas en el cerebro de ratones C57BL/6, siete días después, fueron inoculados i.t. con Ad.dT o Ad.P60 ($1,45 \times 10^8$ PFU) y además recibieron una dosis de cisplatino (6,5 mg/kg, i.p.) (B). Tres y siete días después, se evaluó la eficiencia de transducción (C) y el volumen tumoral (D), respectivamente. Para calcular el tamaño del tumor, se tomaron imágenes de secciones representativas del cerebro mediante fotomicroscopía y la cuantificación se realizó utilizando el software ImageJ.

Las imágenes muestran secciones de un cerebro representativo por condición (n=6/grupo). *p < 0,05 vs. Ad.dT; ^p < 0,05 vs control sin cisplatino. ANOVA de 2 vías. (E) *Inset* (recuadro blanco) de la cicatriz post tratamiento combinatorio. (F) Otro grupo de ratones recibió dos dosis adicionales de cisplatino y se evaluó la supervivencia global mediante el análisis de supervivencia de Kaplan-Meier. Además, se caracterizó el estriado derecho del cerebro de los ratones que sobrevivieron a largo plazo mediante marcación de Vimentina (G).

CONCLUSION

En resumen, nuestros hallazgos sugieren que FOXP3 ejerce efectos intrínsecos protumorales en las células de GBM. Por lo tanto, su bloqueo podría mejorar la respuesta de estos tumores a la quimio-radioterapia.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a la Dra. María G. Castro (Facultad de Medicina de la Universidad de Michigan) por su invaluable apoyo a nuestra investigación y por la donación de las neuroesferas derivadas de GBM murino.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el Instituto Nacional del Cáncer, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, la Fundación Florencio Fiorini y el Consejo Interuniversitario Nacional. El estudio también contó con el apoyo de la International Society for Neurochemistry y el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades y FEDER, UE de España.

REFERENCIAS

- Candolfi, M., Xiong, W., Yagiz, K., Liu, C., Muhammad, A. K., Puntel, M., Castro, M. G. (2010). Gene therapy-mediated delivery of targeted cytotoxins for glioma therapeutics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(46), 20021-20026. doi:10.1073/pnas.1008261107
- Candolfi, M., Yagiz, K., Foulad, D., Alzadeh, G. E., Tesarfreund, M., Muhammad, A. K., Castro, M. G. (2009). Release of HMGB1 in response to proapoptotic glioma killing strategies: efficacy and neurotoxicity. *Clinical cancer research : an official journal of the American Association for Cancer Research*, 15(13), 4401-4414. doi:10.1158/1078-0432.CCR-09-0155
- Cao, W., He, Y., Lan, J., Luo, S., Sun, B., Xiao, C., Lei, S. (2024). FOXP3 promote the progression of glioblastoma via inhibiting ferroptosis mediated by linc00857/miR-1290/GPX4 axis. *Cell Death Dis*, 15(4), 239. doi:10.1038/s41419-024-06619-4
- Casares, N., Rudilla, F., Arribillaga, L., Llopiz, D., Riezu-Boj, J. I., Lozano, T., Lasarte, J. J. (2010). A peptide

inhibitor of FOXP3 impairs

regulatory T cell activity and improves vaccine efficacy in mice. *J Immunol*, 185(9), 5150-5159. doi:10.4049/jimmunol.1001114

Frattini, V., Pisati, F., Speranza, M. C., Poliani, P. L., Frige, G., Cantini, G., Pellegatta, S. (2012). FOXP3, a novel glioblastoma oncosuppressor, affects proliferation and migration. *Oncotarget*, 3(10), 1146-1157. doi:10.18632/oncotarget.644

Garcia Fallit, M., Pena Agudelo, J. A., Nicola Candia, A. J., Gonzalez, N., Perez Kuper, M., Zampini, Y., Candolfi, M. (2025). Targeting FOXP3 in glioblastoma: Blockade of tumor intrinsic effects boosts response to chemo-radiotherapy. *Life Sci*, 378, 123822. doi:10.1016/j.lfs.2025.123822

Garcia Fallit, M., Pidre, M. L., Asad, A. S., Pena Agudelo, J. A., Vera, M. B., Nicola Candia, A. J., Candolfi, M. (2023). Evaluation of Baculoviruses as Gene Therapy Vectors for Brain Cancer. *Viruses*, 15(3). doi:10.3390/v15030608

Goldman, M. J., Craft, B., Hastie, M., Repecka, K., McDade, F., Kamath, A., Haussler, D. (2020). Visualizing and interpreting cancer genomics data via the Xena platform. *Nat Biotechnol*, 38(6), 675-678. doi:10.1038/s41587-020-0546-8

Held-Feindt, J., Hattermann, K., Sebens, S., Krautwald, S., Mehdorn, H. M., & Mentlein, R. (2013). The transcription

- factor Forkhead box P3 (FoxP3) is expressed in glioma cells and associated with increased apoptosis. *Exp Cell Res*, 319(5), 731-739. doi:10.1016/j.yexcr.2012.11.018
- Kadiyala, P., Carney, S. V., Gauss, J. C., Garcia-Fabiani, M. B., Haase, S., Alghamri, M. S., Castro, M. G. (2021). Inhibition of 2-hydroxyglutarate elicits metabolic reprogramming and mutant IDH1 glioma immunity in mice. *The Journal of clinical investigation*, 131(4). doi:10.1172/JCI139542139542 [pii]
- Karanikas, V., Speletas, M., Zamanakou, M., Kalala, F., Loules, G., Kerenidi, T., Germenis, A. E. (2008). Foxp3 expression in human cancer cells. *J Transl Med*, 6,19. doi:10.1186/1479-5876-6-19
- Li, S., Wang, Y., Feng, C., Wu, G., Ye, Y., & Tian, J. (2017). Calycosin Inhibits the Migration and Invasion of Human Breast Cancer Cells by Down-Regulation of Foxp3 Expression. *Cell Physiol Biochem*, 44(5), 1775-1784. doi:10.1159/000485784
- Li, Z., Li, D., Tsun, A., & Li, B. (2015). FOXP3+ regulatory T cells and their functional regulation. *Cell Mol Immunol*, 12(5), 558-565. doi:10.1038/cmi.2015.10
- Liu, S., Zhang, C., Zhang, K., Gao, Y., Wang, Z., Li, X., Hao, Q. (2017). FOXP3 inhibits cancer stem cell self-renewal via transcriptional repression of COX2 in colorectal cancer cells. *Oncotarget*, 8(27), 44694-44704. doi:10.18632/oncotarget.17974
- Lozano, T., Casares, N., Martil-Otal, C., Anega, B., Gorraiz, M., Parker, J., Lasarte, J. J. (2021). Searching for Peptide Inhibitors of T Regulatory Cell Activity by Targeting Specific Domains of FOXP3 Transcription Factor. *Biomedicines*, 9(2). doi:10.3390/biomedicines9020197
- Lozano, T., Gorraiz, M., Lasarte-Cia, A., Ruiz, M., Rabal, O., Oyarzabal, J., Lasarte, J. J. (2017). Blockage of FOXP3 transcription factor dimerization and FOXP3/AML1 interaction inhibits T regulatory cell activity: sequence optimization of a peptide inhibitor. *Oncotarget*, 8(42), 71709-71724. doi:10.18632/oncotarget.17845
- Moreno Ayala, M. A., Gottardo, M. F., Imsen, M., Asad, A. S., Bal de Kier Joffe, E., Casares, N., Candolfi, M. (2017). Therapeutic blockade of Foxp3 in experimental breast cancer models. *Breast Cancer Res Treat*, 166(2), 393-405. doi:10.1007/s10549-017-4414-2
- Nicola Candia, A. J., Garcia Fallit, M., Pena Agudelo, J. A., Perez Kuper, M., Gonzalez, N., Moreno Ayala, M. A., Candolfi, M. (2023). Targeting FOXP3 Tumor-Intrinsic Effects Using Adenoviral Vectors in Experimental Breast Cancer. *Viruses*, 15(9).

- doi:10.3390/v15091813
- Nunez, F. J., Mendez, F. M., Kadiyala, P., Alghamri, M. S., Savelieff, M. G., Garcia-Fabiani, M. B., Castro, M. G. (2019). IDH1-R132H acts as a tumor suppressor in glioma via epigenetic up-regulation of the DNA damage response. *Science translational medicine*, 11(479). doi:10.1126/scitranslmed.aaq1427 [pii] 10.1126/scitranslmed.aaq1427 11/479/aaq1427 [pii]
- Ou, A., Yung, W. K. A., & Majd, N. (2020). Molecular Mechanisms of Treatment Resistance in Glioblastoma. *Int J Mol Sci*, 22(1). doi:10.3390/ijms22010351
- Pena Agudelo, J. A., Pidre, M. L., Garcia Fallit, M., Perez Kuper, M., Zuccato, C., Nicola Candia, A. J., Candolfi, M. (2023). Mitochondrial Peptide Humanin Facilitates Chemoresistance in Glioblastoma Cells. *Cancers (Basel)*, 15(16). doi:10.3390/cancers15164061
- Price, M., Ballard, C., Benedetti, J., Neff, C., Cioffi, G., Waite, K. A., Ostrom, Q. T. (2024). CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2017-2021. *Neuro Oncol*, 26(Supplement_6), vi1-vi85. doi:10.1093/neuonc/noae145
- Serrano, A., Casares, N., Troconiz, I. F., Lozano, T., Lasarte, J. J., Zalba, S., & Garrido, M. J. (2025). Foxp3 inhibitory peptide encapsulated in a novel CD25-targeted nanoliposome promotes efficient tumor regression in mice. *Acta Pharmacol Sin*, 46(1), 171-183. doi:10.1038/s41401-024-01338-0
- Setiawan, M. F., Rudan, O., Vogt, A., Gonzalez-Carmona, M. A., Langhans, B., Schmidt-Wolf, R., Schmidt-Wolf, I. G. H. (2019). FOXP3 Inhibitory Peptide P60 Increases Efficacy of Cytokine- induced Killer Cells Against Renal and Pancreatic Cancer Cells. *Anticancer Res*, 39(10), 5369-5374. doi:10.21873/anticancer.13730
- Sun, Z., Zhang, B., Wang, C., Fu, T., Li, L., Wu, Q., Wang, J. (2017). Forkhead box P3 regulates ARHGAP15 expression and affects migration of glioma cells through the Rac1 signaling pathway. *Cancer Sci*, 108(1), 61-72. doi:10.1111/cas.13118
- Videla Richardson, G. A., Garcia, C. P., Roisman, A., Slavutsky, I., Fernandez Espinosa, D. D., Romorini, L., Sevillever, G. E. (2016). Specific Preferences in Lineage Choice and Phenotypic Plasticity of Glioma Stem Cells Under BMP4 and Noggin Influence. *Brain Pathol*, 26(1), 43-61. doi:10.1111/bpa.12263
- Wang, L., Zhang, B., Xu, X., Zhang, S., Yan, X., Kong, F., Wang, J. (2014). Clinical significance of FOXP3 expression in human gliomas. *Clin Transl Oncol*, 16(1), 36-43. doi:10.1007/s12094-013-1037-x

- Wang, Y., Zhang, Y., Su, S., Tamukong, P., Murali, R., & Kim, H. L. (2023). Stimulation of antitumor immunity by FoxP3-targeting PROTAC. *Biomed Pharmacother*, 163, 114871. doi:10.1016/j.biopha.2023.114871
- Weller, M., Wen, P. Y., Chang, S. M., Dirven, L., Lim, M., Monje, M., & Reifenberger, G. (2024). Glioma. *Nat Rev Dis Primers*, 10(1), 33. doi:10.1038/s41572-024-00516-y
- Yang, S., Liu, Y., Li, M. Y., Ng, C. S. H., Yang, S. L., Wang, S., Chen, G. G. (2017). FOXP3 promotes tumor growth and metastasis by activating Wnt/beta-catenin signaling pathway and EMT in non-small cell lung cancer. *Mol Cancer*, 16(1), 124. doi:10.1186/s12943-017-0700-1
- Zhang, L., Xu, J., Zhang, X., Zhang, Y., Wang, L., Huang, X., & Xu, Z. (2017). The Role of Tumoral FOXP3 on Cell Proliferation, Migration, and Invasion in Gastric Cancer. *Cell Physiol Biochem*, 42(5), 1739-1754. doi:10.1159/000479442

39.- Saúde Humana

Micologia Médica no Ensino Superior: Impactos de um Projeto Educacional na formação de futuros profissionais da saúde

Autor: Rezende, Ana Letícia S.; analeticiadesouzarezende@gmail.com

Co-autor(es): Spies, Isabel C.S.; Garcia, Marcelle O.; Poester, Vanice R.

Orientador/a: Xavier, Melissa O.; melissaxavierfurg@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande / Faculdade de Medicina

Resumo

Doenças fúngicas sistêmicas e oportunistas causam 4 milhões de mortes ao ano no mundo e micoses menos graves afetam a qualidade de vida de 1 bilhão de pessoas. Apesar disso, o status de negligência da maioria das micoses decorre da defasagem no ensino de micologia médica do ensino básico até o superior. Nesse cenário, o projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local” da FAMED-FURG, pautado na abordagem Uma Só Saúde, visa fomentar conhecimento interdisciplinar entre discentes da área da saúde. Esse estudo objetivou avaliar o impacto do projeto na formação acadêmica de futuros profissionais. Desde 2021, o projeto é estruturado em módulos semestrais, cada um dedicado a uma doença fúngica. Ao final de cada módulo, aplicam-se formulários avaliativos. Os dados foram tabulados no programa Excel e submetidos a uma análise descritiva das variáveis categóricas. Foram realizados, durante esse período, oito módulos abordando esporotricose (n=2), histoplasmose, aspergilose, criptococose, candidose, dermatofitoses e paracoccidioidomicose. Ao todo, participaram 513 discentes de 39 instituições e 11 cursos, com maior representatividade de medicina e enfermagem. Dos 293 concluintes 96% foram aprovados e 276 responderam ao formulário de avaliação do projeto. Desses, 98% afirmaram ter plena percepção do impacto acadêmico positivo do projeto no avanço da construção de seu conhecimento com relação às doenças fúngicas abordadas. O alcance nacional do projeto, seus altos índices de satisfação e seu caráter formativo demonstram seu potencial transformador no ensino de micologia médica e reforçam a importância de tais iniciativas interdisciplinares na formação profissional e na promoção da saúde pública.

Palavras-chave: doenças fúngicas, fungos, educação em saúde.

Introdução

Globalmente, doenças fúngicas sistêmicas e/ou oportunistas são associadas à mortalidade de cerca de 4 milhões de pacientes anualmente e micoses de menor gravidade são associadas a perda de qualidade de vida de aproximadamente 1 bilhão de pessoas (GAFFI, 2013). Apenas no Brasil, estima-se que mais de 3,5 milhões de pacientes sofram de micoses que acarretam em risco de vida a este indivíduo (Giacomazzi et. al., 2016). Apesar deste preocupante panorama, as infecções fúngicas são negligenciadas e pouco conhecidas pela população em geral e inclusive por parte de profissionais de saúde (humana e animal) (Poester et. al., 2019). De fato, apenas em 2022 a Organização Mundial da Saúde reconheceu e incluiu fungos como patógenos prioritários à saúde pública (World Health Organization, 2022).

Este status de negligência é ocasionado devido a defasagem de ensino sobre a micologia médica desde a base até o ensino superior. No ensino fundamental e médio, segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) brasileira, fungos não são abordados como patógenos humanos ou animais, sendo apenas contextualizados como decompositores (Ministério da Educação, 2018a). De forma semelhante, diferentes cursos superiores na área da saúde, tais como biologia e enfermagem, não contemplam na parte da

microbiologia médica, patógenos fúngicos, e outros como medicina, contemplam de forma superficial, limitada ou incompleta (Cavalcante, Campos, Lima, & Caminha, 2019; Pasqualotto et al., 2025).

Frente a este cenário, se faz necessária a realização de atividades de ensino em instituições de ensino superior que sejam complementares e fomentem o conhecimento na área da micologia médica, principalmente para cursos que articulem com a temática de Uma Só Saúde — abordagem integrada que reconhece a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental. De acordo com o Painel de Especialistas de Alto Nível em Uma Só Saúde (OHHLEP), essa perspectiva visa equilibrar e otimizar de forma sustentável a saúde desses sistemas interligados, promovendo ações colaborativas e intersetoriais (Ministério da Saúde, 2022; Ministério da Saúde, 2024). Cursos como medicina, biologia e medicina veterinária têm papel fundamental nesse processo, uma vez que formam profissionais capazes de atuar de forma integrada no enfrentamento ao atual panorama das doenças fúngicas, contribuindo, assim, para a redução da morbi/mortalidade dos pacientes acometidos por enfermidades fúngicas.

Dessa forma, projetos de ensino desenvolvidos por instituições de ensino superior podem impactar de forma significativa na formação acadêmica dos

discentes, uma vez que contribuem não apenas para a aquisição de conhecimentos teóricos, mas também para o aumento do engajamento entre seus participantes (Silva & Mendonza, 2020).

Objetivo

O objetivo do presente estudo é reportar as atividades do projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local” da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande (FAMED-FURG) e avaliar seu impacto na formação acadêmica dos participantes.

Materiais e Métodos

O projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local”, cadastrado sob o número SISPROJ ENS 1843 na FURG, é realizado desde 2021 pelo Grupo de Micologia Médica da FAMED-FURG. O projeto tem como objetivo principal proporcionar aos acadêmicos envolvidos a oportunidade de desenvolver, de maneira ativa, um conhecimento teórico-prático aprofundado na área da Micologia Médica, de forma a fomentar o pensamento crítico e a tomada de decisões nesta área de atuação. Ademais, é direcionado para cursos universitários que integram diferentes áreas da saúde humana, animal e ambiental, visando a troca de experiências em ambiente interdisciplinar e

interinstitucional, considerando que é estimulada a participação de outras instituições de ensino superior (privadas e públicas) a partir do formato remoto de desenvolvimento do projeto. O presente estudo avaliou a atuação do projeto entre novembro de 2021 e julho de 2025.

De forma geral, o projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica” é realizado a partir de módulos (1 a cada semestre letivo) direcionados para diferentes doenças fúngicas, contando ao total com cerca de 10 encontros remotos (plataforma digital *Zoom Workplace*), um por semana, com duração de 1 hora, e um encontro presencial não obrigatório para a realização de aula prática na temática do patógeno fúngico da enfermidade abordada (Figura 1).

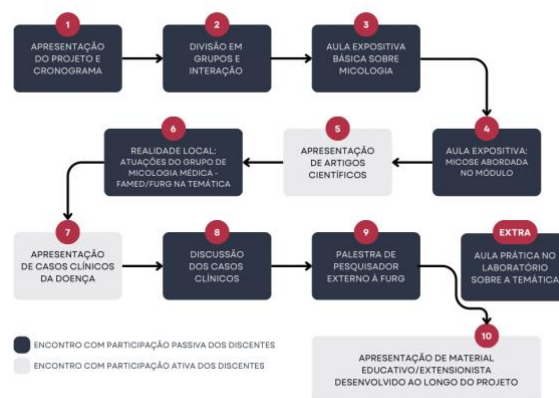


Figura 1. Fluxograma dos encontros remotos do projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local” (registro SISPROJ ENS 1843) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Para a inscrição no projeto, os discentes preenchem um formulário disponibilizado no *Google Forms*, no qual fornecem dados como nome, curso em que estão matriculados e a instituição à qual pertencem. Essas informações são coletadas com o objetivo de possibilitar uma seleção mais diversificada dos participantes e uma análise detalhada do curso, instituição e semestre letivo, permitindo, assim, uma melhor compreensão do perfil dos envolvidos.

Para que o aluno participante, após o término do projeto, seja elegível ao certificado de conclusão deste, é obrigatória, além de nota mínima de 70% no formulário avaliativo, descrito a seguir, a presença mínima de 75% nas reuniões programadas. Essas presenças são registradas por meio de formulários no *Google Forms* enviados no chat a cada reunião. Neles, o aluno, então, informa seu nome e a palavra-chave do dia, informada naquela reunião.

Ao final do projeto, são disponibilizados dois formulários no *Google Forms* para que os discentes respondam. O primeiro formulário possui caráter avaliativo e contém perguntas relacionadas ao tema/doença discutido ao longo das aulas. O segundo formulário também tem caráter avaliativo, mas visa avaliar o projeto como um todo e é completamente anônimo. Neste formulário, inclui-se uma pergunta dicotômica de sim ou não, com o objetivo

de verificar se o aluno acredita que o projeto contribuiu para sua vida acadêmica. Além disso, também é solicitada uma avaliação sobre o tema ministrado no módulo do projeto, utilizando opções como "péssimo", "ruim", "regular", "bom" e "excelente". Após a coleta das respostas, todos os dados são tabulados no programa Excel para uma análise descritiva das variáveis categóricas, com cálculo de frequências absolutas e relativas. A questão "houve impacto em sua vida acadêmica?" foi analisada por meio da proporção de respostas afirmativas e negativas, enquanto a questão "qual sua opinião sobre o tema do módulo" foi analisada por meio da distribuição de frequências para cada categoria de resposta.

Resultados e discussão

Em um período de cerca de 3 anos, foram realizados 8 módulos do projeto, abrangendo um total de 7 doenças fúngicas, que, em ordem de realização, contemplaram: esporotricose ($n=2$), histoplasmose, aspergilose, criptococose, candidíase, dermatofitoses e paracoccidioidomicose. Durante esse período, o projeto contou com 513 participantes distribuídos entre os oito módulos desenvolvidos, sendo 290 estudantes da FURG e 223 de instituições externas. Desses, 293 concluíram o módulo, dos quais 199 eram da FURG e 94

de outras universidades (Figura 2). Portanto, com base na análise de todo o período do projeto vigente, o índice de desistência foi de 42%. A evasão entre os módulos variou de 25 a 54% (Figura 3). Ao todo, 39 instituições, além da entidade proponente, participaram de algum módulo do projeto. Dentre essas, uma estava localizada na Venezuela, enquanto as demais estavam distribuídas por diversos estados do Brasil.

Considerando todos os participantes no projeto (n=513), foram representados os seguintes cursos no projeto: Medicina (n=238), Ciências Biológicas (n=94), Biomedicina (n=74), Enfermagem (n=43), Farmácia (n=35), Medicina Veterinária (n=18), Engenharia Bioquímica (n=5), Toxicologia Ambiental (n=3), Odontologia (n=1), Educação Física (n=1) e Física Médica (n=1).

MÓDULO	TEMA	N DE INICIANTES		N DE CURSOS INSCRITOS	N DE INSTITUIÇÕES INSCRITAS	N DE CONCLUINTE	
		FURG	EXTERNOS			FURG	EXTERNOS
I	ESPOROTRICOSE	38	17	7	5	22	8
II	HISTOPLASMOSE	19	24	7	6	18	10
III	ASPERGULOSE	21	10	5	10	17	6
IV	CRIPTOCOCOSE	46	8	6	7	31	3
V	CANDIDÍASE	39	47	8	17	28	11
VI	DERMATOFITOSES	44	32	7	11	26	15
VII	PARACOCIDIOIDOMICOSE	43	45	6	10	31	20
VIII	ESPOROTRICOSE	40	40	6	19	26	21

Figura 2. Dados gerais dos participantes do projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local” (registro SISPROJ ENS

1843) da Universidade Federal do Rio Grande.

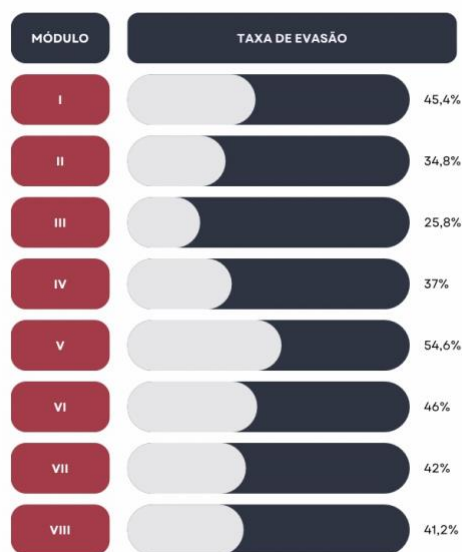


Figura 3. Porcentagem de evasão dos participantes em cada módulo do projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local” (registro SISPROJ ENS 1843) da Universidade Federal do Rio Grande.

Em relação à avaliação dos alunos, observou-se uma taxa de 96% de aprovação geral dos discentes na avaliação 1 (Figura 4). Quanto à avaliação dos módulos, foram preenchidos 276 formulários, nos quais 98% dos alunos responderam afirmativamente à pergunta se o projeto havia acrescentado algo em sua vida acadêmica. Além disso, 84,7% dos participantes classificaram os temas como excelentes, enquanto 11,5% os classificaram como bons, totalizando 96,2% de avaliações positivas ao projeto (Figura 5).

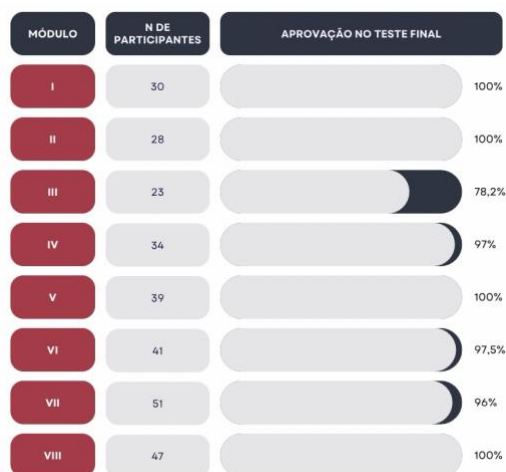


Figura 4. Porcentagem de participantes aprovados na avaliação final em cada módulo do projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local” (registro SISPROJ ENS 1843) da Universidade Federal do Rio Grande.

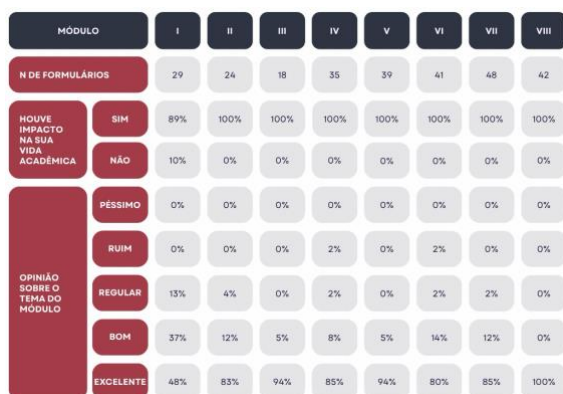


Figura 5. Dados do formulário de avaliação dos módulos do projeto de ensino “Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local” (registro SISPROJ ENS 1843) da Universidade Federal do Rio Grande.

Considerando a abrangência dos cursos e instituições envolvidos, bem como o conteúdo abordado no contexto de Uma Só Saúde sobre patógenos fúngicos de

relevância, observa-se que a participação no projeto resultou no aprimoramento do aprendizado em micologia médica, ao reforçar uma abordagem intersectorial essencial para o enfrentamento de doenças fúngicas (Banerjee, Denning, & Chakrabarti, 2021). Além disso, a iniciativa proporcionou uma valiosa troca de experiências entre docentes e discentes, favorecendo o compartilhamento e a construção coletiva do conhecimento. Conforme ilustrado anteriormente (Figura 3), o projeto impactou diversas regiões do Brasil, incluindo participantes do Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte do país, ampliando significativamente o alcance e a diversidade das experiências compartilhadas.

A educação em saúde, quando ofertada por meio de projetos de ensino complementares, representa uma estratégia essencial para a promoção da saúde, contribuindo significativamente para a prevenção e o controle de doenças (Menezes, Rodrigues, Candito, & Soares, 2020). Isso é particularmente relevante para enfermidades negligenciadas e com lacunas no ensino, como as doenças fúngicas, cuja inclusão em iniciativas educacionais possibilita a ampliação do conhecimento dos futuros profissionais de saúde e a formação de multiplicadores dessa expertise (De Figueiredo Júnior et al., 2020). Nesse sentido, torna-se imprescindível que as universidades

incentivem e promovam projetos de ensino que fortaleçam a base teórica e prática dos estudantes, preparando-os para atuação na área da micologia médica.

Entre os principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento deste projeto, destacam-se questões já amplamente conhecidas em programas e cursos de ensino à distância. A modalidade, embora ofereça maior flexibilidade e alcance, conforme foi evidenciado pelo número de participantes externos, frequentemente se depara com altos índices de desinteresse e evasão por parte dos alunos (Almeida, Abbad, Meneses, & Zerbini, 2013). Essa realidade pode ser explicada, em parte, pela exigência de uma postura mais autônoma e ativa do estudante, que deve assumir o papel de protagonista em sua aprendizagem (Costa, Guerra, & Guedes, 2021).

Além disso, o domínio limitado de tecnologias digitais por parte de muitos participantes representa uma barreira significativa. A dificuldade em utilizar plataformas virtuais e a falta de familiaridade com ferramentas básicas de informática são fatores que comprometem o engajamento e o desempenho dos discentes (Costa et al., 2021). Soma-se a isso a necessidade de disciplina e planejamento constantes, elementos que, quando ausentes, potencializam a sensação de incapacidade diante do volume de conteúdo e das exigências da

formação. Tais fatores evidenciam a importância de uma formação continuada tanto para alunos quanto para professores, a fim de que possam desenvolver as competências necessárias para uma atuação eficaz em contextos de aprendizagem mediada por tecnologias (Scherer & Brito, 2014).

Um ponto que chama a atenção, ao se analisar os dados do projeto, é a discrepância observada no Módulo 3, cuja taxa de aprovação no teste final foi de 78%, enquanto os demais módulos apresentaram índices superiores a 96%. Essa diferença pode ser parcialmente explicada pelo menor número de discentes concluintes do Módulo 3 ($n=23$) em comparação com os demais (n variando de 28 a 51), o que amplifica a variabilidade dos resultados percentuais (Serdar, Cihan, Yücel, & Serdar, 2021).

Experiências extracurriculares, como a ofertada por este projeto de ensino, desempenham um papel crucial na formação dos estudantes da área da saúde, proporcionando oportunidades para o desenvolvimento de habilidades práticas e colaborativas. Tais atividades favorecem a aprendizagem interprofissional, preparando os alunos para atuarem de forma integrada em equipes de saúde multidisciplinares, o que é essencial para a melhoria da qualidade do cuidado em saúde (Cavinatto et. al., 2023). No contexto da formação acadêmica, a integração entre

ensino, pesquisa, inovação e extensão constitui um princípio fundamental das instituições de ensino superior (Ministério da Educação, 2018b). O presente projeto atende amplamente a esses pilares, contribuindo para uma formação mais completa e alinhada às demandas científicas e sociais. Ademais, os elevados índices de avaliações positivas evidenciam a alta satisfação com o conteúdo e a abordagem do projeto pelos participantes.

A apresentação de artigos científicos em contextos de ensino, aliada à produção de materiais extensionistas, configura-se como uma estratégia pedagógica eficaz para a disseminação do conhecimento gerado, promovendo a reflexão crítica e a aplicação prática dos conteúdos abordados (Massi, Santos, Ferreira, & Queiroz, 2009; Santana, Santana, Costa Neto, & Oliveira, 2021). Tais iniciativas não apenas fortalecem a formação acadêmica, mas também estreitam os laços entre a universidade e a comunidade, ampliando o impacto social das ações extensionistas (SANTANA et al., 2021).

Conclusão

O presente projeto demonstrou ser uma iniciativa fundamental para a formação acadêmica em diferentes instituições de ensino superior distribuídas em diferentes partes do Brasil. O projeto conseguiu não apenas enriquecer o conhecimento técnico dos participantes, mas também fortalecer

sua capacidade de análise crítica e tomada de decisões baseada em evidências científicas. Ademais, ao fomentar a disseminação do conhecimento adquirido para a população em geral, a iniciativa contribuiu para a popularização da ciência e para a conscientização sobre a importância das infecções fúngicas. A receptividade positiva dos participantes reforça a necessidade de continuidade e ampliação de projetos como este, que atuam diretamente na promoção da saúde pública e na formação de profissionais mais preparados e conscientes de seu papel na sociedade.

Financiamento

O projeto intitulado "Vivência em Micologia Médica: da evidência científica à realidade local" contou com apoio financeiro por meio da Bolsa de Ensino, Pesquisa, Extensão, Monitoria e Cultura (EPEC) concedida pelo Programa de desenvolvimento do estudante (PDE), da FURG, destinada a estudante de graduação. O financiamento viabilizou o desenvolvimento das atividades propostas, reforçando o compromisso da instituição com a articulação entre ensino, pesquisa e extensão no contexto da formação acadêmica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Micologia Médica da FAMED-FURG pelo

suporte técnico-científico e pela colaboração durante a realização das atividades do projeto. Agradecem, também, à Pró-Reitoria de Graduação da FURG pelo apoio institucional, essencial para a viabilização desta iniciativa voltada à integração entre a formação acadêmica e a realidade local.

Referências

- Almeida, O. C. de S. de, Abbad, G., Meneses, P. P. M., & Zerbini, T. (2013). Evasão em cursos a distância: fatores influenciadores. *Revista Brasileira de Orientação Profissional*, 14(1), 19–33. Retrieved from https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1679-33902013000100004&script=sci_arttext
- Banerjee, S., Denning, D. W., & Chakrabarti, A. (2021). One Health aspects & priority roadmap for fungal diseases : A mini-review: A mini-review. *The Indian Journal of Medical Research*, 153(3), 311–319. doi:10.4103/ijmr.IJMR_768_21
- Cavalcante, F. S. A., Campos, M. C. C., Lima, J. P. S. de, & Caminha, I. S. (2019). Relação ensino-aprendizagem sobre fungos no ensino superior: um estudo bibliográfico. *Ciência e Natura*, 41, e48. doi:10.5902/2179460x39156
- Cavinatto, T. J., Mininel, V. A., Peduzzi, M., Leite, D. R., Meireles, E., Toassi, R. F. C., & Silva, J. A. M. da. (2023). EXPERIÊNCIAS EXTRACURRICULARES E DISPONIBILIDADE PARA A EDUCAÇÃO INTERPROFISSIONAL EM SAÚDE NA GRADUAÇÃO. *Saberes Plurais: Educação Na Saúde*, 6(2). doi:10.54909/sp.v6i2.128200
- Costa, M. A. B., Guerra, R. S., & Guedes, P. da S. (2021). DESAFIOS DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA ONLINE. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(9), 766–776. doi:10.51891/rease.v7i9.2279
- De Figueiredo Júnior, A. M., Frazão, J. de M., Da Silva, A. T. S., Da Trindade, L. M., Contente, T. M. de S., Machado, T. H. G., ... Aguiar, A. C. de S. (2020). A importância do processo de educação em saúde entre estudantes da área da saúde: um relato de experiência. *Revista Eletrônica Acervo Científico*, 11, e3003. doi:10.25248/reac.e3003.2020
- GAFFI. (2013). Why. Recuperado em 01 maio, 2025 de: <https://gaffi.org/why/>
- Giacomazzi, J., Baethgen, L., Carneiro, L. C., Millington, M. A., Denning, D. W., Colombo, A. L., ... Association With The LIFE Program. (2016). The burden of serious human fungal infections in Brazil. *Mycoses*, 59(3), 145–150. doi:10.1111/myc.12427
- Massi, L., Santos, G. R. dos, Ferreira, J. Q., & Queiroz, S. L. (2009). Artigos científicos como recurso didático no ensino superior de Química. *Química Nova*, 32(2), 503–510. doi:10.1590/s0100-40422009000200039

- Menezes, K. M., Rodrigues, C. B. C., Candito, V., & Soares, F. A. A. (2020). Educação em saúde no contexto escolar. *Revista de educação popular*, 48–66. doi:10.14393/rep-2020-53255
- Ministério da Educação. (2018a). Base Nacional Comum Curricular. Recuperado em 16 setembro, 2024 de: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192
- Ministério da Educação. (2018b). Resolução n°7, de 18 de dezembro de 2018. Recuperado em 14 julho, 2024 de: https://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=105102-rces007-18&Itemid=30192
- Ministério da Saúde. (2022). Plano de Ação Conjunto. Recuperado em 22 abril, 2025 de: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/u/uma-so-saude/plano-de-acao-conjunto>
- Ministério da Saúde. (2024). Uma Só Saúde – Definições e princípios. Recuperado em 22 abril, 2025 de: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/u/uma-so-saude/definicoes-e-principios>
- Pasqualotto, A. C., Aquino, V. R., Falci, D. R., Severo, C. B., Xavier, M. O., & Trindade, E. N. (2025). Medical mycology education in southern Brazil: A cross-sectional survey of medical schools. *Open Forum Infectious Diseases*, (ofaf540). doi:10.1093/ofid/ofaf540
- Poester, V. R., Saraiva, L. A., Pretto, A. C., Klafke, G. B., Sanchotene, K. O., Melo, A. M., ... Xavier, M. O. (2019). Desconhecimento de profissionais e ações de extensão quanto à esporotricose no extremo Sul do Brasil. *VITTALLE - Revista de Ciências Da Saúde*, 31(1), 8–14. doi:10.14295/vittalle.v31i1.8214
- Santana, R. R., Santana, C. C. de A. P., Costa Neto, S. B., & Oliveira, Ê. C. de. (2021). Extensão Universitária como Prática Educativa na Promoção da Saúde. *Educacao e realidade*, 46(2). doi:10.1590/2175-623698702
- Scherer, S., & Brito, G. da S. (2014). Educação a distância: possibilidades e desafios para a aprendizagem cooperativa em ambientes virtuais de aprendizagem. *Educar Em Revista*, (spe4), 53–77. doi:10.1590/0104-4060.38644
- Serdar, C. C., Cihan, M., Yücel, D., & Serdar, M. A. (2021). Sample size, power and effect size revisited: simplified and practical approaches in pre-clinical, clinical and laboratory studies. *Biochemia Medica*, 31(1), 27–53. doi:10.11613/bm.2021.010502
- Silva, M. F. da, & Mendoza, C. C. G. (2020). A importância do ensino, pesquisa e extensão na formação do aluno do Ensino Superior. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 119–133.

doi:10.32749/nucleodoconhecimento.com.
br/educacao/pesquisa-e-extensao
World Health Organization. (2022). *WHO
fungal priority pathogens list to guide*

*research, development and public health
action*. Genève, Switzerland: World Health
Organization.

38-Atención primaria de la salud

CALIDAD OBJETIVA Y PERCEPCIÓN DEL SUEÑO EN PERSONAS MAYORES DE UN ENTORNO URBANO Y UNO RURAL

Autor: Acevedo Costello, Benjamín Nicolas.; E. mail: benjacv2@hotmail.com.

Co-autor(es): Casanova Roldán, Abril.; Juarez Rodríguez, Tomas.; Lepen, Luciana

Agustina.; Lobato Marini, Maria Agustina.; Rodero, Jorge Ariel.

Orientador/a: Joo Turoni, Claudio;. Email: claudiojoo@fm.unt.edu.ar.; Galdeano, Ricardo

Sebastián.; Email: ricardogaldeano76@hotmail.com.

Macchioni, María Laura.; marialauramacchioni@yahoo.com.ar.

Universidad Nacional de Tucumán / Facultad de Medicina.

Resúmen:

Introducción: La calidad del sueño (CS) es un determinante de salud en todas las etapas de la vida, especialmente en adultos mayores. Existe el preconcepto que describe mejor CS en zonas rurales frente a urbanas, sin embargo, hay pocos estudios sobre este tema en las comunidades del noroeste argentino. **Objetivo:** Comparar la CS en adultos mayores de una comunidad urbana y una rural. **Material y métodos:** Estudio observacional, descriptivo, transversal, con enfoque cuantitativo. Se incluyeron personas ≥ 60 años del entorno urbano de Tafí Viejo (Tucumán) y del entorno rural de Cachi (Salta). Se utilizó el Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh (PSQI) y entrevistas estructuradas. Análisis: Estadística descriptiva y prueba de Chi-cuadrado (significación $p < 0,05$). **Resultados:** Se estudió 106 pobladores (81 mujeres y 25 varones). 55 pobladores eran de Tafí Viejo y 51 de Cachi. No hubo diferencias significativas en la distribución por edad ($68,5 \pm 5,8$ vs. $68,8 \pm 6,2$ años; p : NS) ni sexo. En el entorno rural hubo mayor cantidad de personas con mala CS (Cachi: 76,9% vs Tafí Viejo: 50,9% $p < 0,01$). La percepción del sueño considerada “bastante buena” fue mayor en el entorno rural (Cachi: 71% vs Tafí Viejo: 49%; $p < 0,05$). Hubo mayor coincidencia entre CS y su percepción en el entorno urbano (Cachi: 21,6% vs Tafí Viejo: 59,3%, $p < 0,001$). Los pobladores que tomaron medicación para dormir fue mayor en el entorno rural (Cachi: 73% vs Tafí Viejo: 16,36%; $p < 0,001$). **Conclusión:** El hecho de que la población rural presente una mala CS requiere un estudio más profundo para determinar sus causas. La percepción de “dormir bien” en este entorno, sugiere una idiosincrasia sobre los estándares del sueño, que podría explicar la discrepancia entre percepción y calidad objetiva.

Palabras clave: sueño, adultos mayores, rural-urbano.

Introducción:

La calidad del sueño es un aspecto fundamental del bienestar general. Se define como la ausencia de interrupciones o síntomas durante el descanso, permitiendo un sueño continuo y reparador, reflejado en un funcionamiento diurno adecuado (Elwood, Hack, Pickering, Hughes, & Gallacher, 2006). Los adultos mayores son particularmente vulnerables a trastornos del sueño, como el síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS), el insomnio y la somnolencia diurna (Saldías P, Farcas O, Reyes S, & Leiva R, 2024). Un metaanálisis realizado en diferentes países encuentra que la prevalencia global de problemas del sueño en adultos mayores no institucionalizados oscila ampliamente, pero se ubica entre el 40% y el 60% (Canever et al., 2024).

Estos trastornos pueden intensificarse en entornos urbanos, como lo demuestra un estudio observacional realizado en una ciudad de Portugal, donde se reportaron mayores alteraciones del sueño en zonas con contaminación lumínica y acústica, en comparación con áreas rurales (Cardoso, Quintas, & Tavares, 2023). Pero en dos estudios realizados en China demostraron que las condiciones ambientales, socioeconómicas y de acceso a servicios de salud pueden influir en la CS de manera más determinante que la ubicación geográfica en sí, ya que los trastornos del sueño fueron muy prevalentes entre las

personas mayores de la China rural (Wang et al., 2020),(Yang et al., 2021). La evidencia científica muestra que una mala calidad del sueño impacta negativamente en la salud y la calidad de vida de los adultos mayores. Se ha observado que tanto el sueño insuficiente (menos de seis horas) como el excesivo (más de nueve horas) se asocia con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, configurando una relación en forma de “U” (Amin et al., 2025). Un estudio longitudinal del Reino Unido concluyó que la mala calidad del sueño se asocia con un mayor riesgo de hipertensión arterial independientemente de la predisposición genética (Zheng et al., 2025).

En el contexto argentino, una encuesta del Observatorio de Psicología Social Aplicada de la Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires reveló que un 75,95% de las personas presenta algún tipo de alteración del sueño. El 38,61% del total presenta insomnio o sueño interrumpido, el 21,39% duerme menos de lo habitual y el 15,95% duerme más de lo habitual (Etchevers et al., 2022). Este déficit en la calidad del sueño se ve intensificado entre personas mayores que viven en hogares en condición de pobreza multidimensional extrema, en niveles socioeconómicos bajos, con menor nivel educativo o en situación de viudez. En contraste, los menos afectados son aquellos con nivel socioeconómico medio-

alto, mayor educación, sin condiciones de pobreza y residentes en ciudades pequeñas o medianas del interior del país (Amadasi, et al., 2024).

Estudios recientes destacan que una duración corta del sueño se relaciona con mayor incremento de adiposidad, a la aparición de diabetes tipo 2 y niveles elevados de inflamación (Yusuf et al., 2004), riesgo cardiovascular y menor probabilidad de mantener una salud cardiovascular ideal (Anothaisintawee, Reutrakul, Van Cauter, & Thakkestian, 2016), (Cappuccio, D'Elia, Strazzullo, & Miller, 2010), (Cappuccio, Cooper, D'Elia, Strazzullo, & Miller, 2011). Esta relación podría deberse a alteraciones hormonales —como los niveles de cortisol y hormona del crecimiento— y a procesos inflamatorios crónicos de bajo grado (Yin et al., 2017), (Cash, 2020).

En este marco, el envejecimiento poblacional constituye uno de los principales desafíos para los sistemas de salud en América Latina. Entre los múltiples aspectos que afectan la calidad de vida de los adultos mayores, el sueño cumple un rol esencial. Diversos factores influyen en su calidad, incluyendo hábitos de vida, comorbilidades, estrés y condiciones del entorno físico y social.

En este sentido, el entorno geográfico (urbano o rural) puede desempeñar un papel determinante. En zonas urbanas, los adultos mayores están más expuestos al ruido, la contaminación lumínica y mayores

niveles de estrés (Cardoso, Quintas, & Tavares, 2023), mientras que en zonas rurales podrían beneficiarse de un ambiente más favorable para el descanso, aunque con menor acceso a servicios de salud (Wang et al., 2020).

En la región del noroeste argentino, particularmente en las provincias de Tucumán y Salta, coexisten realidades urbanas y rurales marcadamente distintas. Sin embargo, existe escasa evidencia sobre cómo estas diferencias impactan en la calidad del sueño de los adultos mayores. Tafí Viejo (Tucumán) representa un entorno urbano, los adultos mayores bajo estudio asisten a un espacio comunitario activo en el “Club Villa Mitre”; Donde el “Departamento de Adultos Mayores” ofrece de forma regular actividades físicas, recreativas y sociales como yoga, folclore, pintura, gimnasia, terapia grupal y talleres de salud; mientras que Cachi (Salta) constituye una comunidad rural, donde los adultos bajo estudio son personas que asistieron al programa de prevención cardiovascular Sonqo-Calchaquí destinado a poblaciones rurales con difícil acceso a la salud y con características socioeconómicas particulares.

Frente a este contexto, surge la necesidad de investigar si la calidad del sueño difiere entre los adultos mayores que residen en dos localidades con condiciones de vida totalmente diferentes. Comprender estas diferencias puede permitir el diseño de

estrategias de promoción del sueño saludable adaptadas al entorno y a las necesidades reales de la población.

Objetivos:

Objetivo general: Comparar la calidad del sueño en adultos mayores de una comunidad urbana y una rural.

Objetivos específicos:

- Evaluar la calidad del sueño en adultos mayores de una comunidad urbana (Tafí Viejo- Tucumán).
- Evaluar la calidad del sueño en adultos mayores de una comunidad rural de (Cachi- Salta).
- Analizar factores asociados (nivel de escolarización, cobertura médica, Ocupación y uso de medicación para dormir).
- Comparar los resultados obtenidos entre ambas poblaciones.

Materiales y métodos:

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, de corte transversal, con enfoque cuantitativo en una población de adultos mayores que participó de las actividades del “Club Villa Mitre” organizadas por el Departamento de Adultos Mayores bajo la dirección de la Municipalidad de Tafí Viejo-Tucumán. Y una población de adultos mayores que participó del Programa de prevención cardiovascular “SONQO-CALCHAQUI III” en Cachi-Salta.

Se incluyeron en el estudio Personas de 60 años o más, que asistieron al club de Villa Mitre en Tafí Viejo y al Programa “SONQO-CALCHAQUI III” durante el período de recolección de datos.

Se excluyeron personas con deterioro cognitivo severo o diagnóstico de demencia que impida la adecuada comprensión del cuestionario.

Personas que no completaron correctamente alguno de los instrumentos. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. La muestra final quedó conformada por 107 personas, 55 personas de Tafí Viejo y 52 personas de Cachi.

Variables en estudio:

Calidad objetiva del sueño: Percepción de descanso y satisfacción con la experiencia de dormir durante el último mes, incluyendo aspectos como la duración, la latencia para conciliar el sueño, la continuidad debido a la presencia de despertares nocturnos, la sensación de bienestar al despertar y la cantidad de horas dormidas determinando la eficiencia. Evaluada mediante el Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh (PSQI). Clasificando la calidad de sueño en Buena o Mala (>5 puntos).

Percepción del sueño: Se refiere a cómo cada individuo experimenta y evalúa su propio sueño durante el último mes. Se evalúa con la pregunta: ¿durante el último mes cómo valoraría en conjunto la calidad del sueño?, con cuatro opciones de

respuesta; Bastante buena, buena, mala, bastante mala.

Duración del sueño: cantidad total de horas que una persona duerme en un período de 24 horas. Se determina en con la pregunta ¿Cuántas horas calcula que habrá dormido verdaderamente cada noche durante el último mes (el tiempo puede ser diferente al que permanece en la cama) ?, a la respuesta en horas se las clasifica en menos de 6 horas, de 6 a 7 horas, y más de 7 horas.

Uso de medicación hipnótica: utilización de fármacos que deprimen el sistema nervioso central para inducir y mantener el sueño. Evaluado con la pregunta Durante el último mes ¿Cuántas veces habrá tomado medicinas (por su cuenta o recetadas por el médico) para dormir?, las opciones para responder: Ninguna vez en el último mes, menos de una vez a la semana, una o dos veces a la semana, tres o más veces a la semana.

Edad: Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento de la investigación. Se registró en años especificados en la encuesta y se clasificó al rango de 60 a 75 años como adultos mayores, y ancianos de 76 años o más.

Sexo: Conjunto de características biológicas, físicas, fisiológicas y anatómicas que definen a los seres humanos como varón y mujer. Se registró lo referido como sexo masculino o femenino.

Ocupación: Se define la situación en que se encuentran las personas con respecto a su participación o no en la actividad económica. Se registró como Activo, Jubilado o Pensionado.

Cobertura médica: Protección financiera que brinda un seguro de salud o una obra social para cubrir los gastos de atención médica de una persona. Se consideró si presentaban o no.

Escolarización: Grado máximo de estudios completados por una persona dentro del sistema educativo. Se consideró nivel de educación primario, secundario y terciario (abarca técnico y universitario)

Consideraciones éticas: El estudio se ajustó a los principios de la Declaración de Helsinki. Se garantizó el anonimato de los participantes, la confidencialidad de los datos y la participación voluntaria mediante consentimiento informado.

Se solicitó autorización por escrito a la directora del Dpto. de Adultos Mayores del municipio de Tafí Viejo para llevar a cabo el trabajo de investigación. De la misma manera se solicitó la autorización a las autoridades correspondientes del Programa SONQO-CALCHAQUÍ III para analizar los datos recabados.

Instrumentos y procedimientos: Los datos se obtuvieron mediante entrevistas individuales, en un espacio del Club Villa Mitre al que asisten los adultos mayores de Tafí Viejo- Tucumán, al igual que los adultos mayores de Cachi- Salta al asistir al Programa de prevención cardiovascular

SONQO-CALCHAQUÍ. Se utilizó como instrumento el *Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh (PSQI)* (Buysse, Reynolds, Monk, Berman, & Kupfer, 1989); y una ficha con datos sociodemográficos. Estos datos fueron registrados en una encuesta heteroadministrada de Google forms, la cual se vinculó con una planilla de Excel donde se procesaron los datos.

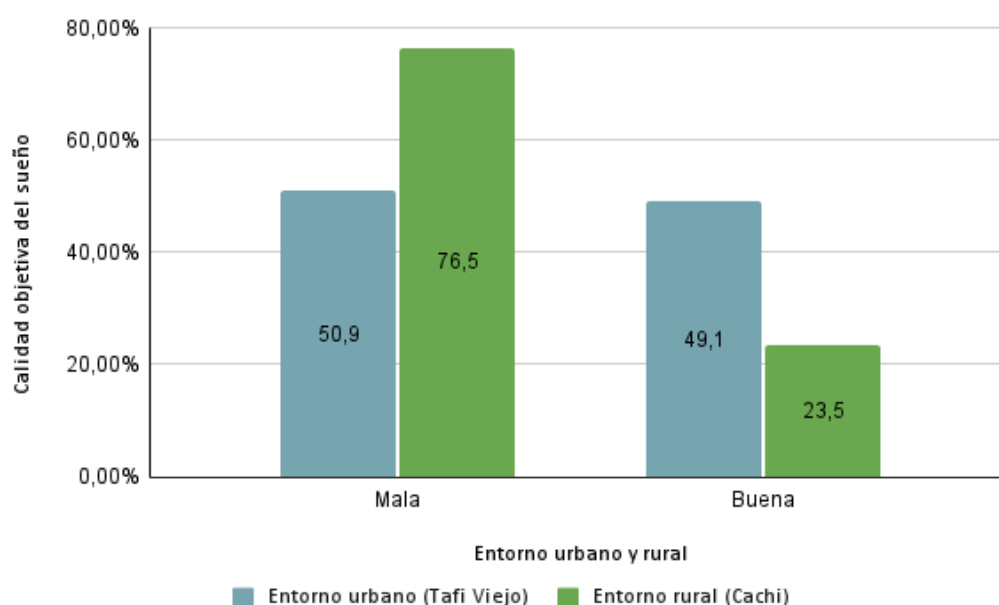
Con respecto a la población de Cachi, se analizaron los datos recabados en el Programa SONQO-CALCHAQUI III, donde se realizó la misma encuesta, pero en formato físico.

Análisis de datos: Se aplicó analítica descriptiva (porcentaje, media) e inferencial (Chi cuadrado) para analizar las variables categóricas y determinar la asociación entre ellas. Se utilizó un valor de significancia de $p < 0,05$.

Resultados:

Se estudiaron 107 pobladores (81 mujeres y 26 varones). 55 pobladores eran de Tafí Viejo y 52 de Cachi. No hubo diferencias significativas en la distribución por edad ($68,5 \pm 5,8$ vs. $68,8 \pm 6,2$ años; p : NS) ni sexo.

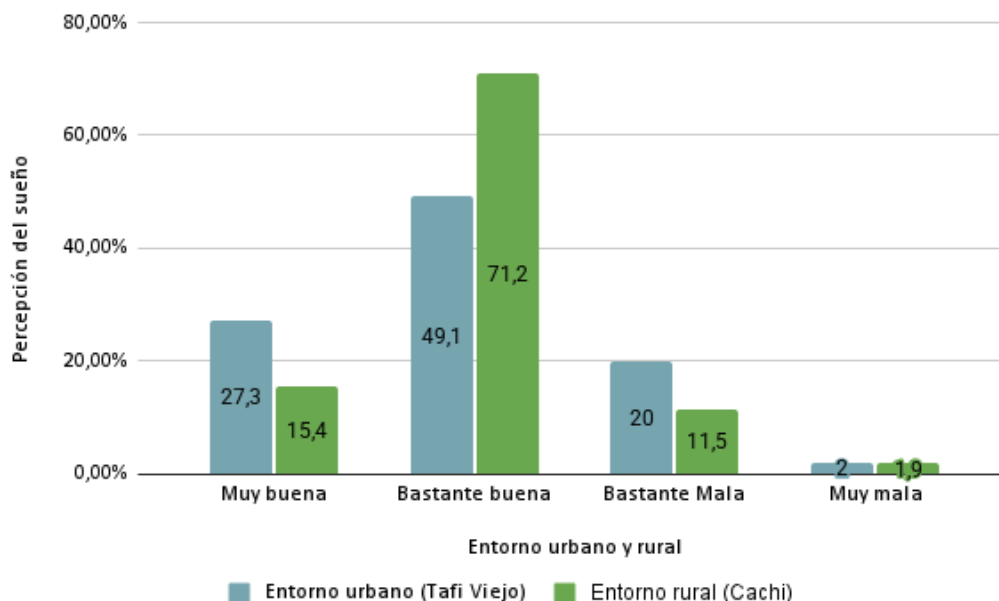
Figura 1: Calidad objetiva del sueño según el entorno (n=107).



Como se observa en la figura 1, en el entorno rural hubo mayor cantidad de personas con mala *calidad objetiva del*

sueño (Cachi: 76,9% vs Tafí Viejo: 50,9% χ^2 : 7,8089; $p < 0,01$).

Figura 2: Percepción del sueño según el entorno (n=107).



Como se observa en la figura 2 la *percepción del sueño* se calificó como muy buena en el 27,3%, bastante buena en el 49,1%, bastante mala en el 20%, y muy mala en el 2% en los pobladores de Tafi

Viejo y como muy buena en el 15,4%, bastante buena en el 71,2%, bastante mala en el 11,5% y muy mala en el 1,9% en Cachi (χ^2 : 7,4557; $p < 0,05$).

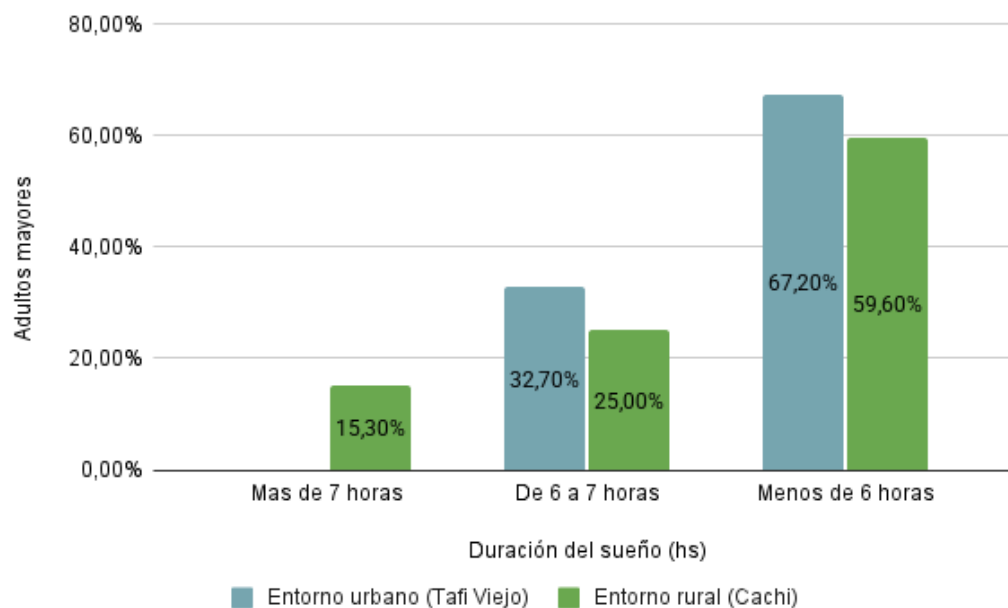
Tabla 1: Calidad objetiva y percepción del sueño en el entorno rural y urbano.

Calidad objetiva del sueño (COS)				
	Entorno rural (Cachi)		Entorno urbano (Tafi Viejo)	
Percepción del sueño	Buena COS	Mala COS	Buena COS	Mala COS
Muy Buena	7,69%	7,69%	18,18%	9,09%
Bastante buena	15,38%	52,72%	29,09%	20%
Bastante mala	-	10,90%	3,63%	25,45%
Muy mala	-	1,81%	-	27,27%

Como se observa en la tabla 2 había una coincidencia entre una buena *calidad objetiva del sueño* y una muy buena/ buena

percepción del sueño de 47,27% en Tafi Viejo y 23,07% en Cachi (χ^2 : 16,6591; $p < 0,001$).

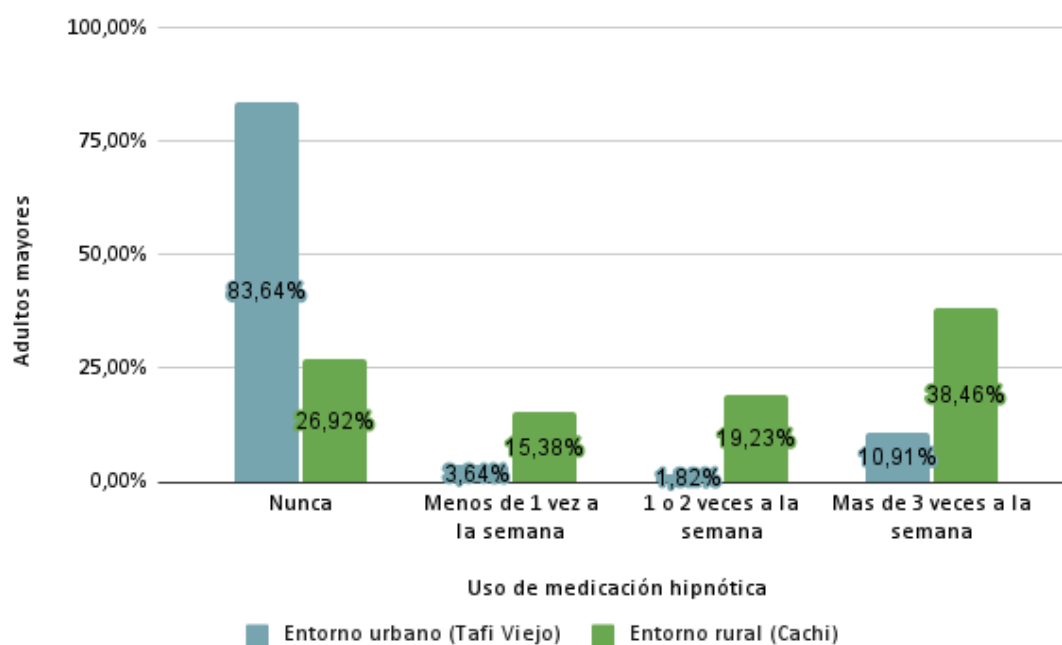
Figura 3: Duración del sueño según el entorno(n=107)



Como se observa en la figura 3, en Cachi el 56,6% duerme menos de 6 horas, el 25% de 6 a 7 horas, y el 15,3% más de 7

hs. En Tafi viejo el 67,2% duerme menos de 6 horas, y el 32,7% duerme de 6 a 7 horas.

Figura 4: Uso de medicación hipnótica según entorno n= (107).



Como podemos ver en la figura 4, en Cachi el 26,92% de los participantes nunca la utilizó, el 15,38% la usó menos de una vez por semana, el 19,23% una o dos veces por semana, y el 38,46% más de tres veces por semana. En Tafí Viejo el 83,64% nunca usó medicación para dormir, el 3,64% la utilizó menos de una vez por semana, el 1,82% una o dos veces por semana, y el 10,91% más de tres veces por semana.

Datos socioeconómicos y educativos:

Ocupación: En Tafí Viejo 69% eran jubilados; 21,8% ama de casa; 5,4% activos y 3,6% pensionados, y en Cachi 44,2% eran jubilados; 24,9% ama de casa; 28,8% activos, y sin pensionados (χ^2 : 9,4137; $p < 0,01$).

Escolarización: En Tafí Viejo 1,81% no tenían estudios, 32,7% tenían primario; 43,6% secundario y 22% terciario. En Cachi, 19,2% no tenían estudios; 51% tenían primario; 19,2% secundario y 9,5% terciario (χ^2 : 16,4579; $p < 0,001$).

parcialmente con estudios recientes que sugieren que las condiciones ambientales, socioeconómicas y de acceso a servicios de salud pueden influir en la CS de manera más determinante que la ubicación geográfica per se (Wang et al., 2020), (Yang et al., 2021).

Llama la atención que, pese a la mayor prevalencia de mala CS objetiva en el entorno rural, la percepción del sueño “bastante buena” fue significativamente más alta en Cachi que en Tafí Viejo. Esta

Cobertura médica: Presentaban cobertura médica 94,5% de los pobladores de Tafí Viejo y 90% de los pobladores de Cachi (χ^2 : 1,28; p . NS).

Discusión:

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la calidad del sueño en adultos mayores de una comunidad urbana (Tafí Viejo) y una rural (Cachi) en un grupo etario especialmente vulnerable a trastornos del descanso que pueden impactar de manera negativa en las enfermedades crónicas preexistentes (Amin et al., 2025).

En primer lugar, se observó que, contrariamente al preconcepto que asocia una mejor calidad de sueño (CS) a entornos rurales, los adultos mayores de la localidad rural (Cachi) presentaron una mayor proporción de mala CS en comparación con los de la zona urbana (Tafí Viejo). Este hallazgo coincide

discordancia entre medición objetiva y percepción ha sido reportada en otros trabajos en los que se utilizó un método verdaderamente objetivo como “actigrafía” con reloj inteligente para monitorización del sueño, esto podría explicarse por diferencias culturales en la valoración del sueño, umbrales distintos para considerar una noche como “mala” o una menor conciencia de alteraciones del sueño en poblaciones con menor acceso a diagnóstico y educación en salud. También

es importante recalcar que el PSQI puede no ser la mejor medida para comparar la calidad del sueño en adultos mayores, debido a su dependencia de la capacidad cognitiva para reflexionar sobre el último mes ya que puede ser muy diferente en ambos entornos (Landry, Best, & Liu-Ambrose, 2015).

Asimismo, la mayor concordancia entre CS objetiva y su percepción encontrada en el entorno urbano podría estar relacionada con una mayor capacidad cognitiva, lo que se podría reflejar en mayores conocimientos en salud y exposición a información sobre higiene del sueño, lo que favorece una evaluación más ajustada a las mediciones estandarizadas. En comparación el entorno rural podría tener menor capacidad cognitiva, como lo demostró un estudio en “deterioro cognitivo” realizado sobre una población rural que reside entre los 2500-3900 msnm en Bolivia (Mejía, s. f.).

En este sentido, cabe destacar que los adultos mayores incluidos en Tafí Viejo forman parte de un espacio comunitario activo en el “Club Villa Mitre”, donde el “Departamento de Adultos Mayores” ofrece de forma regular actividades físicas, recreativas y sociales como yoga, folclore, pintura, gimnasia, terapia grupal y talleres de salud. Estas actividades no solo promueven el bienestar físico y mental, sino que también pueden contribuir a regular los ciclos de sueño-vigilia y a mejorar la percepción subjetiva del

descanso (Hasan et al., 2022). Se plantea como hipótesis que la participación sostenida en estas propuestas, la educación, y mejores condiciones socioeconómicas puede estar influyendo positivamente sobre la calidad del sueño de esta población (Amadasi, et al., 2024). El hallazgo de un uso significativamente más alto de medicación para dormir en el ámbito rural (73% vs. 16,36%) es relevante y preocupante, dado que el consumo crónico de hipnóticos en adultos mayores se asocia a efectos adversos como deterioro cognitivo, caídas y dependencia. Este patrón podría reflejar limitaciones en la disponibilidad de terapias no farmacológicas para el insomnio, una prescripción más laxa o una automedicación más extendida en zonas con menor supervisión médica continua. Entre las limitaciones de este estudio, se encuentra su diseño transversal, que impide establecer causalidad, y el uso de un cuestionario que si bien es heteroadministrado y bien validado, puede estar sujeto a sesgos de memoria o interpretación en estas poblaciones. Sin embargo, la utilización de una herramienta estandarizada como el PSQI y la inclusión de dos comunidades con características geográficas y culturales distintas constituyen fortalezas que aportan valor a los hallazgos.

Futuros estudios deberían explorar en mayor profundidad los factores psicosociales y ambientales que

condicionan el sueño en estas poblaciones, así como evaluar intervenciones educativas y no farmacológicas que mejoren la CS en adultos mayores, particularmente en el medio rural.

Conclusión:

La calidad del sueño en adultos mayores del noroeste argentino no parece estar determinada exclusivamente por el entorno urbano o rural, sino por una interacción compleja de factores culturales, sociales, económicos y de acceso a la salud. En este estudio, los

adultos mayores del medio rural presentaron peor calidad objetiva de sueño y un mayor uso de medicación, mientras que en el entorno urbano se observó mejor concordancia entre percepción y la calidad del sueño según el PSQI, posiblemente favorecida por la participación en actividades comunitarias de promoción de la salud. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias no farmacológicas y programas comunitarios adaptados al contexto, con el fin de mejorar la calidad del sueño y, en consecuencia, la salud integral de los adultos mayores.

Bibliografía:

Amadasi, E., Rodríguez, S., Garofalo, C., Soler, J. (2024). Documento Estadístico sobre Personas Mayores. 1ª ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación Universidad Católica Argentina, 4.5, 62–64. https://wadmin.uca.edu.ar/public/ckedit/Or/Observatorio%20Deuda%20Social/Documentos/2024/Observatorio_2024_Documento_Estadistico_Personas_Mayores.pdf

Amin, K. D., Thakkar, A., Budampati, T., Matai, S., Akkaya, E., & Shah, N. P. (2025). A good night's rest: A contemporary review of sleep and cardiovascular health. *American Journal of Preventive Cardiology*, 21,

100924.

<https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2024.100924>.

Anothaisintawee, T., Reutrakul, S., Van Cauter, E., & Thakkinstian, A. (2016). Sleep disturbances compared to traditional risk factors for diabetes development: Systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 30, 11-24. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2015.10.002>.

Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213.

<https://doi.org/10.1016/0165->

1781(89)90047-4.

Canever, J. B., Zurman, G., Vogel, F., Sutil, D. V., Diz, J. B. M., Danielewicz, A. L., ... de Avelar, N. C. P. (2024). Worldwide prevalence of sleep problems in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine*, 119, 118-134.

<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.03.040>.

Cappuccio, F. P., Cooper, D., D'Elia, L., Strazzullo, P., & Miller, M. A. (2011). Sleep duration predicts cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *European Heart Journal*, 32(12), 1484-1492.

<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr007>.

Cappuccio, F. P., D'Elia, L., Strazzullo, P., & Miller, M. A. (2010). Sleep Duration and All-Cause Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Studies. *Sleep*, 33(5), 585-592.

<https://doi.org/10.1093/sleep/33.5.585>

Cardoso, M., Quintas, M., & Tavares, D. (2023). Observational study on the influence of noise pollution on the quality of sleep of Porto residents compared with that of rural communities. *Territorium*, (30(I)), 107-114. https://doi.org/10.14195/1647-7723_30-1_9.

Cash, R. E. (2020). Association Between Sleep Duration and Ideal Cardiovascular Health Among US Adults, National Health and Nutrition Examination Survey, 2013–2016. *Preventing Chronic Disease*, 17. <https://doi.org/10.5888/pcd>.

Elwood, P., Hack, M., Pickering, J., Hughes, J., & Gallacher, J. (2006). Sleep disturbance, stroke, and heart disease events: Evidence from the Caerphilly cohort. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 60(1), 69-73. <https://doi.org/10.1136/jech.2005.039057>.

Etchevers, M., Garay, C., Putrino, N., Grasso, J. (2022). Relevamiento del estado psicológico de la población argentina. *Observatorio de Psicología Social Aplicada*, Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires (Argentina);31;<http://www.psi.uba.ar/opsa/#informes>.

Hasan, F., Tu, Y.-K., Lin, C.-M., Chuang, L.-P., Jeng, C., Yuliana, L. T., ... Chiu, H.-Y. (2022). Comparative efficacy of exercise regimens on sleep quality in older adults: A systematic review and network meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 65, 101673. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2022.101673>.

Landry, G. J., Best, J. R., & Liu-Ambrose, T. (2015). Measuring sleep

quality in older adults: A comparison using subjective and objective methods. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00166>.

Mejia, C. R. (s. f.). Cognitive Impairment in Urban and Rural Populations of the Middle Altitude in Bolivia: Prevalence and Associated Factors.

Saldías P, F., Farcas O, K., Reyes S, A., & Leiva R, I. (2024). [Prevalence of metabolic syndrome in adult patients with obstructive sleep apnea syndrome]. *Revista Medica De Chile*, 152(1), 49-60. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872024000100049>.

Wang, P., Song, L., Wang, K., Han, X., Cong, L., Wang, Y., ... Du, Y. (2020). Prevalence and associated factors of poor sleep quality among Chinese older adults living in a rural area: A population-based study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(1), 125-131. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01171-0>.

Yang, J.-J., Cai, H., Xia, L., Nie, W., Zhang, Y., Wang, S., ... Xiang, Y.-T. (2021). The Prevalence of Depressive and Insomnia Symptoms, and Their Association With Quality of Life Among Older Adults in Rural Areas in China. *Frontiers in Psychiatry*, 12.

<https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.727939>.

Yin, J., Jin, X., Shan, Z., Li, S., Huang, H., Li, P., ... Liu, L. (2017). Relationship of Sleep Duration With All-Cause Mortality and Cardiovascular Events: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Journal of the American Heart Association*, 6(9), e005947.

<https://doi.org/10.1161/JAHA.117.005947>.

Yusuf, S., Hawken, S., Ôunpuu, S., Dans, T., Avezum, A., Lanas, F., ... Lisheng, L. (2004). Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): Case-control study. *The Lancet*, 364(9438), 937-

952. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)17018-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)17018-9).

Zheng, Z., Song, Y., Liu, Z., He, J., Shi, S., Song, C., ... Dou, K. (2025). Sleep quality and incident hypertension. *Revista Espanola De Cardiologia (English Ed.)*, 78(7), 600-608. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2024.12.003>.

Agradecimientos:

Se agradece a la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Tucumán por la formación brindada, la cual hizo posible la realización de este trabajo. Se reconoce la colaboración de la población en estudio, en particular de los adultos mayores que asisten al Departamento de Adultos Mayores de Tafí Viejo (Club Villa Mitre) y de los participantes del Programa Sonqo-Calchaquí (tercera edición) en Cachi, Salta.

Asimismo, se agradece al Dr. Sebastián Galdeano, Presidente del Programa

Sonqo-Calchaquí, al Dr. Claudio Joo Turoni, Vicepresidente del mismo, y a la Dra. María Laura Macchioni, Directora de Salud Pública de la Municipalidad de Tafí Viejo, por el sostenimiento del Departamento de Adultos Mayores y por su rol como orientadores en este trabajo.

Finalmente, se reconoce la colaboración de los coautores y compañeros de equipo, quienes participaron en la recolección de datos y en las distintas etapas de desarrollo y culminación del estudio.

38.- Atención Primaria de la Salud

Innovación digital mediante la implementación de un ChatBot en WhatsApp para mejorar el acceso a la información sanitaria en contextos rurales.

Autor: Patané, Camila Celeste: ccpatane@alumnos.unsada.edu.ar

Orientador/a: Sebastián, Mir sebastian.mir@unsada.edu.ar

Universidad Nacional de San Antonio de Areco - Escuela de Desarrollo Social y Humano

Resumen

La transformación digital se ha consolidado como un eje fundamental en la modernización de los sistemas de salud. Su incorporación no solo agiliza los procesos administrativos y clínicos, sino que también amplía la accesibilidad de la población a información confiable y servicios sanitarios de calidad. Este impacto resulta especialmente relevante en contextos rurales y semiurbanos, donde persisten dificultades de comunicación, fragmentación de la información y una marcada tendencia a la saturación hospitalaria. En este marco surge el proyecto Punto.Salud, que propone el desarrollo de un ChatBot en Whatsapp. Esta herramienta tiene como propósito acercar a la comunidad datos actualizados sobre servicios médicos locales, disponibilidad de turnos, horarios de atención y campañas preventivas, priorizando la simplicidad de uso y la pertinencia de la información. Su diseño responde a la necesidad de contar con un canal directo, accesible y de confianza, que optimice el vínculo entre los ciudadanos y el sistema de salud pública de San Antonio de Areco. El proceso de construcción combinó diversas estrategias: revisión documental sobre salud digital, análisis de experiencias previas y entrevistas comunitarias que permitieron identificar hábitos y necesidades locales. Asimismo, el análisis comparativo con plataformas nacionales como Mi Argentina y Mi Salud Digital Bonaerense evidenció la principal ventaja competitiva del proyecto: su enfoque hiperlocal y personalizado, capaz de ofrecer respuestas adaptadas a la realidad de San Antonio de Areco. Esto no solo fortalece la accesibilidad, sino que también genera confianza ciudadana en el sistema de salud local.

Punto.Salud confirma que la incorporación de tecnologías digitales con alcance comunitario contribuye a la eficiencia sanitaria, fomenta la atención primaria y promueve un uso más racional de los recursos hospitalarios.

Palabras clave: Salud Digital, ChatBot, Accesibilidad.

Introducción

La transformación digital ha impactado significativamente en la forma en que las sociedades acceden a la información y a los servicios públicos. En el ámbito sanitario, la salud digital se ha consolidado como una herramienta estratégica para ampliar la cobertura, mejorar la calidad de la atención y optimizar el uso de los recursos disponibles. Organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) han señalado que la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en salud no solo mejora los procesos internos de los sistemas sanitarios, sino que también empodera a los ciudadanos al facilitar el acceso a información veraz y actualizada. En América Latina, y sobre todo en Argentina, los avances en salud digital han sido notables en los últimos años. Sin embargo, la implementación de estas herramientas enfrenta desafíos estructurales y culturales, especialmente en zonas rurales y semiurbanas, donde la conectividad puede ser limitada, la alfabetización digital es desigual y la infraestructura sanitaria presenta carencias. En este contexto, la posibilidad de integrar soluciones tecnológicas accesibles, como ChatBots en plataformas de mensajería ampliamente utilizadas, se presenta como una oportunidad

estratégica.

San Antonio de Areco, ciudad cabecera de un partido con características rurales, cuenta con un Hospital Municipal y varios Centros de Atención Primaria de la Salud (CAPS), pero enfrenta dificultades para gestionar la demanda y garantizar que la población acceda de manera eficiente a la información sobre servicios, turnos, campañas de prevención y horarios de atención. Estudios previos y encuestas locales han demostrado que gran parte de los vecinos acude directamente a la guardia hospitalaria por consultas que podrían resolverse con atención primaria, lo que genera saturación y disminuye la calidad del servicio.

En este marco, nace el proyecto Punto.Salud, desarrollado en conjunto con la MIT Global Health Alliance, MIT IDEAS, ADESAR y la UNSAdA, con el objetivo de implementar un ChatBot en Whatsapp que brinde respuestas rápidas y precisas sobre los recursos sanitarios locales. La elección de Whatsapp responde a su alta penetración en la población, especialmente en adultos mayores, y a su interfaz intuitiva. La relevancia de este proyecto se sustenta en tres ejes:

1. **Accesibilidad:** garantizar que cualquier persona,

independientemente de su nivel de alfabetización digital, pueda acceder a información de salud de

calidad.

2. **Eficiencia:** optimizar el flujo de pacientes y recursos en el sistema sanitario local.
3. **Prevención:** promover la atención primaria y las campañas de cuidado de la salud como herramientas para reducir enfermedades prevenibles.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar e implementar un ChatBot de salud pública para Whatsapp que mejore el acceso a información sanitaria en San Antonio de Areco, priorizando la accesibilidad, la precisión de los datos y la adaptabilidad al contexto local.

Objetivos específicos

- Mejorar la disponibilidad de información: Brindar datos actualizados sobre turnos médicos, campañas de prevención y horarios de atención.
- Fomentar la atención primaria: Incentivar el uso de CAPS para reducir la saturación hospitalaria.
- Promover la alfabetización digital: Capacitar a la población, especialmente adultos mayores, en el uso de la herramienta digital de salud.
- Optimizar la gestión sanitaria:

Facilitar la coordinación interna de

recursos a partir de datos de uso del ChatBot.

- Evaluar el impacto de la herramienta: Medir el grado de adopción, la satisfacción de los usuarios y el efecto en la demanda hospitalaria.

Materiales y métodos

El enfoque metodológico fue mixto (cuantitativo y cualitativo) y se dividió en cuatro fases:

1. Investigación documental:
 - Revisión de informes de la OMS, UIT y Ministerio de Salud Bonaerense sobre estrategias de salud digital.
 - Estudio de casos de ChatBots en salud pública en Argentina y América Latina, con especial énfasis en “Flora” (Escobar).
2. Diagnóstico comunitario:
 - Encuesta a 52 residentes de San Antonio de Areco mediante un código QR colocado en puntos estratégicos (plazas, comercios, CAPS, hospital).
 - Preguntas sobre uso actual de servicios de salud, canales de información preferidos y predisposición a usar un ChatBot.
3. Análisis de competencia:
 - Comparación de funcionalidades entre Punto.Salud, “Mi Argentina” y “Mi Salud Digital Bonaerense”.

- Evaluación de fortalezas y debilidades mediante un análisis

FODA.

4. Desarrollo técnico:

- Diseño de flujo conversacional y base de datos.
- Integración de API de Whatsapp con plataforma de ChatBot.
- Creación de una interfaz visual y branding.

Resultados preliminares

Resultados de encuestas

- Interés en el ChatBot: El 73% afirmó que lo usaría.
- Principales necesidades: Información sobre turnos (26,9%) y chequeos preventivos por edad (26,9%).
- Uso actual de canales: Redes sociales (50%), consulta presencial en centro de salud (44%), web oficial (4%).
- Problemas detectados: Percepción de información desactualizada (22% la considera totalmente desactualizada).

Canales de información actuales en San Antonio de Areco.

Canal	Porcentaje
Redes Sociales	50%
Presencial	44%
Web Oficial	4%
Otros	2%

Comparativa con plataformas existentes

Punto.Salud ofrece información hiperlocal y personalizada, mientras que “Mi Argentina” y “Mi Salud Digital Bonaerense” se centran en datos generales y servicios a nivel provincial y nacional.

Característica	Punto. Salud	Mi Argentina	Mi Salud Digital Bonaerense
Enfoque	Local	Nacional	Provincial
Canal	Whatsapp	App Móvil	App móvil
Interfaz para mayores	Alta	Media	Media
Información CAPS	Si	No	Parcial

Análisis FODA de Punto.Salud

Fortalezas:

- Enfoque hiperlocal adaptado a las necesidades específicas de San Antonio de Areco.
- Uso de Whatsapp, plataforma de uso masivo y fácil para adultos mayores.

- Contenidos validados por autoridades sanitarias locales.
- Respuestas inmediatas 24/7, reduciendo la necesidad de consultas presenciales.

Oportunidades:

- Expansión a otros municipios con características similares.
- Integración futura con sistemas de turnos online.
- Alianzas con instituciones educativas para fortalecer la alfabetización digital.
- Incorporación de inteligencia artificial para respuestas más complejas y personalizadas.

Debilidades:

- Dependencia de conectividad a internet y dispositivos móviles.
- Necesidad de actualización constante de datos para mantener la confiabilidad.
- Limitaciones iniciales en el alcance de funciones.

Amenazas:

- Resistencia cultural al uso de herramientas digitales por parte de ciertos sectores.
- Aparición de competidores con mayor presupuesto y difusión.
- Cambios en regulaciones sobre datos personales y privacidad.

Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter

1. Rivalidad entre competidores existentes:
 - Moderada. Existen plataformas como “Mi Argentina” y “Mi Salud

Digital Bonaerense”, pero ninguna con el mismo enfoque local y adaptado.

2. Amenaza de nuevos entrantes:
 - Media-Alta. La tecnología para desarrollar ChatBots es accesible, pero el valor diferencial radica en la adaptación a las necesidades comunitarias.
3. Poder de negociación de los proveedores:
 - Bajo. El desarrollo técnico se basa en herramientas ampliamente disponibles y con opciones de código abierto.
4. Poder de negociación de los clientes:
 - Alto. La aceptación y uso por parte de la comunidad es clave para la sostenibilidad del proyecto.
5. Amenaza de productos sustitutos:
 - Media. Existen medios tradicionales como la consulta presencial o las líneas telefónicas, pero con menor inmediatez y disponibilidad.

Discusión

El análisis de los resultados obtenidos permite afirmar que Punto.Salud tiene un alto potencial de adopción en la comunidad de San Antonio de Areco. La decisión de implementarlo en Whatsapp constituye un factor clave: se trata de la aplicación de mensajería más utilizada en el país, presente en todos los grupos etarios, lo que asegura un canal de comunicación de uso cotidiano y familiar incluso para personas mayores, que suelen presentar mayor resistencia a herramientas digitales complejas.

El 73% de la población encuestada manifestó que usaría el ChatBot, lo que constituye un escenario muy favorable para la puesta en marcha de una prueba piloto. Este nivel de aceptación no solo refleja la necesidad de contar con un canal confiable y accesible, sino también la percepción positiva de la comunidad frente a soluciones tecnológicas que optimicen el acceso a la salud. El interés se concentra principalmente en la consulta de turnos médicos y en la orientación sobre chequeos preventivos según la edad, dos áreas que actualmente se encuentran desatendidas o cuya información resulta poco clara en los canales oficiales.

El estudio comparativo con otras plataformas nacionales como “Mi Argentina” y “Mi Salud Digital Bonaerense” evidenció la ventaja competitiva de Punto.Salud: su enfoque hiperlocal y

personalizado. Mientras las herramientas mencionadas priorizan información general de alcance nacional o provincial, Punto.Salud concentra su propuesta en los recursos y servicios disponibles en el propio municipio, lo que fortalece la confianza de los usuarios y mejora la relevancia de la información brindada.

No obstante, el éxito y la sostenibilidad del proyecto dependerá de la capacidad de abordar de manera efectiva tres ejes centrales:

1. Mantenimiento de la base de datos: asegurar que la información sobre turnos, horarios y campañas de salud se mantenga permanentemente actualizada. Un acto desactualizado o erróneo podría afectar la confianza ciudadana en la herramienta.
2. Alfabetización digital: acompañar la implementación con talleres, guías prácticas y campañas de comunicación que faciliten la adopción, especialmente entre adultos mayores y sectores con menor experiencia en el uso de tecnologías.
3. Monitoreo y evaluación del impacto: establecer métricas claras que permitan medir la reducción de consultas en la guardia hospitalaria, el aumento en el uso de los CAPS y el nivel de satisfacción de los usuarios.

La experiencia de Punto.Salud confirma que la incorporación de herramientas digitales de alcance comunitario no sólo incrementa la eficiencia del sistema sanitario, sino que también fortalece la confianza ciudadana en la salud pública local. La clave está en mantener la información vigente y confiable, acompañar con programas de alfabetización digital y proyectar una actualización continua que garantice la evolución de la herramienta a la par de las necesidades de la comunidad.

Conclusiones

Punto.Salud se presenta como una solución innovadora y viable para mejorar el acceso a información de salud pública en San Antonio de Areco. El uso de Whatsapp como canal principal, junto con la simplicidad de la interfaz y la personalización de la información, son elementos que favorecen su adopción por parte de la población, especialmente personas mayores.

Los resultados preliminares sugieren que la herramienta puede contribuir significativamente a la descongestión hospitalaria y al fortalecimiento de la atención primaria, siempre que se acompañe de estrategias de capacitación digital y actualización de datos.

En el futuro, se proyecta la incorporación de funcionalidades como turnos online, recordatorios automáticos de controles y la

integración con historiales médicos digitales, así como su expansión a otras localidades con contextos similares.

Bibliografía

Organización Mundial de la Salud. (2020). *Estrategia global sobre salud digital 2020-2025*. OMS.

Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires (2023). *Plan Provincial de Salud Digital*.

Municipalidad de Escobar (2022). *Flora: Asistente virtual de salud*.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2021). *Informe sobre conectividad digital en América Latina*. UIT.

37. Agroalimentos

Financiarización y dependencia en el agro argentino, 1976 y 2024

Autor: Mendizabal, Guido. mendizabalguido@gmail.com Coautor: Taraborrelli, Diego.

diegotaraborelli@gmail.com

Orientador: Santarcángelo, Juan. jsantar@gmail.com

Universidad Nacional de Quilmes, Centro de Estudios sobre Desarrollo, Innovación y
Económica Política (CEDIEP)

Resumen

Desde la década de 1970, las ganancias financieras pasaron a representar una proporción más significativa de las ganancias totales. Este trabajo intenta analizar cuáles son los principales actores vinculados al sector financiero y el tipo de estrategias desplegadas sobre el agronegocio de los cultivos extensivos (trigo, maíz y soja). La hipótesis estructurante del texto entiende la financiarización como un elemento central en la consolidación de los rasgos dependientes del agro en la Argentina.

El proceso de consolidación de la financiarización subordinada en el sector agroalimentario y agroindustrial de la argentina fue posible gracias a la reregulación neoliberal consolidada en el país desde 1976 en adelante. Las dinámicas internacionales y domésticas de financiarización habilitaron el ingreso de nuevos agentes a la actividad agroproductiva y promovieron modificaciones en los comportamientos de los actores tradicionales. Por otra parte, al indagar en la red societal de empresas asociadas al agro, se vislumbra tanto una ampliación en la escala de influencia de los grandes capitales que deviene en la repetición de una serie de fondos financieros con participación accionaria en diversos tipos de grupos económicos agrarios. Finalmente, el endeudamiento público y privado es una de las características distintivas de la financiarización subordinada argentina, fenómeno con vínculo directo con el sector agrario, que es el principal generador de las divisas que permitieron pagar parte de los compromisos de deuda asumidos (en los gobiernos kirchneristas) y, durante los gobiernos neoliberales, los esquemas de carry trade también fueron usufructuados por los grandes jugadores del agro.

Palabras clave: Financiarización – Agronegocios – Desarrollo económico

Introducción y Objetivos

Con la consolidación de la financiarización de la economía global, desde la década de 1970, las ganancias financieras pasaron a representar una proporción más significativa de las ganancias totales. Como parte de ese proceso, debido a la tendencia a reducir todos los valores producidos a instrumentos financieros, también se modificaron las dinámicas de acumulación en el sector agropecuario y agroindustrial.

En este trabajo, a partir de la revisión de bibliografía y fuentes secundarias, nos proponemos indagar en las características generales del proceso de financiarización a nivel global y sus declinaciones en la economía argentina, específicamente en el sector agropecuario. Puntualmente, nos interesa analizar cuáles son los principales actores vinculados al sector financiero y el tipo de estrategias que despliegan en sus dinámicas de acumulación, en general, y en el agronegocio de los cultivos extensivos (trigo, maíz y soja), en particular. La hipótesis que estructura este texto sostiene que la financiarización constituye un elemento central en la consolidación de los rasgos dependientes del agro en la Argentina, caracterizado por el control oligopólico del comercio exterior de granos y derivados hasta la frustración y/o limitaciones del desarrollo científico-tecnológico local y el papel destacado del

imperialismo al interior de las diferentes cadenas de valor (Azcuy Ameghino, 2016).

En función de los objetivos propuestos, después de revisar los principales elementos conceptuales de la financiarización como un fenómeno global y de sus características subordinadas en la Argentina, avanzaremos con la identificación de los principales hitos políticos y normativos que favorecieron su despliegue en el país, para finalmente, indagar sobre los principales actores detrás de este fenómeno dentro de la ruralidad del país.

Materiales y Métodos

Bibliografía secundaria y revistas especializadas.

La metodología tiene un abordaje cualitativo dada la propuesta y límites de este trabajo.

Resultados y Discusión

1. ¿Qué? El fenómeno de la financiarización

El proceso de financiarización ha sido posible en un contexto de desregulación financiera, inherente a la reestructuración neoliberal que comenzó a desarrollarse en la década de 1970. La eliminación de la estructura reguladora keynesiana de los años '40 se reforzó con el ascenso teórico de la economía neoclásica, apoyada en la hipótesis del mercado eficiente, que

defendía una intervención mínima del Estado en la economía. A partir de entonces, la “nueva arquitectura financiera” que definió la hegemonía del capital financiero sobre la economía real, se basó en una regulación flexible de los bancos comerciales, otra más liviana de los bancos de inversión y ninguna sobre los sistemas bancarios alternativos, como los fondos especulativos. La nueva estructura financiera permitió que las nuevas instituciones, hasta entonces restringidas por la regulación del Estado, atesorasen grandes cantidades de fondos de inversión desarrollando nuevos y novedosos productos financieros (Clapp y Isakson, 2019).

Dicho proceso tendió a motorizarse a través de nuevas relaciones, prácticas y necesidades financieras, tanto de viejos como de nuevos actores. Entre ellos es posible destacar a las entidades bancarias, los hogares y las corporaciones no financieras (Kaltenbrunner y Paineira, 2018). Mientras los bancos se centraron en las transacciones financieras en los mercados abiertos y comenzaron a poner especial atención en la renta de los individuos y hogares como fuente de ganancias, las corporaciones no financieras sufrieron una radical transformación en sus estructuras, como consecuencia de la intervención directa en distintos tipos de inversiones financieras que fueron resignificando el papel hasta

ese entonces predominante de la producción en sus agendas de negocios. La financiarización se asocia entonces al crecimiento de ganancias derivadas de las transacciones financieras que pueden no tener vinculación con la ganancia asociada a la plusvalía y, en este sentido, es un fiel reflejo de una creciente asimetría entre la producción y la circulación (Lapavistas, 2023).

Analizada a través de la óptica del sistema-mundo (Wallerstein, 2004) el fenómeno de la financiarización en los países de la periferia asume características deformadas, dependientes, elementos definidos por la literatura como financiarización subordinada. Una de las acepciones claves de este concepto remite a cómo, una vez que el ciclo financiero global pasa a constituirse en una variable determinante en la dinámica de las economías emergentes o periféricas, la dependencia tiende a reforzarse (Becker y otros, 2010). Esta determinación supone el engranaje de las economías periféricas dentro de un sistema monetario y financiero internacional estructurado. Entonces, en la misma medida en que la integración internacional tiende a transformar el sistema financiero nacional de dichas economías, facilita y profundiza la integración financiera internacional (Kaltenbrunner y Paineira, 2018). Por ejemplo, la constante vulnerabilidad de

América Latina a los bruscos movimientos de capitales y del tipo de cambio tuvo (y tiene) efectos en la forma de interacción de las empresas latinoamericanas con los mercados financieros. De hecho, las economías latinoamericanas han sufrido transformaciones tanto respecto a la importancia que ha adquirido la acumulación de reservas internacionales, así como con relación al comportamiento de los bancos y los hogares. Adicionalmente, dicha financiarización subordinada se deja observar en las dificultades de estas economías para emitir deuda en su propia moneda.

Otra de las “secuelas” de la financiarización subordina es posible rastrearla en los patrones de acumulación de las economías periféricas latinoamericanas, caracterizados por requerir y depender de la entrada de capitales a corto plazo en búsqueda de usufructuar altas tasas de interés y tipos de cambio sobrevaluados; y que, al tiempo en que persisten en crecientes déficits de cuenta corriente y acumulación de deuda externa (con el impacto negativo consecuente sobre las actividades productivas), terminan recayendo en recurrentes crisis financieras.

Los elementos descritos (nuevos terrenos para la especulación, priorización del valor de las acciones y financiarización de los hogares) se plasmaron en el sector agroalimentario y agroindustrial. Distintos

actores del sector financiero incrementaron sus inversiones en estos sectores y los actores agroalimentarios tradicionales se volcaron hacia los instrumentos e inversiones financieras para asegurarse beneficios (Burch y Lawrence, 2013).

2. ¿Cómo? Evolución de la financiarización en el agro argentino

El proceso de financiarización requirió de dos factores. En primer lugar, con la constitución del agronegocio, tendió a profundizarse la abstracción de las cualidades culturales y físicas de los alimentos y tierras al convertirlos en valores financieros. En segundo lugar, se requirió de un marco regulatorio que permitiera las actividades con ánimo de lucro puramente financieras (Clapp y Isakson, 2019).

Respecto de este último punto, particularmente para la Argentina, un primer mojón en el proceso de financiarización subordinada se ubica a partir de la reforma financiera de 1977 llevada adelante por la última dictadura cívico-militar. La misma supuso la desnacionalización de los depósitos, la desregulación de la tasa de interés (hasta entonces controlada por el Banco Central) y el favorecimiento de las capacidades del sector privado para financiarse en el exterior. Dentro de este cuadro, el papel activo del Estado como tomador de crédito

interno fue fundamental al favorecer el aumento de la tasa de interés interna, de forma tal de posibilitar el diferencial de tasas interna y externa (Basualdo, 2013). Estos elementos contribuyeron a la creación de un mercado de capitales de corto plazo y de alta liquidez que permitió que el sector financiero dominara la dinámica de acumulación al concentrar los excedentes económicos generados (Santarcángelo, 2017). Así, tendió a transformarse el “mapa” de rentabilidades del sector agropecuario en la medida en que pasa a incluirse un nuevo precio en la determinación del uso de la tierra, hasta entonces dominado por la relación entre los precios agrícolas y ganaderos (Arceo, 2010).

Por otra parte, la resolución N°1.825/77 de la Junta Nacional de Granos (JNG) supuso una transformación en el sistema de financiamiento del comercio de granos, al poner fin al sistema de pago contra entrega y permitir que el pago de los compradores anteciedera a la entrega efectiva de los granos. Esta operatoria se generalizó y fue replicada en los acuerdos entre privados, llegando a cubrir la mitad de las ventas externas (Pierri, 2014). Ya en la década de 1980, la JNG comenzó a financiar a los acopiadores medianos o chicos mediante la compra anticipada de granos con entrega a cuatro años, procurando mejorar las condiciones de competitividad de los productores y

operadores locales frente a las grandes empresas exportadoras que eran beneficiarias de la prefinanciación de exportaciones por parte de la banca privada o pública y que, además, contaban con la posibilidad de acceder a tasas de interés internacionales más bajas que las locales (Pierri, 2014).

El segundo mojón del proceso de financiarización en el agro argentino se da a partir de la sanción del decreto N°2284 de 1991, que desreguló el comercio interno y externo de mercancías y eliminó ciertos organismos de control como la JNG y la Junta Nacional de Carnes. Sumado a esto, la federalización de los puertos portuarios y su cesión a las grandes exportadoras permitió que estas establecieran plantas procesadoras (aceiteras y molinos) de mayor capacidad, reforzando la estructura oligopólica del mercado de productos primarios y agudizando las asimetrías preexistentes entre los distintos actores sectoriales (Pierri, 2014).

La posibilidad de acceder a tasas internacionales menores a las locales, brindaba ventajas para las grandes exportadoras permitiéndoles colocar fondos en el mercado local que provenían de la prefinanciación de exportaciones obtenida con financiamiento externo. En este sentido, un elemento central de esta operatoria era el tipo de cambio fijo garantizado por el Estado. Los

productores primarios, por su parte, podían acceder a financiamiento mediante la venta directa a las grandes exportadoras, quienes compraban anticipadamente la cosecha e imponían un diferencial negativo de precio que obraba a través del interés devengado por la financiación (Pierri, 2014).

Durante aquella década, las tasas de interés altas y positivas, combinada con la necesidad de incorporar maquinaria moderna, generaron un proceso de endeudamiento crónico y masivo que motivó la hipoteca y el remate de millones de hectáreas, maquinarias y herramientas (Villulla, 2010). El financiamiento otorgado por los bancos comerciales fue uno de los grandes responsables de la eliminación de más de 100.000 establecimientos productivos entre 1988 y 2002.

De esta forma, la penetración de la lógica financiera (cortoplacista) supuso un proceso bidireccional en la medida en que, mientras se introducían capitales y lógicas financieras en el sector, a su vez, la actividad agrícola dejaba de estar limitada por el perímetro marcado por las tranqueras, escalando sobre los distintos eslabonamientos de la “cadena global de valor”. La alteración del funcionamiento económico general terminaba por disolver la frontera entre los intereses del capital productivo y financiero. A partir de la explosión de la burbuja financiera asociada a la inversión especulativa en

empresas dedicadas a las nuevas tecnologías (crisis de las “punto com”), la agricultura pasó a ser considerada especialmente atractiva para los agentes financieros y muchos capitales de riesgo internacionales comenzaron a invertir en las megaempresas de origen argentino (Gras y Sosa Varrotti, 2018).

Con el advenimiento del nuevo siglo, la salida del régimen de convertibilidad volvió a modificar los precios relativos, lo cual supuso un incremento de la rentabilidad de las actividades agropecuarias. Como consecuencia del proceso de financiarización, se produjo un boom en el precio de los commodities agropecuarios impulsado por la colocación de excedentes monetarios en un contexto de disminución de la tasa de interés de referencia internacional. Finalmente, la caída de las bolsas de valores durante la crisis de 2008 tendió a consolidar a la tierra como nuevo activo financiero, impulsando una especie de carrera por la compra de tierras y recursos naturales (Frederico y Sosa Varrotti, 2018).

Por último, la reforma del mercado de capitales de 2012 (Ley N°26.831/12) tuvo importantes repercusiones sobre los distintos actores operantes en el mercado granario en la medida en que supuso una flexibilización que permitió que las firmas operantes pudiesen operar en distintos ámbitos de negociación (MERVAL, ROFEX, MATBA, etcétera) incluyendo

títulos públicos, acciones, fondos comunes de inversión, futuros, derivados agropecuarios, etcétera. Estos cambios regulatorios devinieron en la consolidación de un nuevo actor, los “correacopios” quienes ofrecían productos que combinaban el mercado físico de granos y los activos financieros mejorando así los precios hasta ese entonces conseguidos por los productores. Asimismo, a partir de 2019, la desvalorización de los activos financieros y la fuerte devaluación producto de la crisis económica puso en jaque este modelo de negocios derivando en que muchos de los correacopios entraran en cesación de pagos (Gaggero y Zanotti, 2023).

Sobrevolando las distintas etapas brevemente reseñadas, un elemento insoslayable refiere a la relación entre las ventajas naturales de los sectores primarios locales (entre los que se encuentra el agro) y la capacidad de sus grandes jugadores a la hora de obtener financiamiento. En efecto, al menos desde principios del siglo XXI, el peso de los sectores productores de recursos naturales y derivados tendió a incrementarse tanto en relación a la captación de financiamiento, exportaciones e infraestructura (Zanotti y Cassini, 2024). Al combinarse esto con las recurrentes crisis por sobreendeudamiento de la economía argentina, la capacidad de generación de

divisas del sector agroexportador adquiere un peso específico.

3. ¿Quiénes? Los actores clave en la financiarización del agro dependiente

Desde los años 1980, como parte del nuevo agro globalizado, se despejó el terreno para la multiplicación de nuevas y complejas herramientas de inversión, diseñadas específicamente para el agro. En ese contexto, los Bancos de Inversión y las comercializadoras de productos básicos comenzaron a vender fondos indexados que seguían los precios de las materias primas; los grandes inversores institucionales como los fondos de inversión, fondos de cobertura y fondos de pensiones buscaron diversificar sus carteras de inversión añadiendo exposición a los productos básicos mediante estos nuevos instrumentos. En este mismo sentido, para cubrir sus riesgos, las instituciones financieras y las comercializadoras de productos básicos que vendían estos fondos aumentaron su inversión en productos derivados de materias primas y en activos físicos en el sector.

La bibliografía académica (Bonanno, 2017; Clapp y Isakson, 2019) da cuenta de una serie de actores financieros cuyas estrategias de reproducción se extienden al sector agropecuario y agroindustrial (cuadro 1). En lo que sigue se analizan los rasgos generales de algunos, intentando

identificar de manera más directa el modo argentino.
en el que se proyectan en el agro

Cuadro 1. Actores financieros clave en inversión agrícola

	Tipo de fondo	Objetivo principal
1	Bancos de inversión	Participar en los mercados de futuros y derivados como intermediarios o inversores
2	Fondos de cobertura (hedge funds)	Obtener alta rentabilidad ajustada por riesgo utilizando estrategias complejas
3	Fondos de capital privado (private equity)	Comprar y reestructurar empresas privadas para venderlas con ganancia
4	Fondos de inversión (mutual funds)	Diversificar riesgos y facilitar acceso a los mercados financieros
5	Comercializadoras de productos básicos	Empresas comercializadoras de productos básicos
6	Empresas aseguradoras	Combinar los riesgos de actores individuales e invierten dinero en riesgos de cobertura
7	Fondos de pensiones, Fondos soberanos de inversión y Dotaciones de universidades y fundaciones	(FP) Garantizar ingresos de jubilación a largo plazo. (FSI) Invertir dinero de los Estados en su nombre (DUF) Inversiones para asegurarse una renta de inversión que les permita desarrollar sus actividades

Fuente: Elaboración propia en base a Clapp y Isakson (2019)

1. Bancos de Inversión

En primer lugar, a nivel global, aparecen los grandes bancos de inversión como JP Morgan Chase and Co. o Goldman Sachs. En otras partes del mundo este tipo de actores opera directamente sobre las actividades productivas, invirtiendo en acciones de empresas de gran proyección. No obstante, en Argentina sus actividades se realizan de manera indirecta. Por ejemplo, tienen inversiones en las empresas vinculadas a la producción y exportación de granos de la Argentina. Estos grandes bancos de inversión financian operaciones comerciales o actúan como asesores financieros. Además, a través de subsidiarias o fondos específicos, participan en los mercados de futuros de

productos agrícolas con un fuerte correlato en las dinámicas de producción locales; también pueden adquirir acciones de empresas o financiar infraestructura vinculada al sector.

2. Fondos de cobertura (Hedge Funds)

En segundo lugar, a nivel global, los Hedge Funds de commodities han estado en auge y en declive durante las últimas dos décadas y actualmente son muy pocos los actores que se dedican exclusivamente a la agricultura. Los que quedan, como Farrer Capital, realizan inversiones vinculadas a la adquisición de tierras, a la generación de redes de comercialización o la adquisición de derivados basados en productos

primarios. De hecho, en buena medida, el incremento del precio de los alimentos de 2008-2009 se vincula a las intervenciones de estos capitales en el sector alimentario que ampliaron la volatilidad de los precios de estos productos.

Tal como se desprende del cuadro de referencia, en Argentina no se han registrado actividades de fondos de inversión de forma directa en el sector agroalimentario. Asimismo, cuando se observan las características dependientes del agro argentino, altamente concentrado y extranjerizado, se puede apreciar el papel que juegan estos capitales como accionistas de las principales empresas del sector. Para ilustrarlo basta con revisar las inversiones de uno de los principales hedge funds globales, BlackRock, que gestiona activos por más de 6 billones de dólares.

A través de sus fondos específicos “BGF World Agriculture Fund” y el “iShares Emergent Food and AgTech ETF”, Blackrock mantiene inversiones significativas en diversas empresas clave del sector agropecuario, desde los insumos y maquinaria hasta la comercialización de granos. Dentro la cartera de inversiones en empresas del sector se observa que BlackRock es accionista en alguna de las principales empresas posicionadas en los distintos eslabonamientos del agronegocio argentino:

John Deere (líder global de maquinaria agrícola) en Argentina lidera la venta de cosechadoras (51%) y tractores (52,7%)
Archer Daniel Midlans – ADM, que es la 9° comercializadora de granos en Argentina, con casi 4 millones de toneladas
Bunge Global, actualmente la 4° comercializadora de granos en Argentina, con casi 8 millones de toneladas)
Nutrien Ltd. (fertilizantes) que cuenta con dos plantas en el país, amplias redes de distribución y amplias carteras de productos
Corteva Agriscience (fertilizantes y semillas), derivada de la fusión de Dow y DuPont en 2015, y que junto con Nutrien y Bunge son los principales actores del mercado de fertilizantes en Argentina
Bayer AG (semillas y agroquímicos), quién en 2018 adquirió Monsanto por 63.000 millones de dólares. BlackRock posee el 4,8% de las acciones. Junto con Corteva controlan el 40% del mercado de semillas. En Argentina tiene las marcas Dekalb y La Tijereta que representan casi la mitad del mercado de maíz del país. Respecto de la soja, en 2021, la empresa dejó de comercializar soja transgénica a través de sus marcas Asgrow e Intacta
Glencore (compraventa y producción de materias primas y alimentos), Blackrock tiene más del 6 % de las acciones. Glencore agriculture, al fusionarse con Bunge en 2020 pasó a llamarse Viterro, sociedad involucrada en la adquisición de activos de Vicentin y en la sociedad Renova, joint venture entre Vicentin S.A.I.C., Oleaginosa Moreno S.A. (perteneciente a Glencore) y Molinos Río de la Plata, dedicada a la producción y comercialización de biodiésel, glicerol y aceites refinados

3. Fondos de Capital privado (private equity)

En tercer lugar, aparecen los Fondos de capital privado (equity capital), quienes utilizan los fondos de sus inversores para adquirir empresas, reestructuralas y elevar su valor, para venderlas posteriormente. Estos fondos pueden invertir tanto en empresas incipientes, como las startups tecnológicas, como las medianas que requieren apalancamiento financiero para seguir desarrollándose y empresas

grandes y maduras.

Dentro de los ejemplos de equity capital aparece “Agrofina”, empresa vinculada al mercado de fitosanitarios, insumos y agroquímicos, recientemente convocante a concurso de acreedores. La empresa, fundada sobre la estructura de la empresa brasileña IPSA, fue adquirida por Los Grobo Agropecuaria en 2013 y posteriormente, en 2017, anunció el ingreso del Fondo Victorial Capital Partners quién adquirió el 65,8% del paquete accionario por un monto de U\$D 100 millones. Uno de los activos más importantes de la empresa, además de su inserción territorial de la mano de la red de Los Grobo, es su planta de Zarate (Bs. As.). A finales de 2024, Agrofina anunció que, ante la crisis sectorial y la retracción de las ventas, no podrían afrontar el pago de pagarés bursátiles ni los vencimientos de los préstamos bancarios por un monto cercano a los \$400.000.000 (pesos cuatrocientos millones).

En el caso de empresas grandes y consolidadas, Sosa Varrotti y Frederico (2017) analizaron el proceso de la megaempresa agroproductiva “El Tejar”, quien recibiera inversiones de fondos como Altima Partners, con sede en Londres, y Calyx Agro, respaldado por Louis Dreyfus Company. Altima lanzó un fondo de este tipo llamado Altima Global Special Situations Fund (AGSS), con el que adquirió alrededor de un 20% de las

acciones de El Tejar, por un monto de US\$ 50 millones (El Cronista, 2009 citado en Sosa y Frederico, 2018). Con el correr de los años, la empresa pasó a estar controlada por inversores institucionales: 54% de las acciones pertenecía a Altima Partners, 32 % a Capital Group, 11 % a Crestline Investors, y el resto a otros inversores minoritarios (Sosa y Frederico, 2018).

4. Fondos de inversión (mutual funds)

Los Fondos de Inversión se dedican a diversificar los riesgos y facilitar accesos a los mercados financieros. Dentro de estos existen distintas opciones: i. los Fideicomisos agropecuarios; y ii. los Fondos Comunes de Inversión Agropecuarios (cerrados u abiertos). Mientras que los primeros están regulados por un organismo oficial (como la Comisión Nacional de Valores), los otros dependen de un contrato entre las partes. Por un lado, en los fondos fiduciarios de oferta pública el fiduciante cede activos al fiduciario constituyéndose un fideicomiso que ofrece participaciones en el mismo a inversores que, a cambio, obtienen un rendimiento financiero determinado. Cuando se observan los fideicomisos agropecuarios registrados en los últimos diez años (2015 y 2025) aparecen 110 fideicomisos emitidos en pesos (50.919.242.225), dólares (749.098.062) y

dólar linked, pesos ajustados al precio oficial (130.323.039).

Se manejan con un promedio de 24 meses de duración y en su mayoría son con tasa fija. Entre los principales fiduciantes aparecen empresas de relevancia para el sector, como Dow Agrosiences (agroquímicos), Agrofina S.A. (Insumos), Asociados Don Mario (semillas) y Syngenta (agroquímicos). Para las grandes exportadoras, por ejemplo, este instrumento supone una forma de financiamiento con tasas inferiores a las que ofrece la banca. Empresas como Nidera, Aceitera General Deheza (AGD), Vicentin y la Compañía Argentina de Granos (CAG) han recurrido a esta herramienta financiera (Sorondo, 2014). Los actores fiduciarios están constituidos en muchos casos por Banco de Valores como por ejemplo Banco Galicia y TMF Trust Company S.A. (CNV, 2025)

Por el otro, los Fondos de Inversión Cerrados tienen una importante presencia en el sector agropecuario, tanto en la actividad agraria como pecuaria. Por ejemplo, se encuentran activos el “Fondo Pellegrini Agro”, que invierte en activos de renta fija y variable agropecuarios; el “Banco Macro Agro”, que ofrece fondos comunes de inversión para el sector agropecuario; y el fondo “Allaria Agro FCI”, que Invierte en futuros agropecuarios. También el Fondo Común

Cerrado ADBlick ofrece una cartera amplia de proyectos vinculados con la producción granaria con operaciones en la provincia de Buenos Aires, cuya sociedad gerente es Allaria Fondos Administrados (ADBlick Granos); con la producción ganadera (ADBlick ganadería) asociado a la producción y comercialización de carne (compra de terneros y engorde) en el mercado interno e internacional, cuya sociedad gerente es Supervielle Asset Managment. En términos geográficos este proyecto se consolida en distintas provincias de la región centro y norte; con el proyecto ADBlick Olivos se producen más de 800 hectáreas en Mendoza para la producción de aceites. También el Fondo tiene proyectos orientados a la compra y arrendamiento de tierras, la producción de pecán, las energías renovables y el asesoramiento estratégico. En su página web (adblick.com) se destaca el apoyo de grandes empresas del sector: Monsanto, Dow, Nidera, Corteva, Pioneer y DuPont.

Otro fondo de este tipo que ha adquirido relevancia es aquel destinado a las empresas argentinas en crecimiento asociadas al Agro-food tech. En este subrubro se inscribe “Innventure”, un fondo promovido por AAPRESID y conformado por productores, profesionales y empresarios del mundo rural con el fin de promover el desarrollo de nuevas tecnologías y respaldar a emprendedores.

Dentro de las Agtech apalancadas por el fondo se encuentran: DeepAgro, SiloReal y Tracestory (Innventure.com).

Por último, en un espacio que articula a los actores financieros con los actores tradicionales del sector, podemos ubicar la expansión de la figura de los pools de siembra, que se caracterizan por arrendar grandes superficies a terceros produciendo en gran escala y centralizando aportes de capital y tecnología. Muchas veces dicha estrategia productiva supone asociaciones de firmas locales con empresas o fondos extrarregionales (Ortiz y Gorenstein, 2016). Se trata de una inversión de capital limitada temporalmente que surge de la reunión entre distintos montos de capital de origen diverso y cuya forma de rotación es enteramente la del capital circulante sin que ninguna porción de capital adopte la forma de capital fijo (Caligaris, 2015).

5. Empresas comercializadoras de productos básicos

A partir de la desregulación de los mercados de derivados de materias primas, las mayores comercializadoras de granos (ADM, Bunge, Cargill y Dreyfus), a través de sus filiales especializadas en servicios, manejan los riesgos propios de sus actividades mediante una serie de instrumentos financieros. Dentro de este contexto, la mayor parte de las grandes exportadoras pasaron a cotizar en bolsa

y/o, en algunos casos, vender parte del capital a un socio estratégico: ambas dos formas suponen la obtención de formas de financiamiento más baratas en comparación al financiamiento bancario. A su vez, cabe aclarar que el hecho de estar vinculadas a todas las etapas de las cadenas comerciales, desde la producción hasta la comercialización, les permite contar con información privilegiada frente a sus competidores (Clapp y Isakson, 2019).

Uno de los instrumentos financieros por ellas utilizado es el de los contratos forwards cedidos. Los productores primarios celebran con las grandes exportadoras un contrato forwards de manera de asegurarse un precio a futuro por una x cantidad de producción y, al mismo tiempo, lo ceden a un banco a cambio de financiamiento para la producción. De esta manera se produce una cobertura doble ya que, mientras el productor se asegura un precio y adelanta los pagos del mismo, la exportadora terceriza el riesgo que supone el Forwards en un banco determinado. De hecho, se trata de una forma de “institucionalizar” este tipo de contratos, que se dan en mercados no institucionalizados extrabursátiles en donde las condiciones contractuales se negocian de manera bilateral y, al no haber una contraparte central, se asume un riesgo de incumplimiento. Para la cosecha

2023/2024, el 3% de la financiación bancaria de la producción agropecuaria asumió esta forma (Ramseyer y Calzada, 2024).

También utilizan los contratos de futuros, similares a los forwards con la diferencia de que sus condiciones contractuales están estandarizadas (cantidad, calidad y forma de pago) y se negocian en mercados institucionalizados, lo cual supone garantía por parte de una contraparte. Otra diferencia clave pasa por el hecho de que, en contraposición a los forwards, en los contratos de futuros existe la posibilidad de proceder o no a la entrega de la mercadería o activo subyacente negociado, siendo lo habitual la cancelación en efectivo. De esta forma, la posición en el mercado de futuros sustituye temporalmente una posterior compra o venta en el mercado disponible. Esta modalidad les permite sortear el riesgo al incremento en el precio de un activo asegurándose de antemano el precio de compra futuro del mismo. De esta forma, al momento de la compra efectiva del commodity en cuestión, tiende a asegurarse la igualación de su precio con el precio de la venta del activo (López, 2021).

Cuando las exportadoras no llegan a cubrir los pagos a los productores con el flujo asociado a la propia venta al exterior de los productos primarios y derivados, pueden recurrir a tres formas de

financiamiento: cobrar anticipadamente una parte o la totalidad de la exportación previamente a que el grano u oleaginosa sea embarcado; prefinanciar las exportaciones tomando un crédito en el sistema financiero local o en el exterior y con el comprar el grano a los productores cancelando el crédito una vez que cobran la venta; por último, recurrir a préstamos -que funcionan como anticipos- de las propias casas matrices de los exportadores locales (Ferrari, Marín y Terré, 2025). Claramente, las últimas dos formas pueden suponer beneficios adicionales. En efecto, en el caso de tomar un crédito internacional en momentos donde la tasa de interés local supera la internacional, las exportadoras pueden prestar el dinero: o a los bancos locales realizando un negocio financiero que, en caso de asociarse a la producción primaria, lo haría a través de un potencial préstamo que el banco otorga al productor; o a los productores, en donde el exportador utiliza ese crédito para financiar el proceso productivo otorgando un préstamo con un mayor costo de financiamiento que el que obtuvo. En el tercer caso, los autopréstamos pueden representar una forma de evasión fiscal al hacer aparecer lo que en verdad es ganancia como una deuda que requiere de su saldo en el extranjero, contribuyendo de esta forma -también- a la fuga de capitales.

Otra fuente de financiamiento habitual de las grandes exportadoras se da mediante el otorgamiento de créditos de mediano y largo plazo por parte de agencias multilaterales de crédito. Algunos casos son, por ejemplo:

Renova: recibió financiamiento del International Finance Corporation (órgano del Banco Mundial), Inter-American Investment Corporation (brazo inversor para el sector privado del Banco interamericano de Desarrollo) y Inter American Development Bank (BID);
Vicentin, recibió financiamiento del F.M.O NV bank (Banco de desarrollo holandes) y del IFC (35 millones US\$ otorgados poscrisis de 2001 con el objetivo de mantener la oferta de granos al mercado interno y externo) (Gaggero y Zanotti, 2020).
AGD obtuvo financiamiento del IFC en 2002 (30 millones de US\$) facilitándole completar la compra prevista de granos de soja que se había visto dificultada por la crisis económica doméstica; en 2004 (70 millones de US\$), para la construcción de depósitos, el incremento en la capacidad de procesamiento de oleaginosas y la producción de harina de soja; y en 2009 (70 millones de US\$), para la expansión de bienes de capital. También obtuvo un crédito de 100 millones de dólares por parte de la CAF (Banco de Desarrollo de América Latina) (Toftum y Fal, 2019).

Otras formas de financiamiento utilizadas son las Obligaciones negociables (ON) que son títulos de deuda que emiten las empresas para financiarse. Quien adquiere el título pasa a convertirse en

acreedor de la empresa teniendo el derecho a que le devuelvan el capital y los intereses en un periodo de tiempo determinado previamente. Las ON se ofrecen en el mercado abierto y cotizan diariamente. Molinos del Río de la Plata, por ejemplo, utilizó dicho instrumento en 2013 emitiendo ON a 48 meses, 24 meses y 280 días (US\$ 91.785.548, 80 millones de pesos y la misma cifra, respectivamente) (Sorondo, 2014).

6. Empresas aseguradoras

El séptimo grupo es el de las empresas aseguradoras, muy presentes en el sector agrícola local. Aunque la cobertura que indemniza por daños provocados por el granizo es la más difundida, también existen otros riesgos como el de daños ocasionados por vientos, heladas o incendios que pueden ser sumados a la cobertura. Además, otro instrumento es el de los seguros paramétricos en donde la indemnización depende de parámetros preestablecidos sobre índices objetivos que, al traspasar ciertos umbrales, hacen disparar la indemnización bajo el criterio de que a partir de ese momento comienzan a producirse pérdidas en la producción. Para tomar dimensión de la relevancia de los seguros en el agro argentino, en el año 2021 llegaron a emitirse \$28.303.765 millones en primas en seguro agrícolas, abarcando un área productiva de 20,7 millones de hectáreas,

con un total de 145.163 pólizas. Las principales empresas aseguradoras son Segunda, Sancor Seguros y Allianz, quienes llegaron a cubrir para el mismo año casi el 57 por ciento del total de las primas emitidas (Treboux y Bergero, 2022). Por otra parte, en relación a la “mecánica” del negocio, existen dos formas típicas en la búsqueda de redistribuir riesgos. El coaseguro donde varias aseguradoras cubren un mismo riesgo, compartiendo primas y responsabilidad frente al asegurado; y el reaseguro que consiste en un contrato entre la aseguradora y una reaseguradora en donde la primera transfiere parte del riesgo a la segunda sin involucrarse directamente al asegurado.

Un último punto a tratar es el de las sociedades de garantías recíprocas que consisten en una suerte de seguro que suelen tomar los productores, ya no asociado a los imponderables de la cosecha, sino respecto a las deudas que hayan contraído con instituciones financieras. En efecto, se trata de sociedades comerciales que tienden a facilitar el acceso al crédito por parte de los productores. En este sentido, no prestan dinero sino que permiten mejoras en el plazo, tasa y condiciones del crédito financiero o comercial. En general, las SGR son sociedades constituidas por los grandes jugadores sectoriales, habiendo “socios protectores” -que al aportar fondos

acceden a beneficios fiscales al deducir dichos fondos del pago del impuesto a las ganancias- y “socios partícipes”, quienes, a cambio de una comisión, obtienen avales y garantías que funcionan como reaseguro para el inversor al contemplar que, frente a un eventual incumplimiento, la SGR se hará cargo del compromiso asumido. Dentro del mercado de capitales, las SGR pueden otorgar garantías frente a Obligaciones negociables, cheques de pagos diferidos y fideicomisos. Un ejemplo es el de Agroaval S.G.R, en donde la empresa comercializadora AGD cumple el rol de socio protector.

7. Fondos de pensiones, fondos soberanos de Inversión y dotaciones de Universidades y fundaciones

Los Fondos de pensiones canalizan el ahorro de las personas a través de inversiones. En el país tenían una presencia mayoritaria el régimen de reparto establecido en 2007, por el que los trabajadores en actividad y las empresas con sus aportes financiaban las jubilaciones. Pero también existe el régimen de capitalización mediante el cual los fondos de pensiones son administrados por compañías de seguros, como el Plan de retiro de la compañía Zúrich o de la empresa San Cristóbal.

No obstante, existen inversiones de Fondos de pensiones provenientes de

otras latitudes. En efecto, en 2016, el Canada Pension Plan Investment Board compró el 40% de Glencore y el British Columbia Investment Management Corp. (bcIMC)¹ otro 10%, siendo ambos fondos de pensión (Zanotti y Gaggero, 2020)

Respecto a los fondos soberanos de inversión, se trata de una herramienta de los Estados nacionales que pueden tener distintos objetivos, entre los cuales es posible destacar la diversificación sectorial, el incremento de los encadenamientos productivos, el seguro de las pensiones de generaciones venideras y la disminución del impacto de la volatilidad de los precios de los recursos exportados sobre las cuentas públicas. Respecto a esto último, al facilitar la inversión por fuera de las fronteras del propio país, se desvincula a dicho capital de los diversos menesteres que pueden sacudir a la economía doméstica (Calzada y D'Angelo, 2021). Otras veces son utilizados para canalizar inversiones de largo plazo, incluyéndose en sus carteras una gran variedad de activos con mayor riesgo y período de maduración. Entre 2007 a 2015 los activos totales de los FSI registraron un crecimiento del 133% (Cendrero y Wirth,

2017). A nivel global, algunos ejemplos son el Fondo Global Gubernamental de Pensiones (GPFG) noruego, el Fondo Estratégico de Inversiones irlandés y el Fondo de Estabilización de los Ingresos Presupuestarios (FEIP) mexicano.

Aunque los FSI invierten tan solo del 2 al 3% de sus fondos en la agricultura, la seguridad alimentaria es una de sus preocupaciones geopolíticas centrales. En este sentido, muchos invierten en adquisiciones a gran escala de tierras de cultivo; algunos se posicionan en sistemas de venta de alimentos al consumidor (cadenas de supermercados o sistemas de entrega y tecnologías digitales); otros adquieren participaciones sobre los grandes jugadores de los mercados globales de materias primas, transporte de granos, oleaginosas y café. Respecto a este último punto, los FSI tienen participación en Bunge, COFCO o Louis Dreyfus. El FSI QIA de Qatar se ha convertido en uno de los inversionistas más grandes en Glencore, asegurándose contractualmente el acceso a granos y servicios de transporte en caso de necesidad. ADQ (FSI de los emiratos árabes) tiene un acuerdo adicional con Louis Dreyfus que le da prioridad sobre los embarques de alimentos en tiempos de crisis globales. Este FSI es propietario del 45% de Louis Dreyfus Company, que tiene grandes propiedades de tierra en Latinoamérica: una participación

¹ British Columbia Investment Management Corporation (BCI), es una compañía canadiense que presta servicios de inversión a los planes de pensiones del sector público de Columbia Británica invirtiendo en distintas clases de activos y latitudes siendo uno de los ocho principales fondos de pensiones de Canadá

mayoritaria en la empresa Unifrutti (15 mil hectáreas de huertos frutales en Chile, Ecuador, Argentina, Filipinas, España, Italia y Sudáfrica). A su vez, el fondo soberano de Qatar (QUIA, autoridad de inversiones de Qatar), 14% de la propiedad de AdecoAgro (con enormes cantidades de tierra bajo producción en Argentina, Brasil y Uruguay). Además, también tiene participación accionaria en Glencore.

Finalmente, el último grupo es el de dotaciones de universidades y fundaciones, con alguna relevancia sobre la agricultura. Un ejemplo es el de la Universidad de Harvard que, a través de la Harvard Management Company (HMC), dedica alrededor del 15% de su capital anual a las inversiones forestales en el mundo. En Argentina es propietaria de 87.000 hectáreas en la provincia de Corrientes dedicadas a la plantación de pinos y eucaliptos a través de dos sociedades anónimas: Empresas Verdes Argentinas S.A. (EVASA) y Las Misiones S.A. Mediante el sistema de plantación de árboles a gran escala se favorece la obtención de ganancias rápidas, empleando pocos trabajadores generalmente precarizados y recibiendo exenciones impositivas y estabilidad fiscal por parte de los gobiernos nacionales y provinciales.

4. Conclusiones

En este trabajo hemos podido identificar los principales rasgos del proceso de financiarización a nivel global y el modo en el que se proyectó, de manera deformada y dependiente, sobre los países de la periferia. Al analizar el proceso de consolidación de la financiarización subordinada en el sector agroalimentario y agroindustrial de la Argentina se pudieron identificar una serie de mojones o hitos, desde la última dictadura militar en adelante, que favorecieron la consolidación hegemónica del capital financiero en la economía Argentina, en general, y en su sector agropecuario, en particular. A partir de allí es posible concluir:

Primero, que el proceso de financiarización subordinada no hubiera sido posible sin la desregulación keynesiana y re-regulación neoliberal consolidada en el país desde los años 1970 en adelante, primero a través del gobierno militar y posteriormente a través de distintos gobiernos constitucionales.

En segundo lugar, que las dinámicas internacionales y domésticas de financiarización habilitaron el ingreso de nuevos agentes a la actividad agroproductiva y promovieron modificaciones en los comportamientos de los actores tradicionales. En ese sentido, ha sido posible identificar, al menos, tres grupos principales: actores financieros

extra-sectoriales, como los fondos de inversión o de pensión; actores tradicionales reconvertidos, como las megaempresas; y actores mixtos, expresados en la figura de los correacopios o de los pooles de siembra.

A partir del momento en que se comienza a indagar acerca de la compleja red de propiedades que están detrás de las mega empresas agrícolas o, por caso, de las grandes comercializadoras de granos, oleaginosas y derivados, salta a la vista cómo la financiarización ha servido de vehículo para la **centralización del capital**. En efecto, el propio Marx en su análisis sobre el capital a préstamo en el tomo III de *“El Capital”*, ya aventuraba tanto el efecto de aceleración temporal que suponía la introducción del crédito en el ámbito del comercio, así como la potencial dislocación entre la esfera de producción y de consumo que acarrearía el crecimiento del capital a crédito, lo cual redundaba en crisis económicas. El reacomodamiento entre precios y valores a caballo del desarrollo de la crisis, suponía la posibilidad de una caída abrupta en el precio de las acciones de las compañías o incluso quiebras que eran aprovechadas por grandes capitales para fusionarse o adquirir empresas o acciones por debajo de su valor potencial. Así se reforzaba la tendencia a la centralización del capital (Marx, 2001). A pesar del tiempo transcurrido -más allá de los mecanismos

y actores específicos- estas reflexiones siguen siendo válidas hoy en día. Al poco de indagar en la red societal de empresas asociadas al agro lo que se vislumbra es, por un lado, una ampliación en la escala de influencia de los grandes capitales que no conoce límites sectoriales ni espaciales; por el otro, como se ha dejado constancia aquí, la repetición de los mismos nombres (sean hedge funds, fondos de capital privado, etcétera) en la participación accionaria de los diversos tipos de grupos económicos agrarios. Además, la lógica financiera aplicada al agro se transforma en un ciclo que se retroalimenta en la medida en que la crisis no es un resultado no deseado sino parte constitutiva del negocio. Casos como el del Tejar muestran como la entrada de capitales a estas empresas expresan una lógica, no de saneamiento sino de expansión y crecimiento insustancial, donde el punto clave se ajusta al momento óptimo de vender o desprenderse de sus participaciones, justo antes de que la empresa entre en crisis. A su vez, al replicarse dicha lógica, la desvalorización consecuente se trasluce en una nueva oportunidad para expandir la centralización del capital. Es en este sentido en que las crisis (de grupos, empresas o países) son parte constitutiva del negocio financiero.

Por otra parte, el **endeudamiento público y privado** es una de las características

distintivas de la financierización subordinada argentina, teniendo este fenómeno un vínculo directo con el sector agrario. En efecto, tal como Eduardo Basualdo lo ha analizado en distintos libros y publicaciones (por ej. Basualdo, 2013; Basualdo, 2017), deuda y fuga de capitales resultan ser dos caras de la misma moneda. La participación del agro en este proceso tiene múltiples aristas. Es, por un lado, el principal generador de divisas del país que permitieron, mediante el cobro de los derechos de exportación durante los gobiernos kirchneristas, desarrollar un proceso de desendeudamiento muy significativo (Mendizábal, 2024). A su vez, durante los gobiernos neoliberales (menemismo, cambiamos y LLA), el relanzamiento de la valorización financiera supo ser usufructuado por los grandes jugadores del agro, sea mediante inversiones financieras apalancadas en el carry trade o mediante el financiamiento a productores con capital a crédito tomado en el exterior a tasas inferiores a las que regían localmente. Además, gracias a las redes de propiedad ya mencionadas, participaron de la fuga de capitales, sea mediante la subfacturación de exportaciones, sobrefacturación de importaciones y el mecanismo de metamorfosear las ganancias en deudas intrafirmas. De esta forma, el gran capital agrario en sus diversas formas, resulta

beneficiario del mecanismo específico de financierización subordinada (valorización financiera) participando activamente del carry trade para, llegado el momento, fugar capitales gracias a los fondos producto del endeudamiento público (con bonistas o con organismos internacionales). Incluso, en el caso de las grandes exportadoras, aunque son ellas quienes formalmente pagan las retenciones, no obstante, trasladan el costo del impuesto en los propietarios agrarios a la vez que se benefician de las menores alícuotas que, para casi toda la posconvertibilidad, han gozado los derivados agrarios (harinas, aceites, pellets, etcétera).

Para concluir, los distintos puntos trabajados nos permiten avanzar a la vez que seguir indagando respecto de los principales cambios ocurridos en la dinámica de acumulación del sector agropecuario del país y de quiénes fueron y son los actores principales del proceso de desarrollo en la primera parte del siglo XXI.

Referencias Bibliográficas

- Arceo, N. (2010). Las transformaciones estructurales en el agro pampeano. En N. M. Arceo, M. L. Gonzalez, N. M. Mendizabal, & E. M. Basualdo, La economía argentina de la postconvertibilidad en tiempos de crisis mundial. Buenos Aires: Cara o Ceca.
- Azcuy Ameghino, E. (2016). La cuestión agraria en Argentina. Caracterización, problemas y

- propuestas. Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios. N° 45, 2do semestre
- Basualdo, E. (2013). Estudios de historia económica argentina: Desde mediados del siglo XX a la actualidad. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Basualdo, E. (Ed.) (2017). Endeudar y Fugar. Un análisis de la historia económica argentina, de martínez de hoz a macri. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Becker, J., Jäger, J., Leubolt, B. y Weissenbacher, R. (2010). Peripheral financialization and vulnerability to crisis: A Regulationist perspective. *Competition and Change* 14, (3-4), 225-247
- Berguero, P y Treboux, J (2023) Los embarques de granos en 2022 se ubicaron apenas por debajo del récord del año previo, con China como principal destino. Bolsa de Comercio de Rosario.
- Bonanno, A. (2016). La financiarización de la agricultura y alimentos en el contexto de la restructuración neoliberal: rasgos principales y contradicciones fundamentales. *Estudios Rurales*, Vol 5, N° 10
- Bonanno, A. y Douglas, C. (Eds.). 2008. *Stories of Globalization*. University Park, PA.: Penn State University Press.
- Burch, D. y Lawrence, G. (2013). Financialization in agri-food supply chains: private equity and the transformation of the retail sector. *Agriculture and Human Values*, 2013, vol. 30, issue 2
- Caligaris, G. (2015). Concentración y centralización del capital agrario en la región pampeana. El caso de los grandes pooles de siembra. *Mundo Agrario*, 16(31).
- Calzada, J y Ramseyer, F. (2024) ¿A qué tasas de interés se financian los productores en la campaña 2024/25? Informativo semanal, Bolsa de Comercio de Rosario <https://cdi.mecon.gob.ar/bases/doc/bcr/info-sem/2169.pdf>
- Calzada, J y D'Angelo, G. (2021) ¿Cómo funcionan los Fondos Soberanos de Inversión en el mundo?. Informativo semanal, Bolsa de Comercio de Rosario <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigaci-on-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/como-funcionan>
- Cendrero, J y Wirth, E (2017) Empresas públicas, fondos soberanos y enfermedad holandesa: El caso de Noruega. *Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento*. Curitiba, v. 6, n. 2, p. 180-214, mai./ago. 2017
- Clapp, J. y Isakson, R. (2019). Cosechas especulativas. Financiarización, alimentación y agricultura. España: Editorial Icaria
- Fal, J., y Toftum, N. (2019). El Banco Mundial en la Argentina: Consolidación de la plataforma agroexportadora*. De Raíz Diversa. *Revista Especializada En Estudios Latinoamericanos*, 6(11), 151–166. <https://doi.org/10.22201/ppela.24487988e.2019.11.69853>
- Ferrari, B., Marín, N., & Terré, E. (2024). La agroindustria argentina llega al 70% de los países del mundo. Informativo Semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario, 42(2147). Obtenido de <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigaci-on-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/la-74>
- Frederico, S y Sosa Varrotti, P. (2018). Las estrategias empresariales del agronegocio en la era de la financiarización. El caso de El Tejar. *Mundo Agrario*, vol. 19, n° 41.
- García Zanotti, G., & Cassini, L. (2024). La financiarización subordinada en los sectores primarios argentinos a partir de la inserción en las cadenas globales de valor durante el nuevo milenio (2003-

- 2021). Cuadernos De Economía Crítica, 10(20), 71-107. Recuperado a partir de <https://sociedadeconomiacritica.org/ojs/index.php/cec/article/view/354>
- García Zanotti, G., y Gaggero, A. (2020b). La crisis de Vicentin y los grupos empresariales que se expandieron a partir de su caída (2019-2020). Informe presentado al Banco de la Nación Argentina. Mimeo
- García Zanotti, G., y Gaggero, A. (2023). La financiarización del mercado granario en la Argentina de la posconvertibilidad: el caso de los correacopios. Realidad Económica.
- Gras, C., y Sosa Varrotti, A. (2013). El modelo de negocios de las principales megaempresas agropecuarias. En Gras y Hernández (Coordinadoras), El agro como negocio: producción, sociedad y territorios en la globalización. Biblos
- Kaltenbrunner, A y Paineira, J. (2018). Financiarización en América Latina: implicancias de la integración financiera subordinada. En Abeles, Pérez Caldente y Valdecantos (Ed.), Estudios sobre financiarización en América Latina. Libros de la CEPAL, N° 152 (LC/PUB.2018/3-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- Lapavitsas, C. (2013). Beneficios sin producción. Cómo nos explotan las finanzas. Madrid: Traficantes de sueños
- Lopez, F (2021). Mercado de futuros y opciones agrícolas en Argentina (2004-2020): volatilidad, cobertura y arbitraje. <http://hdl.handle.net/2133/24060>
- Mendizábal, G (2024). Las retenciones agropecuarias y agroindustriales en la Argentina: formas de estimación, elusión impositiva y distribución del excedente (2003-2019). Tesis de Maestría. FLACSO. Sede Académica Argentina, Buenos Aires.
- Nava, G. (2003). Estudios agroalimentarios. Fortalezas y debilidades del sector Agropecuario: políticas de financiamiento de la producción agropecuaria Argentina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ortiz, R. y Gorenstein, S. (2016). La conquista de las transnacionales: Estrategias empresarias y marcos regulatorios en los mercados agroalimentarios. Nueva Sociedad, 64-76.
- Pierri, J. (2014). Producción y comercio de granos, 1980-2012: políticas públicas, grandes empresas y dependencia. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Biblos.
- Salerno, T. (2017). Cargills corporate growth in times of crisis: how agro commodities traders are increasing profits in the midst of volatility. *Agriculture and human values*, 34, 1:211-22
- Santarcángelo, J. (2017). La reforma financiera de 1977 como pilar del endeudamiento externo. Voces del Fenix, vol. 64 p. 112 - 119.
- Sorondo, J (2017). Financiamiento del sector agropecuario y agroindustrial en Argentina. Análisis de la situación actual, principales limitantes y nuevas formas de financiamiento al sector que pueden potenciar la producción y la industria. Tutor: Javier Epstein. Universidad Torcuato Di Tella
- Villulla, Juan Manuel. (2010-12). La política económica de los '90 y sus efectos sobre la organización social del trabajo agrícola en La Pampa húmeda : 1991-2001. Doc. CIEA Vol. Nro. 05
- Wallerstein, I. (2004). Análisis de Sistemas Mundo. México: Siglo XXI
- Dirección de web consultadas:**
<https://www.lanacion.com.ar/economia/sostener-el-show-las-condiciones-que-piden-los-principales-fondos-para-invertir-en-la-argentina-nid29102024/>

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-10-18/hedge-fund-farrer-raises-500-million-to-trade-agriculture?embedded-checkout=true>

https://ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Magenties_MAF.pdf

<https://www.blackrock.com/es/profesionales/productos/229904/blackrock-world-agriculture-a2-usd-fund>

<https://www.ishares.com/us/products/326601/ishares-emergent-food-and-agtech-multisector-etf>

<https://www.infocampo.com.ar/el-ranking-de-ventas-2024-de-la-maquinaria-agricola-mas-cosechadoras-y-pulverizadoras-pero-menos-tractores/>

<https://afat.org.ar/wp-content/uploads/2024/04/ACARA-Marzo-2024.pdf>

<https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/agricultura/bayer-deja-de-vender-semillas-de-soja-en-la-argentina-el-motivo-nid30072021/>

<https://www.grupolosgrobo.com/ideas-para-transformar/medios/cuales-son-los-planes-de-victoria-capital-el-fondo-dueno-de-los-grobo>

<https://www.cnv.gov.ar/sitioWeb/Informes?columna=4>

<https://www.agriinvestor.com/goldman-takes-majority-stake-in-new-3000-acre-tree-fruit-company/>

<https://www.goldmansachs.com/community-impact/10000-small-businesses/us/news-and-program-information/investing-in-small-businesses-across-rural-communities>

<https://www.ambito.com/finanzas/jp-morgan-sugirio-los-clientes-invertir-america-latina-medio-latension-global-n6131695>

<http://agd.com.ar/es>

<https://www.farmlandgrab.org/post/23570-argentina-nuevas-fichas-en-el-tablero-del-mercado-de-granos>

<https://www.infocampo.com.ar/como-impactara-en-argentina-bunge-compro-viterra-y-se>

[potencia-como-otro-gigante-global-delagro/#:~:text=Una%20de%20las%20terminales%20de,seg%C3%BAn%20inform%C3%B3%20la%20agencia%20Reuters](https://www.ambito.com/economia/vicentin-argentina-y-blackrock-destinos-cruzados-ahora-n5116166)

<https://www.ambito.com/economia/vicentin-argentina-y-blackrock-destinos-cruzados-ahora-n5116166>

41. Salud animal

Análisis morfométrico y funcional del intestino sano mediante técnicas histológicas, histoquímicas e inmunohistoquímicas en la especie porcina.

Autor: MV. Sánchez Croce, Aurora Guadalupe, sanchezcroceag@gmail.com

Tutores: Dra. Machuca, Mariana, mmachuca71@gmail.com; Dr. Rumbo, Martin, rumbo.martin@gmail.com; Dra. Errea, Agustina, errea.agustina@gmail.com.

Universidad Nacional de La Plata (LAPEVET-FCV, IIFP-CONICET).

1. Resumen.

El estrés posdestete en lechones, característico de los sistemas intensivos de producción porcina, induce alteraciones intestinales asociadas al cambio dietario, disbiosis y procesos inflamatorios subclínicos que afectan negativamente el rendimiento productivo.

En este trabajo se analizaron parámetros morfológicos y funcionales en intestino delgado y grueso de un cerdo de 35 días, mediante la selección, estandarización y optimización de técnicas, con el objetivo de establecer referencias para futuras intervenciones con levaduras probióticas del género *Kluyveromyces*.

Se evaluaron características de las vellosidades, criptas, células caliciformes y mucus intestinal mediante tinciones histológicas convencionales y PAS-Alcian Blue, y se caracterizó la glicosilación del mucus intestinal con lectinohistoquímica. Además, se aplicó inmunofluorescencia indirecta para detectar la proliferación epitelial (Ki-67) y la integridad de uniones estrechas (Claudina-3).

Las técnicas seleccionadas demostraron ser de utilidad para el análisis histológico detallado de las distintas estructuras del intestino delgado y grueso en cerdos.

2. Introducción.

El síndrome de estrés posdestete es un cuadro común en los sistemas de producción porcina intensiva, especialmente cuando el destete se realiza a los 21 o 28 días de edad. Este proceso implica una transición abrupta de los lechones desde una dieta líquida (leche materna) a una dieta sólida, sumado a la separación de la madre y de la camada, lo que genera un importante desafío fisiológico y conductual que impacta negativamente en su salud y productividad [1].

El cambio de dieta y el armado de lotes, sumados a la susceptibilidad de los lechones a infecciones entéricas, favorecen la disbiosis de la microbiota intestinal, el deterioro de la función de la barrera epitelial y la inflamación intestinal [2], produciendo una atrofia transitoria de

las vellosidades, reduciendo de manera directa la absorción intestinal.

Estos cambios ocurren principalmente entre los primeros 2-14 días posdestete, que se corresponde al momento de aparición de diarreas y caída de la ganancia diaria de peso durante la etapa de recría, resultando en importantes pérdidas económicas [4]. Dentro de los agentes más frecuentemente asociados a diarrea en esta categoría se encuentran *Escherichia coli*, rotavirus, coronavirus, *Cystoisospora suis* y *Cryptosporidium spp.* Todos ellos pueden actuar solos o en infecciones mixtas [5].

El empleo de antibióticos en forma preventiva para evitar infecciones gastrointestinales frecuentes al destete tiende a ser reemplazado debido al enorme impacto que genera en la aparición de resistencia a los antimicrobianos, lo que constituye una amenaza para la salud humana y animal.

La utilización de probióticos como promotores del crecimiento ha demostrado ser una alternativa que produce mejoras en el crecimiento y en el índice de conversión de los cerdos [6]. En nuestro grupo venimos evaluando la administración de levaduras probióticas de la especie *Kluyveromyces marxianus* a lechones al destete para inducir el establecimiento de una microbiota adecuada, redundando en menores tasas de diarreas y mejor conversión del alimento [7].

El análisis morfométrico puede ser utilizado para evaluar la salud intestinal en cerdos, con particular relevancia en la identificación de inflamación crónica intestinal de bajo grado. La importancia de la caracterización de los procesos microscópicos relacionados con la inflamación crónica de bajo grado radica en que el impacto negativo en la performance productiva comienza mucho antes de que las alteraciones sean macroscópicamente identificables.

La altura de la vellosidad, la profundidad de la cripta y la relación cripta:vellosidad son indicadores de la superficie de absorción de nutrientes. Una vellosidad más alta favorece la capacidad absorbente intestinal y una cripta más profunda indica una tasa de recambio epitelial más rápida. Otras alteraciones microscópicas asociadas a la inflamación intestinal son la proliferación de enterocitos y de células caliciformes y la integridad de las uniones estrechas entre las células epiteliales [2].

La capa de mucus de la superficie epitelial es la primera línea de defensa intestinal, siendo clave para mantener la homeostasis y controlar la inflamación [1]. Es producida por las células caliciformes y se compone de una capa interna, adherida al epitelio, que previene la invasión bacteriana, y una externa, donde las bacterias habitan. La capa de mucus está formada por una gran red polimérica de

mucinas O-glicosiladas, principalmente compuestas por N-acetil-galactosamina (Gal-NAc), N-acetil-glucosamina (GlcNAc), fucosa (fuc), galactosa, manosa y ácido siálico. Las mucinas también pueden ser clasificadas en neutras, fucosiladas, ácidas sulfatadas o ácidas sialiladas [8][13]. Estas propiedades físico-químicas de las mucinas pueden ser relevantes en la adaptación al postdestete. También existe una relación presumible entre la cantidad de células caliciformes y la producción de mucus [10][13].

3. Objetivos.

Analizar los parámetros morfométricos y funcionales del intestino delgado y grueso en la especie porcina.

Seleccionar, estandarizar y optimizar técnicas histológicas, histoquímicas e inmunohistoquímicas para la evaluación del intestino con el objetivo de ser utilizadas para futuras intervenciones con levaduras probióticas del género *Kluyveromyces*.

4. Materiales y métodos.

4.1. Muestras

Se obtuvieron dos muestras de íleon y cuatro de colon de un cerdo de 35 días. Las muestras se fijaron en formol al 10 % durante 48 hs, se deshidrataron en alcohol, se realizó el aclaramiento en xilol e inclusión en parafina (taco identificado como 1135/25). A partir de los bloques se realizaron cortes histológicos de 4 μ m de

espesor con micrótomos Leica Jung RM 2055. Sobre éstos cortes se aplicaron distintas tinciones y técnicas, según los parámetros a analizar. Las imágenes se capturaron con máquina fotográfica digital Nikon DS-Fi1-U2 conectada a microscopio Nikon Eclipse 50i (Japón), se guardaron en formato .jpg y se analizaron con ImageJ 1.54g.

4.2. Análisis de morfología intestinal.

Se realizó la tinción de hematoxilina & eosina (H&E) y se midió la altura y ancho de 30 vellosidades y la profundidad de 30 criptas del intestino delgado y 30 criptas del intestino grueso con objetivo 10x. En intestino delgado se evaluó la relación cripta:vellosidad [3][8]. Se registraron valores promedios, mínimos y máximos, y desvíos estándar de las mediciones.

4.3. Inmunofluorescencia indirecta (IFI).

4.3.1 Proliferación epitelial y uniones estrechas.

Ki-67 es una proteína nuclear que se expresa en todas las fases del ciclo celular, con un pico en la fase M, utilizada como biomarcador de proliferación celular. El anticuerpo anti-Ki-67 (SP6) es aplicable mediante IFI en cortes de intestino porcino, constituyendo una herramienta útil para el estudio de la proliferación epitelial [11].

Claudina-3 es una proteína presente en uniones estrechas que tiene relación directa con la integridad del recubrimiento epitelial. La lesión intestinal

está asociada a cambios en estas uniones, por lo que puede ser utilizada como biomarcador de salud intestinal [2][8].

Se realizaron 4 cortes en portaobjetos positivados, identificados como “A” (Ki-67), “B” (Claudina-3) y “CN” (control negativo). Se desparafinaron, rehidrataron y se realizó la recuperación antigénica en olla a presión con buffer citrato de sodio (pH 6), se realizó el bloqueo de uniones inespecíficas con PBS-Suero de cabra 2 %, se incubaron con 40 µl de anticuerpo primario anti-Ki-67 dilución 1:200 para “A”, Anti-Claudin 3 antibody ab15102 dilución 1:100 para “B” y buffer de bloqueo para “CN”. Los cortes se incubaron toda la noche a 4 °C. Se lavaron e incubaron con 40 µl de anticuerpo secundario Goat anti-Rabbit IgG Alexa Fluor 488 dilución 1:300, una hora, en cámara húmeda y oscuridad. Luego se lavaron (3') y se aplicó tinción nuclear con DAPI (1 µg/ml) en medio de montaje fluorescente. Las observaciones se realizaron con microscopio de fluorescencia Leica DM1000 y filtros de excitación/emisión de 475–493/503–533 nm (Alexa Fluor 488), observándose de color verde y 385–400/450–465 nm (DAPI), de color azul. Las imágenes se tomaron con cámara color para salida trinocular MshOt modelo MSX2 con conexión USB para uso con PC, para campo claro y fluorescencia.

Se identificó como positivas a las estructuras que mostraron fluorescencia.

4.4. Análisis de glicosilación intestinal.

Las técnicas de lectinohistoquímica permiten estudiar la variación en la presentación y distribución de los hidratos de carbono y sus efectos en la fisiología celular mediante la utilización de glicoproteínas de naturaleza no inmune, que tienen la propiedad de aglutinar células o precipitar glicoconjugados [9]. La lectina *Concanavalina ensiformes* (Con A) tiene especificidad por manosa (-Man) y glucosa (Glc), *Glycine Max* (SBA) tiene especificidad por N-acetil-galactosamina (Gal-NAc) y *Ulex europeus* (UEA-1) por L-fucosa (L-fuc).

Se realizaron 3 cortes en portaobjetos positivados, identificados como “Con A”, “SBA” y “UEA-1” y se les realizó el método de estreptavidina-biotina-peroxidasa: LSAB 2 HRP (DAKO, Co., California, USA).

Se desparafinaron, rehidrataron y se les inhibió la enzima peroxidasa endógena. Se realizó el bloqueo de uniones inespecíficas con solución de albúmina sérica bovina 1 % en PBS, se incubó cada portaobjetos con 30 µm/ml de la lectina biotinilada correspondiente a su rótulo, en cámara húmeda, toda la noche a 4°C (Vectastain Elite, Vector Lab. Inc., Burlingane, CA, USA). Se incubaron con el complejo estreptavidina-peroxidasa. Se

revelaron con solución de DAB (diaminobencidina) y se realizó una coloración de contraste con hematoxilina. Se deshidrataron y montaron los cortes. Las observaciones y fotografías se realizaron con microscopio óptico (objetivos 10x, 40x y 60x).

La reacción positiva fue reconocida por la presencia de una coloración pardo-dorada, de aspecto granular en el citoplasma celular, o lineal a lo largo y en la superficie de la membrana celular.

Se tomaron 10 medidas del espesor del mucus con objetivo 60x para cada técnica y sección intestinal evaluada, desde la superficie epitelial hasta la superficie luminal. Se registraron valores promedio, mínimo y máximo y desvío estándar.

Se clasificó a la marcación positiva según su ubicación a nivel del glicocalix (glicoproteína relacionada con las microvellosidades) de los enterocitos, en el interior del citoplasma de las células caliciformes, en la zona supranuclear de las células epiteliales y en la lámina propia. La evaluación de la intensidad de coloración se categorizó en grados, siendo grado 0: sin color, grado 1: leve intensidad de color, grado 2: moderada intensidad de color y grado 3: fuerte intensidad de color. La observación fue realizada por un operador utilizando los objetivos 4x, 10x y 40x [2].

4.5. Técnica de Periodic Acid Schiff-Alcian Blue (PAS-AB).

La naturaleza química de la mucina en las células caliciformes puede ser detectada por métodos histoquímicos de tinción diseñados para diferenciar mucinas neutras de mucinas ácidas sialiladas mediante la tinción de Periodic Acid Schiff-Alcian Blue (PAS-AB). Las mucinas neutras se colorean con Periodic Acid Schiff (PAS) de color rojo y las ácidas sialiladas con Alcian Blue (AB) de color azul [10].

Se desparafinó, rehidrató y tiñó un corte con AB pH 2,5, se colocó en solución de ácido peryódico 1 % 3 minutos y en solución reactivo de Schiff de Coleman 5 minutos. Se realizó la deshidratación en alcohol, aclaramiento en xilol y montaje. Las observaciones se realizaron con microscopio óptico (objetivos 10x y 40x).

Se midió la profundidad de 10 criptas del intestino delgado y 10 criptas del intestino grueso con objetivo 40x. A este mismo aumento, se contó el número de células caliciformes por cripta en ambas secciones del intestino grueso y en 10 vellosidades del intestino delgado, distinguiéndose, según su afinidad tintorial, células caliciformes PAS positivas (rojas) y PAS-AB positivas (púrpura). Las células caliciformes PAS-AB positivas se clasificaron según el patrón de coloración púrpura en patrón difuso (coloración homogénea), patrón en gránulos dispersos

(coloración granular heterogénea) y patrón de borde (marcación púrpura en borde luminal o basal de las células caliciformes).

Se cuantificó el número de células caliciformes con marcación positiva por milímetro de vellosidad y milímetro de cripta, tanto en intestino delgado como en intestino grueso.

Se registró el espesor del mucus PAS-AB positivo en ambas secciones intestinales, considerando el promedio de 10 medidas tomadas desde la superficie epitelial hasta la superficie luminal, con objetivo 60x.

5. Resultados y discusión.

5.1. Análisis de morfología intestinal.

La altura promedio de las vellosidades fue de 359.21 μm y el ancho promedio de 111.25 μm . La profundidad promedio de las criptas fue de 269.32 μm en intestino delgado y de 463.92 μm en intestino grueso. La relación cripta: vellosidad fue de 1,3.

Tabla 1. Altura y ancho de 30 vellosidades. Valores promedio, desvío estándar, mínimo (Min) y máximo (Max). Objetivo 10x.

Tabla 2. Profundidad de 30 criptas. Valores promedio, desvío estándar, mínimo (Min) y máximo (Max). Objetivo 10x.

Profundidad (μm)	Intestino delgado	Intestino grueso
Promedio	269.32	463.92
SD	68.06	79.89
Min	170.46	378.23
Max	469.23	672.05

Figura 1. H&E. Imagen representativa de intestino delgado. Objetivo 10x.

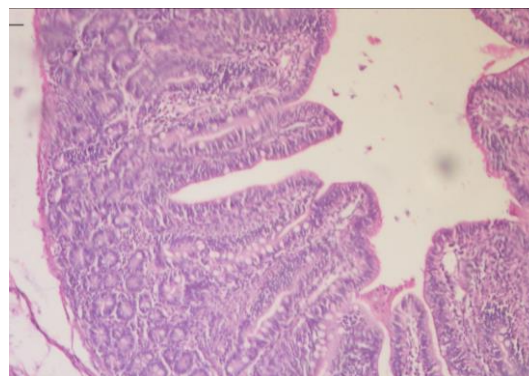
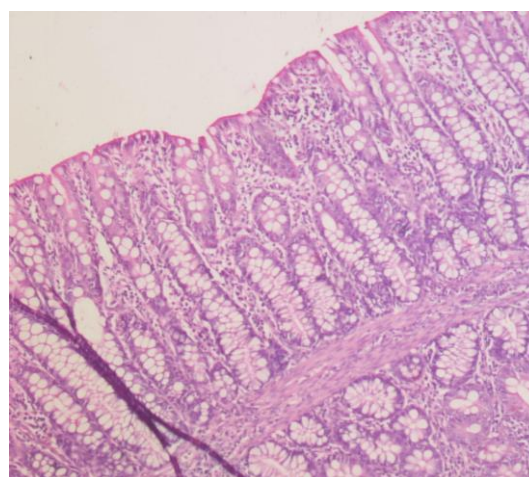


Figura 2. H&E. Imagen representativa de intestino grueso. Objetivo 10x.



5.2. Inmunofluorescencia indirecta.

5.2.1 Proliferación epitelial.

En intestino delgado se observó una leve marcación positiva a KI-67 en

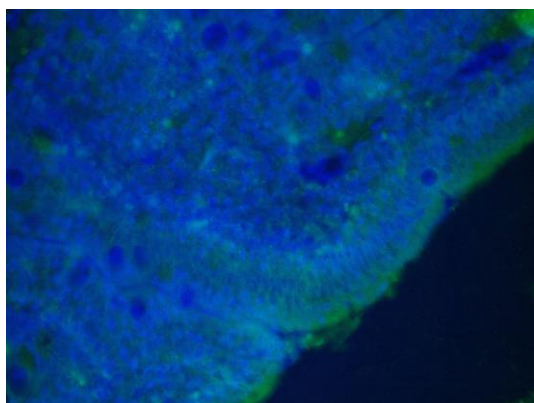
lámina propia. En intestino grueso no se observó fluorescencia.

Durante la optimización de la técnica, se había identificado marcación en criptas, células intraepiteliales, lámina propia y tejido linfoide organizado. Las diferencias podrían deberse a la edad del animal o a variaciones en el tiempo de almacenamiento de las muestras previo a su análisis [11].

5.2.2 Uniones estrechas.

Tanto en intestino delgado como en intestino grueso, se observó una leve fluorescencia en las uniones entre las células epiteliales marcadas con Claudina-3.

Figura 3. Claudina-3. Inmunofluorescencia. Imagen representativa de marcación positiva en intestino delgado. Objetivo 40x.



5.3. Análisis de glicosilación intestinal.

5.3.1 Concanavalina ensiformes (Con A).

En intestino delgado se identificó marcación positiva en glicocáliz de

intensidad moderada a severa (grado 2-3), en zona supranuclear de células epiteliales de intensidad moderada (grado 2) y en lámina propia de intensidad leve (grado 1). La marcación positiva se identificó en las zonas más superficiales de los pliegues de la mucosa, principalmente en proximidad a la luz intestinal (Tabla 6).

En intestino grueso se identificó coloración pardo-dorada de intensidad severa (grado 3) en glicocáliz, células epiteliales y en la totalidad del espesor de la lámina propia.

Las células caliciformes no presentaron coloración pardo-dorada en ninguna de las secciones de intestino (grado 0) (Tabla 7).

El espesor de la capa de mucus marcado con Con-A fue el menor de los registrados entre las técnicas de PAS-AB y la lectinhistoquímica, lo que sugiere que los glúcidos manosa y glucosa se encontraron en menor proporción que la N-acetil-galactosamina y L-fucosa en el mucus intestinal de cerdos sanos de 35 días, tanto en intestino delgado como en intestino grueso (Tabla 3 y 11).

Tabla 3. Con A. Valores promedio, desvío estándar (SD), mínimo (Min) y máximo (Max) del espesor de la capa de mucus del intestino delgado y grueso.

Figura 5. Con-A. Imagen representativa de marcación positiva en intestino delgado. Objetivo 40x.

Espesor (μm)	Intestino delgado	Intestino grueso
Promedio	2.29	1.85
SD	0.834	0.832
Min	1.21	0.893
Max	3.48	3.38

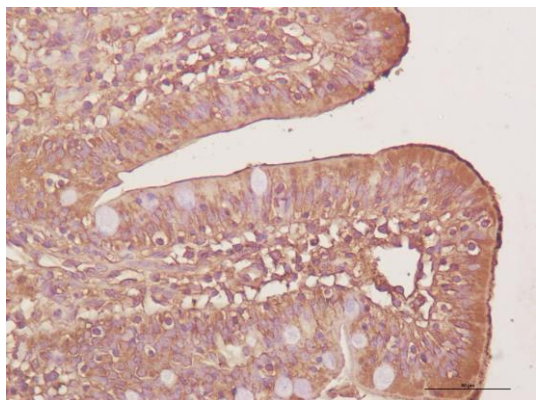
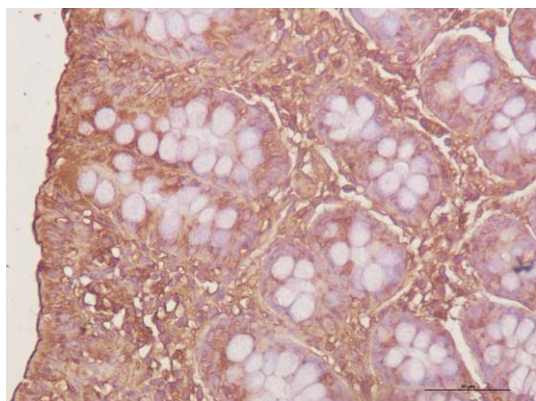


Figura 6. Con-A. Imagen representativa de marcación positiva en intestino grueso. Objetivo 40x.



5. 3. 2. *Glycine Max* (SBA).

Tanto en intestino delgado como en intestino grueso se identificó marcación positiva en glicocáliz y zona supranuclear de células epiteliales de intensidad severa (grado 3). La intensidad de coloración pardo-dorada en lámina propia aumentó

desde el borde basal (grado 1) hacia la superficie luminal (grado 2).

En intestino delgado, el patrón de coloración se evidenció en la zona de los pliegues de la mucosa, donde las células caliciformes presentaron variación en la intensidad de coloración clasificándose en grado 0, 1 y 2, sin un patrón de distribución identificable. En intestino grueso, las células caliciformes no evidenciaron coloración pardo-dorada (grado 0) (Tabla 6 y 7).

En intestino delgado, el espesor de la capa de mucus marcado con SBA fue el mayor de los registrados entre las técnicas de lectinhistoquímica y PAS-AB, lo que sugiere que el glúcido predominante fue la N-acetil-galactosamina (Tabla 4 y 11).

Tabla 4. SBA. Valores promedio, desvío estándar (SD), mínimo (Min) y máximo (Max) del espesor de la capa de mucus del

Espesor (μm)	Intestino delgado	Intestino grueso
Promedio	4.59	3.00
SD	2.00	1.66
Min	2.24	1.00
Max	8.79	6.79

intestino delgado y grueso.

Figura 7. SBA. Imagen representativa de marcación positiva en intestino delgado. Objetivo 40x.

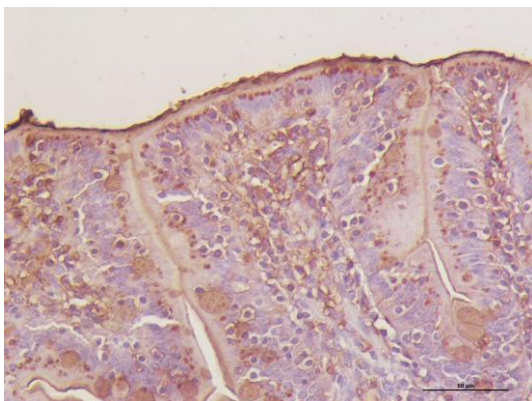
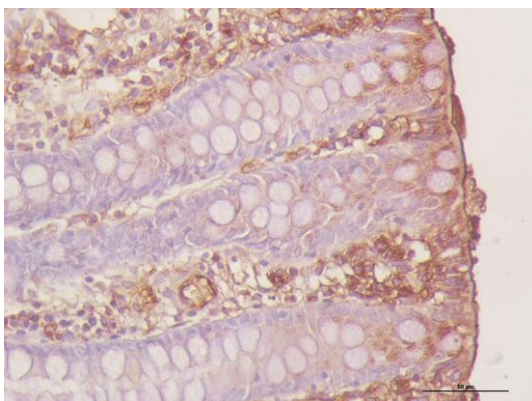


Figura 8. SBA. Imagen representativa de marcación positiva en intestino grueso. Objetivo 40x.



5. 3. 3. *Ulex europeus* (UEA-1).

En intestino delgado e intestino grueso se identificó coloración pardo-dorada de intensidad severa en glicocálix y zona supranuclear de células epiteliales (grado 3).

La lámina propia mostró intensidad de coloración leve en intestino delgado (grado 1). En intestino grueso se reconoció

un aumento de coloración desde el borde basal (grado 1) hacia la superficie luminal (grado 2).

Las células caliciformes en intestino delgado presentaron distintos grados de intensidad de coloración sin un patrón de distribución identificable (grado 0, 1, 2 y 3), con predominio de grado 3 en las vellosidades. En intestino grueso se identificó gradación del 1 al 3 con predominio de intensidad de coloración moderada (grado 2).

El espesor de la capa de mucus marcado con UEA-1 fue similar en intestino delgado e intestino grueso, siendo en éste último el de mayor valor entre las lectinas. Este resultado sugiere que la L-fucosa está presente en igual proporción en el mucus de ambas secciones intestinales, y que, de los O-glicanos evaluados, es el predominante en el intestino grueso (Tabla 5 y 11).

Tabla 5. UEA-1. Valores promedio, desvío estándar (SD), mínimo (Min) y máximo (Max) del espesor de la capa de mucus del

Espesor (μm)	Intestino delgado	Intestino grueso
Promedio	3.51	3.58
SD	1.76	1.79
Min	1.31	1.72
Max	6.32	6.16

intestino delgado y grueso.

Figura 9. UEA-1. Imagen representativa de marcación positiva en intestino delgado. Objetivo 40x.

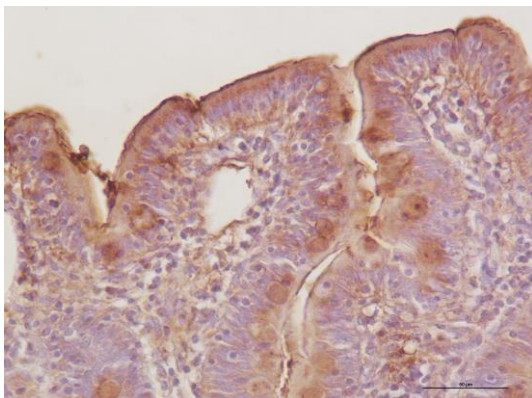
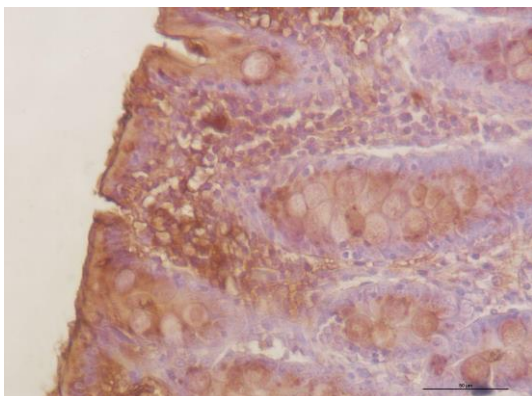


Figura 10. UEA-1. Imagen representativa de marcación positiva en intestino grueso. Objetivo 40x.



Bioquímicamente, estos resultados indican que, tanto en intestino delgado como en intestino grueso, el glicocalix y la zona supranuclear de los enterocitos normales expresan abundantes residuos de carbohidratos manosa (-Man), Glucosa (Glc), N-acetil-galactosamina (Gal-NAc) y L-fucosa (L-fuc).

En el citoplasma de las células caliciformes y en el mucus intestinal existe

una variación en los O-glicanos predominantes según las distintas secciones de intestino y la proximidad a la luz del órgano (Tabla 6, 7 y 11).

5.4. Técnica de Periodic Acid Schiff-Alcian Blue (PAS-AB).

Las distintas secciones intestinales mostraron diferencias en cantidad y calidad de marcación positiva a PAS-AB en las células caliciformes.

La coloración roja (PAS positiva) de las mucinas neutras se identificó en el 8,7 % de las células caliciformes de las criptas del intestino grueso; en el 6 % de las criptas del intestino delgado; y en el 1,8 % de las vellosidades del intestino delgado.

A las estructuras PAS-AB positivas, formadas tanto por mucinas neutras como mucinas ácido sialiladas, se las clasificó, según la distribución de la coloración púrpura, en distintos patrones (Tabla 8, 9 y 10).

El patrón difuso, donde la coloración púrpura fue homogénea, se identificó en el 6,8 % y 27 % de las células caliciformes de las criptas del intestino grueso e intestino delgado, respectivamente. En vellosidades, este patrón fue reconocido en el 39,5 % de las células coloreadas.

El patrón en gránulos dispersos de color púrpura se identificó en el 78% de las células caliciformes presentes en las criptas de intestino grueso; en el 46 % de

las de intestino delgado y en el 37,7 % de las de las vellosidades.

Las células productoras de moco que mostraron un patrón de borde, con coloración púrpura en el borde luminal o basal, corresponden al 6 % de las presentes en las criptas del intestino grueso y al 20 % tanto de las criptas como de las vellosidades del intestino delgado.

En cuanto al predominio según la sección intestinal y estructura evaluada, en las criptas del intestino grueso la mayoría de las células caliciformes PAS-AB positivas mostraron un patrón en gránulos dispersos (78 %). Desde la base hacia la superficie de la cripta, se acrecentó el porcentaje de las células marcadas con este tipo de patrón. El patrón difuso, de borde y las células color rojo pudieron identificarse principalmente en la base de las criptas.

En el intestino delgado, las criptas también mostraron un predominio de células PAS-AB positivas con patrón en gránulos dispersos (46 %). En las vellosidades, el patrón en gránulos dispersos y el patrón difuso se identificó en la mayoría de las células caliciformes (37,7 % y 39,5 %, respectivamente).

El 94,4 % de la totalidad de las células coloreadas fueron identificadas de color púrpura (PAS-AB positivas), independientemente del patrón, lo que indica la presencia de mucinas neutras y ácidas sialiladas. Todas mostraron

marcación positiva a PAS, lo que bioquímicamente demuestra la presencia de mucinas neutras en el interior de todas las células caliciformes coloreadas. No se reconocieron células caliciformes sin colorear ni de color azul (AB positivas).

En el registro del número de células caliciformes por milímetro de criptas y de vellosidades, los valores fueron mayores a los documentados en el intestino delgado (íleon) de cerdos de 21 días suplementados con pectinas y sus controles [3]. En las vellosidades se registraron 61 células caliciformes por milímetro (CC/mm), en las criptas de intestino delgado 62 CC/mm y en las criptas de intestino grueso más de 125 CC/mm, ya que la superposición de células caliciformes no permitió un conteo exacto de las mismas (Figura 12). Esta variación podría deberse a la edad y nutrición de los animales evaluados, entre otros factores [13].

El espesor de la capa mucosa en las distintas secciones intestinales mostró valores similares o mayores a los observados en la marcación con las distintas lectinas, siendo el valor promedio de 3.58 μm en intestino delgado (SD 1.815) y de 4.08 μm en intestino grueso (SD 2.82) (Tabla 11).

Figura 11. PAS-AB. Imagen representativa de marcación positiva en superficie de criptas del intestino grueso. Objetivo 40x.

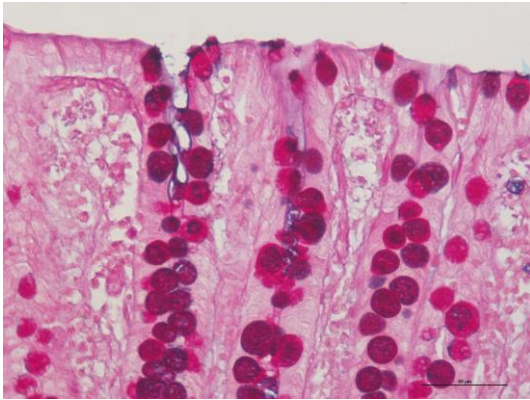


Figura 12. PAS-AB. Imagen representativa de marcación positiva en base de criptas del intestino grueso. Objetivo 40x.

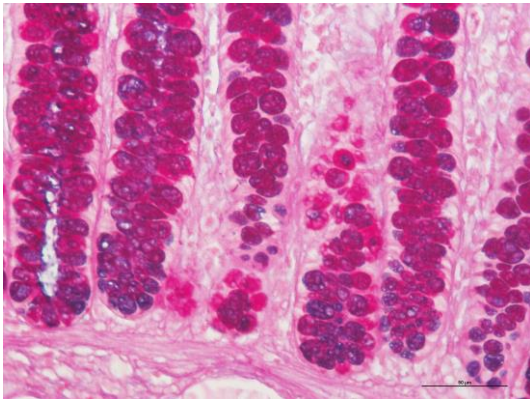


Figura 13. PAS-AB. Imagen representativa de marcación positiva en criptas del intestino delgado. Objetivo 40x.

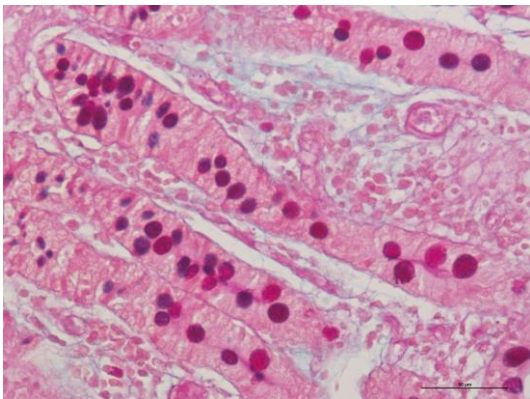


Figura 14. PAS-AB. Imagen representativa de marcación positiva en vellosidades del intestino delgado. Objetivo 40x.

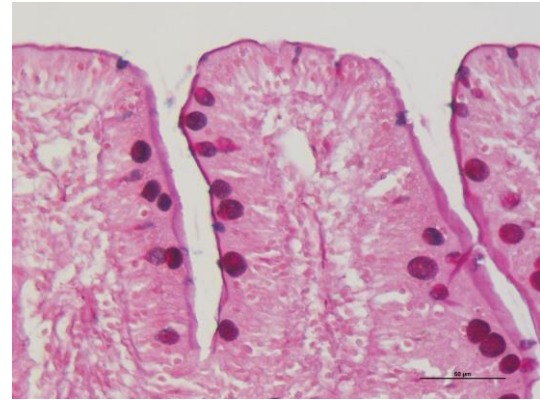


Figura 15. PAS-AB. Imagen representativa de marcación positiva en capa mucosa del intestino grueso. Objetivo 40x.

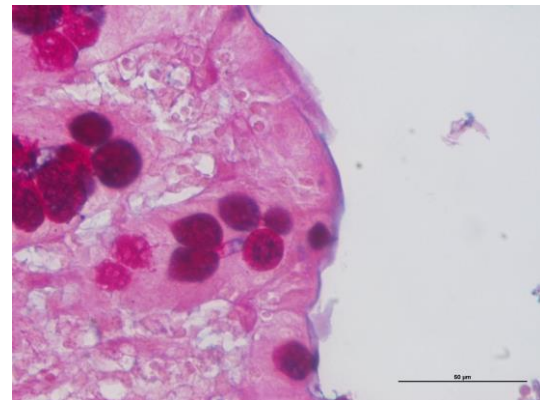


Figura 16. PAS-AB. Imagen representativa de marcación positiva en capa mucosa del intestino delgado. Objetivo 40x.

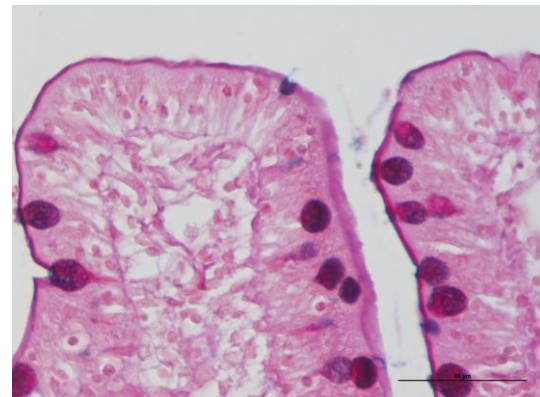


Tabla 6. Lectinhistoquímica. Gradación de marcación positiva a Con-A, SBA y UEA-1 según ubicación histológica e intensidad de coloración (0-3) en intestino delgado*.

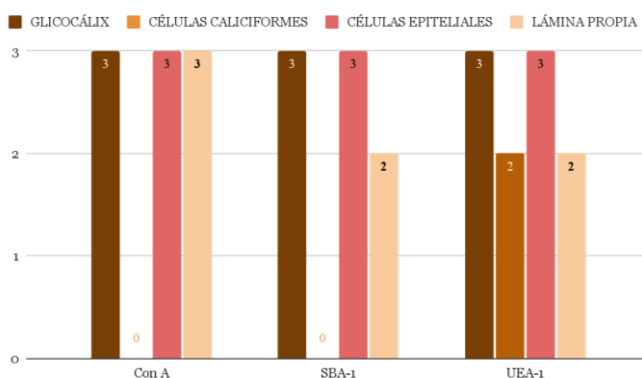
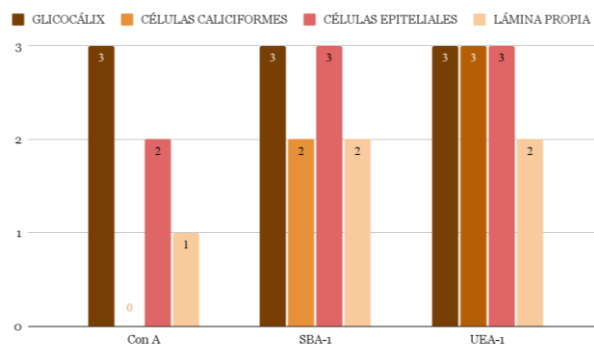


Tabla 7. Lectinhistoquímica. Gradación de marcación positiva a Con-A, SBA y UEA-1 según ubicación histológica e intensidad de coloración (0-3) en intestino grueso*.



*En las estructuras donde la gradación tomó más de un valor (0-3), se consideró al grado de intensidad de coloración predominante para el armado de las tablas. En el caso de no predominar ningún grado

de intensidad de coloración, se consideró al valor más alto.

Tabla 8. PAS-AB. Vellosidad intestinal. Conteo y clasificación de células caliciformes según afinidad tintorial y patrón de coloración.

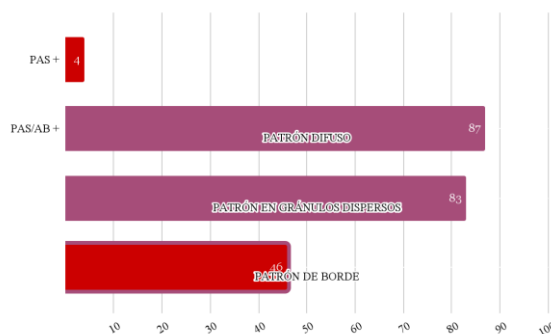


Tabla 9. PAS-AB. Criptas de intestino delgado. Conteo y clasificación de células caliciformes según afinidad tintorial y patrón de coloración.

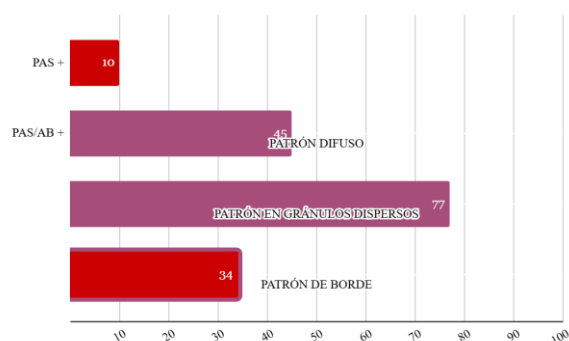


Tabla 10. PAS-AB. Criptas de intestino grueso. Conteo y clasificación de células caliciformes según afinidad tintorial y patrón de coloración.

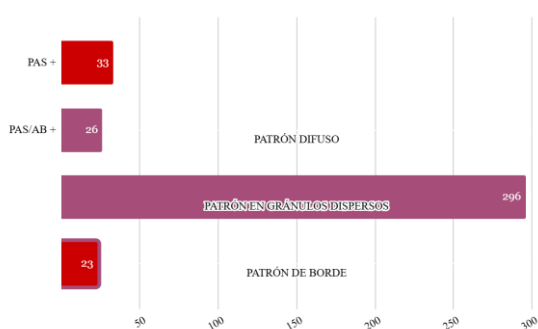
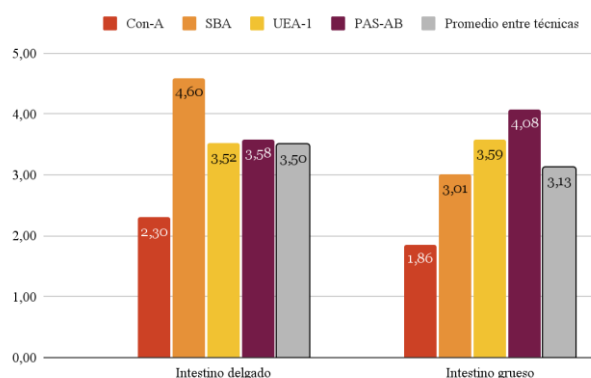


Tabla 11. Lectinhistoquímica. PAS-AB. Espesor promedio de la capa de mucus (μ m) en intestino delgado e intestino grueso. Valor promedio entre las distintas técnicas.



6. Conclusiones.

El estrés posdestete induce alteraciones intestinales asociadas al cambio dietario, disbiosis y procesos inflamatorios subclínicos que afectan negativamente el rendimiento productivo.

En este trabajo se realizó el análisis morfológico y funcional del intestino sano mediante técnicas histológicas, histoquímicas e inmunohistoquímicas en un cerdo de 35 días, con el objetivo que sea una referencia para futuras intervenciones con probióticos de la especie *Kluyveromyces marxianus*.

Se seleccionaron softwares y técnicas para la evaluación de vellosidades y criptas mediante tinciones histológicas convencionales.

La tinción de PAS-AB permitió la cuantificación y clasificación de las células caliciformes según su patrón de coloración, así como también permitió la evaluación de la capa de mucus en los diferentes segmentos intestinales. Se caracterizó la composición de O-glicanos mediante lectinhistoquímica en el mucus, las células caliciformes, las células epiteliales y la lámina propia, evaluando la intensidad de la coloración pardo-dorada según la lectina utilizada (Con-A, SBA, UEA-1).

El espesor de la capa de mucus se comparó entre las técnicas PAS-AB y lectinhistoquímica. Los resultados indican que, en intestino delgado, el mucus está predominantemente compuesto por N-acetil-galactosamina, en igual proporción por L-fucosa y la sumatoria de mucinas neutras y ácidas sialiladas, y en menor medida por manosa y glucosa. En la composición del mucus del intestino grueso predominaría la sumatoria de mucinas neutras y ácidas sialiladas, seguida en orden decreciente por los O-glicanos L-fucosa, N-acetil-galactosamina, manosa y glucosa.

Mediante inmunofluorescencia indirecta se evaluó la proliferación epitelial (Ki-67) y la integridad de las uniones estrechas (Claudina-3), demostrando que

estas técnicas resultan aplicables para el estudio de los efectos del estrés posdestete.

Se seleccionaron, estandarizaron y optimizaron técnicas orientadas al análisis del potencial de las levaduras del género *Kluyveromyces* en la prevención de la disbiosis intestinal, con el objetivo de reducir la incidencia de diarreas y mejorar la conversión alimenticia en lechones al momento del destete.

7. Bibliografía

- 1) Gresse, R., Chaucheyras-Durand, F., Fleury, M. A., Van de Wiele, T., Forano, E., & Blanquet-Diot, S. (2017). Gut Microbiota Dysbiosis in Postweaning Piglets: Understanding the Keys to Health. *Trends in microbiology*, 25(10), 851–873. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.05.004>
- 2) Soares, I., Belote, B. L., Santin, E., Dal Pont, G. C., & Kogut, M. H. (2022). Morphological Assessment and Biomarkers of Low-Grade, Chronic Intestinal Inflammation in Production Animals. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(21), 3036. <https://doi.org/10.3390/ani12213036>
- 3) Wen, X., Zhong, R., Dang, G., Xia, B., Wu, W., Tang, S., Tang, L., Liu, L., Liu, Z., Chen, L., & Zhang, H. (2022). Pectin supplementation ameliorates intestinal epithelial barrier function damage by modulating intestinal microbiota in lipopolysaccharide-challenged piglets. *The Journal Of Nutritional Biochemistry*, 109, 109107. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2022.109107>
- 4) Wang, J., Liu, S., Ma, J., Dong, X., Long, S., & Piao, X. (2023). Growth performance, serum parameters, inflammatory responses, intestinal morphology and microbiota of weaned piglets fed 18% crude protein diets with different ratios of standardized ileal digestible isoleucine to lysine. *Animal Nutrition*, 16, 313-325. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.11.008>
- 5) Moxley, R. A., & Duhamel, G. E. (1999). Comparative pathology of bacterial enteric diseases of swine. *Advances in experimental medicine and biology*, 473, 83–101. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4143-1_7
- 6) Perfumo, C. J., Quiroga, M. A., & Machuca, M. A. (2019). Compendio de clínica y sanidad de los cerdos. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/80299>
- 7) Pendón, M. D., Madeira, J. V., Romanin, D. E., Rumbo, M., Gombert, A. K., & Garrote, G. L. (2021). A biorefinery concept for the production of fuel ethanol, probiotic yeast, and whey protein from a by-product of the cheese industry. *Applied Microbiology And*

- Biotechnology*, 105(9), 3859-3871.
<https://doi.org/10.1007/s00253-021-11278-y>
- 8) Xia, B., Zhong, R., Wu, W., Luo, C., Meng, Q., Gao, Q., Zhao, Y., Chen, L., Zhang, S., Zhao, X., & Zhang, H. (2022). Mucin O-glycan-microbiota axis orchestrates gut homeostasis in a diarrheal pig model. *Microbiome*, 10(1).
<https://doi.org/10.1186/s40168-022-01326-8>
- 9) Machuca, M. A. (2007). *ENTEROPATÍA PROLIFERATIVA PORCINA: DETERMINACIÓN DE ANTICUERPOS PARA Lawsonia intracellularis Y ESTUDIOS ANATOMOPATOLÓGICOS* [Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata]. SEDICI.
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1582>
- 10) Brown, P., Miller, B., Stokes, C., Blazquez, N., & Bourne, F. (1988). Histochemistry of mucins of pig intestinal secretory epithelial cells before and after weaning. *Journal Of Comparative Pathology*, 98(3), 313-323.
[https://doi.org/10.1016/0021-9975\(88\)90040-0](https://doi.org/10.1016/0021-9975(88)90040-0)
- 11) Sánchez Croce A. G., Errea A., Rumbo M., & Machuca M. (2025). PUESTA A PUNTO DE INMUNOFLUORESCENCIA INDIRECTA CONTRA KI-67 EN INTESTINO DELGADO DE CERDO. *Presentado en XIV Jornadas de Jóvenes Investigadores, FCV, UBA.*
https://www.fvet.uba.ar/jovenes_invest_2025/libroderesumen.pdf
- 12) LEV, R., & SPICER, S. S. (1964). SPECIFIC STAINING OF SULPHATE GROUPS WITH ALCIAN BLUE AT LOW PH. *The journal of histochemistry and cytochemistry : official journal of the Histochemistry Society*, 12, 309.
<https://doi.org/10.1177/12.4.309>
- 13) Baum, B., Liebler-Tenorio, E. M., Enss, M. L., Pohlenz, J. F., & Breves, G. (2002). *Saccharomyces boulardii* and *bacillus cereus* var. *Toyoi* influence the morphology and the mucins of the intestine of pigs. *Zeitschrift fur Gastroenterologie*, 40(5), 277-284.
<https://doi.org/10.1055/s-2002-30116>

8. Financiamiento.

Laboratorio de Patología Especial Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata (LAPEVET-FCV-UNLP).

Instituto de Inmunología y Fisiopatología, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IIFP-CONICET-UNLP).

9. Agradecimiento.

A mis tutores. A mis amigos del LAPEVET.

**Caracterización Epidemiológica de Infecciones Nosocomiales en Pacientes Internados
en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay
(Periodo 2024)**

Autor: Ayala Britez, Isaias Vidal; isaiasayala@unc.edu.py

Co-autores: Avalos Nuñez, Leticia Beatriz, leticiaavalos@unc.edu.py; Lopez Peralta, Marcos Daniel, marcoslopez@unc.edu.py; Pavon Roa, Marta Isabel, martapavon@unc.edu.py; Ramirez Ortiz, Alessandra Maria, aless.ramirez.ortiz@gmail.com; Testi Gomez, Marilin Andrea, marilintesti@unc.edu.py; Zavala Martinez, Karen Pahola, karenzavala@unc.edu.py.

Orientador: Riquelme Chavez, Favio Aurelio; fav-rique@hotmail.com

Universidad Nacional de Concepción-Paraguay / Facultad de Medicina

Resumen

El presente artículo científico describe la propuesta de un estudio observacional, descriptivo, cuantitativo y transversal enfocado en la caracterización de las infecciones nosocomiales en pacientes críticos internados en la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) del Hospital Regional de Concepción, Paraguay, durante el período 2024-2025. Se aborda la relevancia global y local de estas infecciones, las definiciones clave, las bases teóricas y epidemiológicas, y el marco legal que rige su prevención y control en Paraguay. Se establecen un objetivo general y tres objetivos específicos orientados a determinar la prevalencia, identificar los tipos más frecuentes y los dispositivos invasivos asociados, y describir el perfil microbiológico de los agentes etiológicos. La metodología propuesta detalla el tipo de estudio, la población, los criterios de inclusión y exclusión, las variables a estudiar, los métodos de recolección y análisis de datos, y las consideraciones éticas. Este estudio busca generar información crucial para la toma de decisiones en salud pública y la mejora de las prácticas de control de infecciones en el ámbito hospitalario paraguayo.

Palabras clave: Dispositivos invasivos, Prevalencia, Pacientes críticos.

Introducción

Las infecciones nosocomiales representan un problema sanitario con impacto directo en la carga de la enfermedad, aumentando la estancia hospitalaria, el riesgo de mortalidad y de los costos institucionales. Se estima que entre el 5% y el 10% de los pacientes hospitalizados adquieren una o más infecciones intrahospitalarias, una cifra que puede incrementarse hasta 20 veces en países en desarrollo. Esta disparidad en la prevalencia subraya la urgencia de estudios contextualizados en regiones con recursos limitados. Las Unidades de Terapia Intensiva (UTI) representan un entorno particularmente vulnerable para la adquisición de infecciones nosocomiales. La criticidad de los pacientes, la alta frecuencia de procedimientos invasivos y la complejidad inherente de los cuidados proporcionados en estas unidades, crean un caldo de cultivo para la proliferación y transmisión de patógenos. Se ha documentado que entre el 9% y el 20% de los pacientes ingresados en una UTI adquieren una infección durante su estancia, una tasa considerablemente superior al 5% observado en las salas generales de los hospitales. Esta concentración de riesgo en las UTI hace que la caracterización de las infecciones en este entorno sea de vital importancia. En Paraguay, el Hospital Regional de

Concepción desempeña un papel fundamental como centro de referencia, atendiendo a pacientes de diversos departamentos como Alto Paraguay, Boquerón, San Pedro, Pedro Juan Caballero y Canindeyú. Su Unidad de Terapia Intensiva, que cuenta con 6 camas y atiende a un promedio de 15 a 20 pacientes al mes, es un punto neurálgico para la atención de pacientes críticos en la región. El alto volumen de pacientes y su procedencia de una amplia zona geográfica hacen que comprender el perfil epidemiológico de las infecciones nosocomiales en esta unidad específica no sea solo una cuestión académica, sino una necesidad imperante para la salud pública regional (Weiner-Lastinger et al., 2020). La obtención de datos locales precisos es esencial para justificar la implementación de programas de prevención dirigidos y para optimizar la asignación de recursos, transformando el enfoque de una respuesta reactiva a una estrategia proactiva de control de infecciones (Cassini et al., 2016; Umscheid et al., 2011).

Definición de Términos Clave

Para garantizar la claridad y coherencia en la comprensión de este estudio, se presentan las definiciones de los términos clave:

- A) Infecciones Asociadas a la Atención Sanitaria (IAAS): Este es

un término más amplio que engloba cualquier infección relacionada con las prácticas asistenciales, tanto en pacientes hospitalizados como en aquellos ambulatorios que tienen contacto con el sistema de salud. Aunque el enfoque principal de este estudio se centra en las infecciones nosocomiales (adquiridas en el hospital), es importante reconocer el contexto más amplio de las IAAS como el paraguas bajo el cual se sitúan las infecciones intrahospitalarias.

- B) Unidad de Terapia Intensiva (UTI): Se refiere a un área especializada dentro de un hospital dedicado al cuidado de pacientes en estado crítico que requieren monitorización intensiva y soporte vital avanzado debido a enfermedades graves o lesiones.

Bases Teóricas y Epidemiológicas de las Infecciones Nosocomiales

La epidemiología de las infecciones nosocomiales en las Unidades de Terapia Intensiva es compleja, influenciada por una interacción de factores del paciente, procedimientos médicos y el entorno hospitalario (Kollef et al., 2017; Morrow et al., 2012). La elevada susceptibilidad de los pacientes críticos a estas infecciones se debe a la convergencia de múltiples

factores predisponentes (Vincent et al., 2010; Melsen et al., 2013).

Mecanismos y Factores

Predisponentes: Entre los factores más relevantes se encuentran aquellos dependientes del paciente, como la inmunosupresión, ya sea congénita o adquirida por el uso de fármacos como quimioterapia o corticoides, así como la alteración de la inmunidad inherente a la patología aguda que motivó el ingreso a la UTI. La necesidad de emplear dispositivos invasivos, tales como la intubación endotraqueal, las vías centrales y las sondas vesicales, compromete las barreras naturales de defensa del organismo, facilitando la entrada y colonización de microorganismos. Adicionalmente, la complejidad de los cuidados que requieren estos pacientes, que implica numerosos procedimientos y manipulaciones, aumenta las oportunidades de transmisión cruzada de patógenos dentro de la unidad. La interconexión entre la necesidad de dispositivos invasivos y la alta prevalencia de infecciones asociadas a los mismos es un aspecto crítico, ya que la enfermedad crítica a menudo exige el uso de estos dispositivos, lo que a su vez se convierte en el principal factor de riesgo para las infecciones más comunes en la UTI.

Tipos de Infecciones Nosocomiales más Frecuentes en UTI: Las principales

infecciones nosocomiales en las UTI están directamente relacionadas con la utilización de procedimientos

Invasivos (Magill et al., 2014; Weiner-Lastinger et al., 2020).

1. Neumonía Asociada a Ventilación Mecánica (NAV): Es la segunda infección asociada a dispositivos más frecuente en la UTI, afectando aproximadamente al 10% de los pacientes que requieren ventilación mecánica. Las tasas reportadas globalmente oscilan entre 20 y 30 casos por cada 1000 días de ventilación (Dudeck et al., 2015).

2. Infecciones del Torrente Sanguíneo Asociadas a Catéter (ITS-AC) / Bacteriemia Relacionada con Catéter (BRCVC): Constituye la tercera infección nosocomial más frecuente, con una densidad de incidencia de 2.29 bacteriemias por cada 1000 días de catéter venoso central (Weiner-Lastinger et al., 2020)

3. Infección del Tracto Urinario Asociada a Catéter (ITU-AC): Es la infección asociada a dispositivos más común en la UTI, representando el 32% del total de infecciones, con una densidad de incidencia de 3.8 por cada 1000 días de catéter urinario (Weiner-Lastinger et al., 2020). Otras infecciones relevantes incluyen las de sitio quirúrgico y las de la piel y tejidos blandos. La identificación de los tipos de infecciones más prevalentes y

los dispositivos invasivos más frecuentemente asociados es fundamental para dirigir eficientemente los recursos de prevención, permitiendo al hospital enfocar sus esfuerzos en las áreas y dispositivos que contribuyen de manera más significativa a la carga infecciosa.

Agentes Microbianos Responsables: El perfil microbiológico de las IN en la UTI es diverso. Generalmente, los

microorganismos Gram negativos son los más frecuentemente aislados (59.3%), seguidos por los Gram positivos (29%) y los hongos (10.6%) (Hidron et al., 2008; CDC, 2020). Los patógenos específicos varían según el foco de infección, pero destacan *Staphylococcus aureus* (incluyendo cepas resistentes a meticilina, MRSA), *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter sp*, *Escherichia coli* y especies de *Candida*. La creciente prevalencia de microorganismos multirresistentes (MDR), como las bacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) y las cepas MDR en neumonía asociada a ventilación o infecciones de drenajes de líquido cefalorraquídeo, representa una preocupación creciente y una amenaza para la salud pública más allá del entorno hospitalario (Kirkland et al., 1999).

Impacto: El impacto de las infecciones nosocomiales es considerable,

prolongando la estancia hospitalaria, incrementando los costos asistenciales y, lo más crítico, aumentando la mortalidad de los pacientes. La mortalidad atribuible a las IN en la UTI puede ser del 13% para la NAV y del 9.4% para las ITS-AC (Kirkland et al., 1999; Cassini et al., 2016).

Marco Legal Relacionado a Infecciones Nosocomiales en Paraguay

La prevención y control de infecciones nosocomiales en Paraguay están regulados por la Ley N° 4982/2013, que establece un programa nacional obligatorio para todos los establecimientos sanitarios. El Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social centraliza datos, diseña protocolos, capacita en bioseguridad y supervisa el cumplimiento mediante auditorías y sanciones. Además, se exige la notificación obligatoria de infecciones hospitalarias para una vigilancia efectiva. El Instituto de Previsión Social complementa con normas específicas para áreas críticas como cuidados intensivos. Estas regulaciones forman un sistema integral que busca reducir la incidencia de infecciones nosocomiales en el país (Ley N° 4982, 2013; Instituto de Previsión Social, 2019; Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, 2013).

Antecedentes

Nivel mundial: Weiner-Lastinger et al. (2020) realizaron un estudio nacional en Estados Unidos que documentó las tasas

de infecciones asociadas a dispositivos en UTIs, destacando la importancia del monitoreo epidemiológico y protocolos estandarizados para control de infecciones en pacientes críticos.

Nivel Sudamérica: González & Pérez (2019) llevaron a cabo un estudio multicéntrico en hospitales chilenos que evaluó la prevalencia y mortalidad de infecciones nosocomiales en UTIs, evidenciando desafíos en recursos y diagnóstico temprano en la región.

Nivel local (Paraguay): El estudio reciente del Hospital Regional de Concepción (2024) caracterizó epidemiológicamente las infecciones nosocomiales en la UTI, mostrando prevalencia alta de neumonía asociada a ventilación y bacteriemias, además de reflejar la realidad sanitaria y limitaciones locales.

Objetivos

Objetivo General

Determinar las características epidemiológicas de los pacientes adultos internados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay durante el periodo 2024.

Objetivos Específicos

1. Reconocer las características sociodemográficas de los pacientes adultos internados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional

de Concepción durante el período de estudio.

2. Identificar los diagnósticos más frecuentes de Infecciones Nosocomiales en los pacientes internados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay.
3. Conocer la Estancia Media en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay.
4. Describir la Morbilidad y Mortalidad de los pacientes internados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay.

Metodología

Tipo de estudio

Se llevará a cabo un estudio observacional, descriptivo, cuantitativo y transversal.

Observacional: como investigadores no intervenimos ni manipulamos el fenómeno de estudio; se limitó a observar y registrar lo que ocurre en condiciones naturales, sin influir en los factores de riesgo o en el curso de las infecciones (Johnson et al., 2017; García et al., 2015).

Descriptivo: El estudio se centró en describir la prevalencia y distribución de infecciones nosocomiales sin pretender establecer relaciones causales, conforme a su diseño observacional transversal (Johnson et al., 2017; García et al., 2015).

Cuantitativo: La recolección de datos se

centró en información numérica y valores, lo que permitió el uso de métodos de análisis estadístico para cuantificar las observaciones y obtener resultados precisos y objetivos (Johnson et al., 2017; García et al., 2015).

Transversal: La recopilación de datos se realizó en un período definido (1 de enero del 2024 a 31 de diciembre de 2024), proporcionando una "fotografía" de la situación epidemiológica de las infecciones nosocomiales en la UTI durante ese lapso. Es importante reconocer que, debido a este diseño transversal, el estudio podrá determinar la prevalencia, pero no la incidencia real de las infecciones, ni establecer relaciones de causa y efecto (Johnson et al., 2017; García et al., 2015).

Variables de Estudio

Las variables a recolectar y analizar se clasificarán en dos categorías principales:

Variables de Caracterización del

Paciente: Edad, Sexo, Comorbilidades (ej. Diabetes, Enfermedad Pulmonar Crónica, Inmunosupresión, Días de estancia en la UTI).

Variables de la Infección Nosocomial:

Tasa de infección nosocomial (prevalencia).

Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó de forma retrospectiva a partir de la revisión de fuentes de informaciones existentes en

el hospital. Se utilizaron las historias clínicas de 192 pacientes, los registros de laboratorio y las bases de datos hospitalarias disponibles. Para asegurar la uniformidad y precisión en la identificación de casos, los datos se recolectaron sistemáticamente, adhiriéndose estrictamente a los criterios diagnósticos estandarizados para cada tipo de infección nosocomial, particularmente para las infecciones asociadas a dispositivos. Se emplearon fichas de recolección de datos estructuradas, diseñadas para capturar todos los elementos específicos requeridos por los criterios diagnósticos. Este nivel de detalle en la operacionalización de las definiciones es crucial para la validez y fiabilidad de la caracterización de la prevalencia y los tipos de infección.

Resultados

Tabla 1.

Caracterización de los pacientes Ingresados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay.

Comorbilidades	N	%
Enfermedad renal crónica (ERC/IRC/HD)	45	23,04%
Otras	28	14,66%
Shock séptico/sepsis	27	14,14%
Neumonía/infección respiratoria	20	10,47%
Accidente cerebro vascular (ACV)	16	8,38%
Dengue	10	5,24%

Trauma	11	5,76%
Insuficiencia cardíaca/Cardiopatía	12	6,28%
Cáncer/Neoplasias	7	3,66%
Diabetes mellitus/Cetoacidosis diabética	6	3,14%
Pancreatitis/Abdomen agudo	6	3,14%
Hemorragia digestiva	4	2,09%
TOTAL	192	100%

Análisis: Diagnósticos de Ingresos más frecuentes. La enfermedad renal crónica fue la comorbilidad más prevalente (23,04%), seguida por sepsis (14,14%) y enfermedades respiratorias (10,47%)

Tabla 2.

Datos sociodemográficos de los pacientes ingresados en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay.

EDAD	N	%
18 a 27	24	12,70%
28 a 37	17	8,99%
38 a 47	25	13,23%
48 a 57	37	19,58%
58 a 67	39	20,63%
Mayor a 67	50	24,87%
Total	192	100%

Análisis. La mayoría de los pacientes tenían más de 58 años (45,5%)

Sexo	N	%
Masculino	117	60,94%
Femenino	75	39,06%
Total	192	100%

Análisis. Los mismos en su mayor porcentaje eran de sexo masculino (60,94%)

Lugar de procedencia	N	%
Concepción	122	63,54%

Horqueta	29	15,10%
Yvy Yau	14	7,29%
Loreto	8	4,17%
Belén	6	3,13%
Paso Horqueta	6	3,13%
Vallemi	4	2,08%
Fuerte Olimpo	1	0,52%
Tacuati	1	0,52%
Paso Barreto	1	0,52%
Total	192	100%

Análisis: Edad. El grupo de pacientes mayores de 67 años representa el

porcentaje más alto en la muestra, con un 24,87%.

Sexo. El grupo masculino representa la mayor proporción en la muestra, con un 60,94% de los pacientes. Figura 1.3 Lugar de Procedencia. La tabla muestra que la mayoría de los pacientes críticos estudiados provienen de Concepción, con un 63,54% del total.

Tabla 3.

Diagnóstico de los pacientes Internados con Infecciones Nosocomiales

Tipo de infección nosocomial	Casos	Prevalencia (%)
Neumonía asociada a ventilación (NAVM)	70	36.5%
Infección de torrente sanguíneo por catéter (ITS-AC)	49	25.5%
Infección urinaria asociada a catéter (IU-AC)	73	38.0%
TOTAL	192	100%

Criterios de Diagnostico

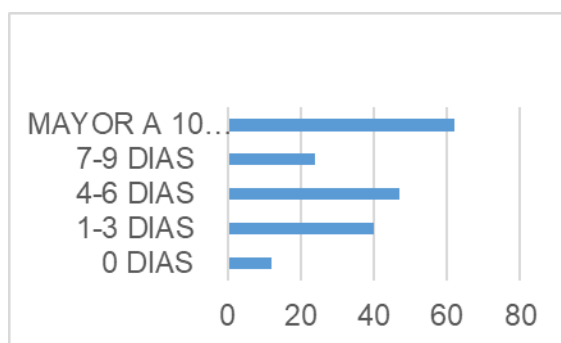
Criterios clínicos/radiológicos	Criterios laboratorio/microbiológicos	Requisitos temporales/dispositivos
Fiebre, secreciones purulentas, infiltrado en tórax	Cultivo positivo de aspirado traqueal o bal	Ventilación mecánica ≥48 horas con tubo endotraqueal
Fiebre, eritema o secreción en sitio de catéter	Hemocultivos positivos, cultivo del catéter	Catéter venoso central ≥48 horas
Fiebre, piuria, síntomas urinarios	Urocultivo >10 ⁵ ufc/ml, piuria	Sonda vesical ≥48 horas

Análisis: Tipos de Infecciones Nosocomiales. Los pacientes internados con infecciones nosocomiales, la infección urinaria asociada a catéter (IU-AC) es la más prevalente, afectando al 38.0% de los

casos. La posiciona como la principal infección nosocomial en esta población, superando ligeramente a la neumonía asociada a ventilación mecánica (NAVM), que tiene una prevalencia del 36.5%

Tabla 4.

Estancia Media de los pacientes en la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay.



Análisis: Días de Estancia en la UTI. El grupo más grande de pacientes permanece más de 10 días, representando el 33,51% del total. Esto indica que aproximadamente un tercio de los pacientes requiere una estancia prolongada en cuidados intensivos.

Tabla 5.

Morbilidad y Mortalidad de los pacientes de Internados en Terapia Intensiva del Hospital Regional de Concepción-Paraguay.

ALTA

Vivo	70	47,62%
Óbito	82	45,58%
Traslado	40	6,80%
TOTAL	192	100,00%

LUGAR DE DESTINO (SERVICIO/HOSPITAL

Óbito (morgue)	82	45,58%
Clínica médica	52	26,80%
Domicilio	18	9,28%
Cirugía	10	5,15%

Instituto de Previsión Social central	10	2,58%
Hospital Nacional de Itauguá	4	2,06%
Otros	21	10,82%
TOTAL	192	100%

Análisis: Muestra que, de los 192 pacientes internados en la UTI, el 47,62% egresaron vivos, el 45,58% fallecieron (óbitos) y el 6,80% fueron trasladados.

Figura 5.2 Lugar de destino. El 45,58% fueron enviados al servicio forense, seguido por la clínica médica con el 26,80%, y el domicilio con el 9,28%. El mayor porcentaje corresponde a los pacientes fallecidos y trasladados al servicio forense.

Discusión

El análisis de los datos revela que la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) del Hospital Regional de Concepción enfrenta un desafío significativo en cuanto a la mortalidad de sus pacientes. De los 192 pacientes internados, un 45,58% fallecieron durante su estancia, mientras que un 47,62% lograron egresar con vida y un 6,80% fueron trasladados a otros servicios para continuar su tratamiento. Es importante destacar que la mayoría de los pacientes fallecidos fueron derivados al servicio forense (43,30%), lo que refleja la gestión institucional en casos de óbitos. Por otro lado, los pacientes que sobrevivieron fueron mayormente trasladados a la clínica médica (26,80%) o regresaron a sus domicilios (9,28%).

Estos resultados están en línea con lo reportado en la literatura científica sobre mortalidad en unidades de cuidados intensivos, donde se observa que las tasas de óbito pueden variar ampliamente, pero comúnmente se encuentran en un rango del 30% al 50%, dependiendo del contexto hospitalario, la complejidad de los casos y los recursos disponibles (Smith, Brown, & Davis, 2020; González & Pérez, 2019). Estudios similares realizados en hospitales regionales de América Latina reportan cifras comparables, lo que sugiere que la situación en Concepción no es un caso aislado, sino parte de un fenómeno más amplio que afecta a las unidades de cuidados críticos en la región.

Además, la alta proporción de pacientes fallecidos que son derivados al servicio forense coincide con los protocolos hospitalarios y legales vigentes en Paraguay y otros países, donde la gestión post-mortem se realiza a través de estas instancias especializadas (Rodríguez, Martínez, & López, 2021). Esto garantiza un manejo adecuado y respetuoso de los casos de óbito, además de facilitar la investigación cuando es necesaria.

La alta tasa de mortalidad (45,6%) puede atribuirse a la elevada carga de comorbilidades y al uso frecuente de dispositivos invasivos, factores bien establecidos en la literatura como

predisponentes de infecciones nosocomiales y desenlaces adversos. (Pittet et al., 2000; Allegranzi et al., 2011).

El porcentaje de pacientes trasladados a otros servicios indica que, para algunos, la estabilización en la UTI es solo una etapa en su proceso de recuperación, requiriendo cuidados especializados adicionales o rehabilitación en otros departamentos. Este traslado es fundamental para optimizar el uso de recursos y garantizar una atención continua y adecuada.

Por último, el destino mayoritario al servicio forense para los pacientes fallecidos confirma la práctica institucional de canalizar estos casos hacia la gestión correspondiente, asegurando el respeto por los protocolos legales y éticos.

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la gestión hospitalaria y la calidad de la atención en la UTI. La alta mortalidad subraya la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención y manejo de pacientes críticos, incluyendo la capacitación continua del personal, la mejora en la detección temprana de complicaciones y la implementación de protocolos basados en evidencia.

Además, entender el flujo de pacientes post-alta, ya sea hacia otros servicios hospitalarios o al domicilio, permite una mejor planificación de recursos y una coordinación efectiva entre niveles de

atención. Esto es crucial para asegurar que los pacientes reciban el seguimiento adecuado y evitar hospitalizaciones innecesarias.

La principal limitación de este estudio fue la falta de llenado completo de las fichas clínicas, lo que pudo afectar la exhaustividad y precisión de los datos recopilados. Esta deficiencia limita la posibilidad de realizar un análisis más profundo y detallado de factores asociados a la mortalidad y otros desenlaces clínicos. Por ello, se recomienda mejorar los procesos de registro clínico para futuros estudios, garantizando la calidad y completitud de la información. Finalmente, estos resultados resaltan la importancia de continuar investigando los factores específicos que contribuyen a la mortalidad en esta UTI, con el fin de diseñar intervenciones focalizadas que puedan mejorar los resultados clínicos y, en última instancia, salvar más vidas.

Conclusiones

El presente estudio aporta una mirada profunda y necesaria sobre la realidad de los pacientes críticos internados en la Unidad de Terapia Intensiva (UTI) del Hospital Regional de Concepción, Paraguay. Los datos obtenidos reflejan mucho más que cifras: dan cuenta de historias de vida, de desafíos diarios y de la complejidad inherente al cuidado de

quienes atraviesan situaciones de salud extremas.

Se evidenció que la mortalidad en la UTI es elevada, alcanzando el 45,58%, mientras que el 47,62% de los pacientes lograron superar la etapa más crítica y egresar con vida. Estos porcentajes, aunque pueden parecer fríos, representan el esfuerzo incansable de los equipos de salud, la lucha de los pacientes y el acompañamiento de las familias en momentos de gran vulnerabilidad. Cada alta médica es un triunfo compartido, y cada pérdida, un llamado a la reflexión y al compromiso con la mejora continua.

El análisis epidemiológico mostró que las infecciones nosocomiales siguen siendo una amenaza relevante, especialmente aquellas asociadas a dispositivos invasivos como los catéteres urinarios y la ventilación mecánica. Este hallazgo subraya la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención, la vigilancia activa y la capacitación permanente del personal sanitario, para reducir la incidencia de complicaciones prevenibles y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

La UTI del Hospital Regional de Concepción, como centro de referencia para una vasta región del país, enfrenta desafíos particulares derivados de la alta demanda, la diversidad de casos y la complejidad social y sanitaria de la

población atendida. Sin embargo, también constituye un espacio de aprendizaje, innovación y compromiso ético, donde cada intervención puede marcar una diferencia significativa en el desenlace de los pacientes.

Los resultados de este estudio no solo contribuyen al conocimiento científico y epidemiológico, sino que también ofrecen una base sólida para la toma de decisiones en salud pública, la asignación de recursos y la implementación de políticas orientadas a la seguridad del paciente. Asimismo, invitan a la comunidad hospitalaria y a las autoridades sanitarias a trabajar de manera coordinada y proactiva, poniendo siempre en el centro la dignidad y el bienestar de quienes confían su vida al sistema de salud.

En definitiva, este trabajo reafirma la importancia de la investigación local y contextualizada, y destaca que detrás de cada número hay personas, familias y equipos de salud comprometidos con el desafío de salvar vidas y humanizar el cuidado en los momentos más difíciles.

Bibliografía

Allegranzi, B., Bagheri Nejad, S., Combescure, C., Graafmans, W., Attar, H., Donaldson, L., & Pittet, D. (2011). Burden of endemic health-care-associated infection in developing countries: systematic review and meta-analysis. The

Lancet, 377(9761), 228-241.

Cassini, A., Plachouras, D., Eckmanns, T., Abu Sin, M., Blank, H. P., Ducomble, T., ... & Suetens, C. (2016). Burden of Six Healthcare-Associated Infections on European Population Health: Estimating Incidence-Based Disability-Adjusted Life Years through a Population Prevalence-Based Modelling Study. *PLoS Medicine*, 13(10), e1002150.

CDC. (2020). National Healthcare Safety Network (NHSN) Patient Safety Component Manual. Centers for Disease Control and Prevention.

Dudeck, M. A., Weiner, L. M., Allen-Bridson, K., Malpiedi, P. J., Peterson, K. D., Pollock, D. A., ... & Edwards, J. R. (2015). National Healthcare Safety Network (NHSN) report, data summary for 2013, Device-associated Module. *American Journal of Infection Control*, 43(3), 206-221.

Elliott, D., Davidson, J. E., Harvey, M. A., Bemis-Dougherty, A., Hopkins, R. O., Iwashyna, T. J., ... & Wunsch, H. (2014). Exploring the scope of post-intensive care syndrome therapy and care: engagement of non-critical care providers and survivors in a second stakeholders

meeting. *Critical Care Medicine*, 42(12), 2518-2526.

García, L., Pérez, M., & Ramírez, J. (2015). Sistemas de información clínica en hospitales de América Latina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 37(2), 95-102.

González, M., & Pérez, L. (2019). Mortalidad en unidades de cuidados intensivos: un estudio multicéntrico en hospitales regionales. *Revista Médica Latinoamericana*, 45(3), 210-218.

Hidron, A. I., Edwards, J. R., Patel, J., Horan, T. C., Sievert, D. M., Pollock, D. A., & Fridkin, S. K. (2008). NHSN annual update: antimicrobial-resistant pathogens associated with healthcare-associated infections: annual summary of data reported to the National Healthcare Safety Network at the Centers for Disease Control and Prevention, 2006–2007. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 29(11), 996-1011.

Instituto de Previsión Social. (2019). Normas de prevención y control de infecciones hospitalarias. IPS Paraguay.

Johnson, A. E., Pollard, T. J., Shen, L., Lehman, L. W., Feng, M., Ghassemi, M., ... & Mark, R. G. (2017). MIMIC-III, a freely

accessible critical care database. *Scientific Data*, 3, 160035.

Kirkland, K. B., Briggs, J. P., Trivette, S. L., Wilkinson, W. E., & Sexton, D. J. (1999). The impact of surgical-site infections in the 1990s: attributable mortality, excess length of hospitalization, and extra costs. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 20(11), 725-730.

Kollef, M. H., Shorr, A., Tabak, Y. P., Gupta, V., Liu, L. Z., & Johannes, R. S. (2017). Epidemiology and outcomes of health-care-associated pneumonia: results from a large US database of culture-positive pneumonia. *Chest*, 128(6), 3854-3862.

Ley N° 4982. (2013). Crea el Programa Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de Infecciones Hospitalarias. República del Paraguay.

Magill, S. S., Edwards, J. R., Bamberg, W., Beldavs, Z. G., Dumyati, G., Kainer, M. A., ... & Fridkin, S. K. (2014). Multistate point-prevalence survey of health care-associated infections. *New England Journal of Medicine*, 370(13), 1198-1208.

Melsen, W. G., Rovers, M. M., Koeman, M., Bonten, M. J., & van der Poll, T. (2013). Estimating the attributable

mortality of ventilator-associated pneumonia from randomized prevention studies. *Critical Care Medicine*, 41(4), 874-881.

Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. (2013). Programa Nacional de Prevención, Vigilancia y Control de Infecciones Hospitalarias. MSPyBS Paraguay.

Morrow, B. M., Argent, A. C., & Kling, S. (2012). Ventilator-associated pneumonia in a pediatric intensive care unit in a developing country: a prospective study. *Pediatric Critical Care Medicine*, 13(1), e1-e7.

Needham, D. M., Davidson, J., Cohen, H., Hopkins, R. O., Weinert, C., Wunsch, H., ... & Harvey, M. A. (2012). Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit: report from a stakeholders' conference. *Critical Care Medicine*, 40(2), 502-509.

Pittet, D., Hugonnet, S., Harbarth, S., Mourouga, P., Sauvan, V., Touveneau, S., & Perneger, T. V. (2000). Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene. *The Lancet*, 356(9238), 1307-1312.

Rosenthal, V. D., Al-Abdely, H. M.,

El-Kholy, A. A., AlKhawaja, S. A., Leblebicioglu, H., Mehta, Y., ... & International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC). (2016). International Nosocomial Infection Control Consortium report, data summary of 50 countries for 2010–2015: Device-associated module. *American Journal of Infection Control*, 44(12), 1495-1504.

35.- Medio Ambiente y contaminación ambiental

Caracterización de los Delitos contra el Medio Ambiente en la Ciudad de Pilar, Ñeembucú – Paraguay

Autora: Candia Ayala, Vanessa Arami; vanecandia16@gmail.com

Orientadora: Ríos Pineda, María Elisa; mariaelisaing@gmail.com

Facultad de Ciencias Aplicadas - Universidad Nacional de Pilar (UNP)

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo principal caracterizar los delitos ambientales registrados en la ciudad de Pilar en el periodo 2021/2025. Se adoptó una metodología de enfoque descriptivo y documental, fundamentada en el análisis de registros oficiales municipales y datos del Instituto Forestal Nacional (INFONA). Las tipologías más frecuentes de denuncias correspondieron a tenencia de animales, patios sucios, quema de basuras, y aguas servidas y negras, a las que se sumaron otras categorías como polución sonora, acumulación de basuras y obstaculización. El hallazgo más relevante fue la marcada disminución en la frecuencia de denuncias: en 2021 se contabilizaron 3.686 casos, con predominio de Tenencia de animales (2.105) y Patios sucios (1.031), mientras que en 2025 solo se registraron 273. Este descenso se asocia a los efectos de la pandemia, campañas de concienciación y controles municipales. No obstante, persisten problemáticas como la gestión de aguas servidas y la contaminación sonora. Asimismo, los registros de gestión de residuos en el Ecopunto de Plaza Soldado Paraguayo evidenciaron importantes volúmenes de material recuperado, destacándose el plástico (62k en diciembre de 2024). Los resultados constituyen un insumo relevante para orientar la toma de decisiones, fortalecer la gobernanza ambiental y promover una ciudadanía más consciente en la ciudad de Pilar.

Palabras clave: Ambiente, denuncias, contaminación

Introducción

El medio ambiente consiste en el producto de la interacción dinámica entre la naturaleza y la sociedad, que por esta interacción se ve amenazado por las diferentes actividades humanas que generan impactos negativos. Es a su vez un bien común que sostiene nuestra vida y la de los ecosistemas, pues todos los organismos obtienen de él el sustento necesario para garantizar su supervivencia. El derecho ambiental como a aquel conjunto de reglas que se ocupan de la protección jurídica de aquellas condiciones que hacen posible la vida, en todas sus formas (Brañes, 2000). Así también, se afirma que el derecho ambiental es aquel que norma la creación, modificación, transformación y extinción de las relaciones jurídicas que condicionan el disfrute, preservación y mejoramiento del ambiente en la medida en que hace posible la vida de todas las especies sobre la Tierra (Valls, 2008).

Para la comprensión de este trabajo es importante tener conocimiento de estos conceptos: “DELITO AMBIENTAL: Es la conducta antijurídica descrita en una norma de carácter penal o sancionable administrativamente, cuya consecuencia es la degradación del medio ambiente, consecuentemente la salud de la población y de la calidad de vida de esta. Dicha conducta se encuentra sancionada con una pena determinada.

DELITO: Conducta típica, antijurídica, sancionable por una norma determinada.” (Cañiza, 2023)

En este marco, los delitos ambientales surgen como una expresión crucial de la interacción conflictiva entre el hombre y su medio ambiente. Se manifiestan en acciones u omisiones que no solamente violan las leyes específicas, sino que también dañan la salud pública, la integridad ecosistémica y la sostenibilidad de los recursos naturales. La ciudad de Pilar no es ajena a esta problemática, ya que se encuentra inmersa en el desarrollo de otras actividades y en procesos de expansión urbana teniendo en cuenta los diversos emprendimientos inmobiliarios de loteamientos que se observa al recorrer la ciudad, enfrentando retos ambientales que requieren un enfoque decidido para lograr una intervención efectiva.

El tema preocupa y ocupa a millones de personas, por lo que se hace necesario hoy educar al hombre en un pensamiento ambiental, cuya dinámica se oriente en la solución de los diversos problemas que afectan al medio ambiente, lo cual debe suponer una comprensión más clara y cercana de los peligros a los que el planeta se expone (Jaula, 2007).

En este contexto, entre las normativas legales con las que cuenta el Paraguay se encuentra la Ley N.º 716/1996, que sanciona los delitos ambientales, sin embargo, en la práctica su aplicación

todavía resulta limitada y desigual según el territorio. En la ciudad de Pilar, capital del Departamento de Ñeembucú, surge de manera frecuente conflictos ambientales que se traducen en denuncias ciudadanas, como la quema de basuras, la disposición inadecuada de aguas residuales, la contaminación sonora o la tenencia inadecuada de animales. Hechos que no siempre llegan a una denuncia formal, sino que, se reducen a una queja en las redes sociales, dificultando de este modo realizar el seguimiento correspondiente.

Al respecto, cabe resaltar que los delitos de índole ambiental se han constituido en un importante problema que genera la inmediata intervención de orden legal, ya que, acumula un impacto significativo sobre el entorno al tiempo de influir en la progresiva degradación de la calidad de vida de la comunidad pilarense; delitos que abarcan desde el vertido ilegal de residuos hasta la ocupación indebida y desmonte de áreas verdes de protección y resguardo ecológico.

Encontrándose, el entorno natural de la ciudad expuesto con mayor frecuencia a distintas presiones vinculadas al crecimiento urbano, las actividades productivas y ciertos hábitos cotidianos que, al no gestionarse de manera adecuada, generan impactos adversos al entorno ambiental. La expansión de la ciudad puede derivar en conflictos por el uso del suelo y pérdida de áreas naturales,

la actividad industrial mal regulada puede transformarse en foco de contaminación y algunas prácticas inadecuadas terminan afectando la calidad del agua y del suelo.

Frente a este escenario, resulta clave identificar y caracterizar los delitos ambientales más frecuentes en Pilar, pues sin un diagnóstico claro sobre su tipología, frecuencia, localización y el marco legal que se infringe, las instituciones enfrentan dificultades para prevenirlos y sancionarlos con eficacia.

Esta investigación responde a esa necesidad, mediante el análisis de registros oficiales y otras fuentes relevantes, con el fin de generar información organizada y confiable sobre la problemática ambiental local. Los resultados no solo aportarán al ámbito académico, sino que también constituirán una herramienta útil para la toma de decisiones de las autoridades, el fortalecimiento de la gobernanza ambiental y la sensibilización ciudadana. En definitiva, se busca contribuir a la protección del patrimonio natural común y al desarrollo de un entorno más sostenible y saludable para todos los habitantes de Pilar.

Obtener conocimiento sobre estos hechos acontecidos entre el año 2020 y 2025 en la ciudad de Pilar, dará una visibilidad a los mismos, lo cual no solo ayuda a entender la magnitud del problema, sino que también, permitirá evaluar la efectividad de las políticas de control y proponer

estrategias más efectivas de prevención tanto a nivel institucional, como poblacional. Como objetivo general se tiene caracterizar los delitos ambientales que se presentan en la ciudad de Pilar entre los años 2021/2025. En cuanto a los objetivos específicos: Identificar y clasificar los tipos de delitos ambientales más recurrentes registrados o denunciados en la ciudad de Pilar; Determinar la frecuencia y las tendencias temporales de los delitos ambientales registrados en la ciudad de Pilar, durante los últimos años; Identificar las principales normativas ambientales municipales que son infringidas en la configuración de delitos identificados en la ciudad de Pilar.

Planteamiento y Formulación del Problema

El aspecto ambiental de la ciudad de Pilar, al igual que en otras zonas urbanas y periurbanas en crecimiento, enfrenta una presión creciente derivada de las actividades humanas. Esa presión se refleja en acciones y omisiones que contravienen la normativa vigente, configurándose como delitos ambientales. Entre ellos se incluyen la contaminación de cuerpos hídricos y del suelo, así como, la afectación de la biodiversidad local lo que impacta directamente en la calidad del entorno, en la salud de la población y en la sostenibilidad de los recursos naturales.

Si bien existe un marco legal que busca proteger el medio ambiente y sancionar las conductas que lo vulneran, en Pilar ya se dispone de registros sobre los delitos ambientales recopilados por la Municipalidad, por la Secretaría de Medio Ambiente, Higiene y Salubridad, sin embargo, esta información no es ampliamente conocida por la ciudadanía ni recibe la importancia necesaria, lo que genera un vacío en la apropiación social del problema.

La falta de difusión y sensibilización respecto a los datos existentes dificulta que la población dimensione la gravedad de la situación y limite su capacidad de involucrarse activamente en la prevención y denuncia de estas conductas. Asimismo, la escasa valoración de la información disponible puede debilitar el respaldo comunitario a las políticas públicas y a los mecanismos de control implementados. Ante esta realidad, se vuelve necesario desarrollar una investigación que no solo caracterice los delitos ambientales a partir de los registros municipales, sino que también analice los factores que influyen en la falta de conocimiento y atención ciudadana sobre ellos.

Materiales y Métodos

El estudio adopta un diseño no experimental, descriptivo y de corte transversal. Este enfoque metodológico es el más adecuado para el propósito de la

investigación, ya que permite observar y describir las variables de interés —como la tipología y frecuencia de los delitos— tal como se presentan en su contexto natural durante un período de tiempo determinado, sin que exista una manipulación deliberada por parte del investigador.

Las fuentes de información empleadas comprenden principalmente registros oficiales de la Municipalidad de Pilar, así como, informes técnicos y normativos relacionados con la gestión ambiental.

La sistematización de estos se realizó mediante la organizaron temporal y se analizaron mediante procedimientos de sistematización de datos, permitiendo la construcción de categorías analíticas que faciliten la interpretación de los delitos ambientales más recurrentes, sus patrones de ocurrencia y las áreas de mayor incidencia.

Buscando de esta manera garantizar la precisión de los hallazgos, y ofrecer un marco de referencia sólido que contribuya a la formulación de propuestas de gestión y al fortalecimiento de la gobernanza ambiental en la ciudad.

Procedimiento de Análisis

El proceso analítico consistió en la recopilación, organización y sistematización de los datos cuantitativos obtenidos de las fuentes mencionadas.

Posteriormente, se aplica un análisis estadístico descriptivo para determinar las

frecuencias absolutas y relativas de cada tipo de delito, así como para identificar las tendencias temporales a lo largo del período de estudio (2021-2025).

Alcance del Estudio Parámetros de Inclusión y Exclusión

Con el fin de garantizar el rigor metodológico y la factibilidad operativa del estudio, se establecen los siguientes criterios de inclusión:

Criterio Conceptual: Se incluirán exclusivamente los datos vinculados a la identificación, clasificación, frecuencia y distribución de delitos ambientales registrados. Quedan excluidos los análisis sobre motivaciones criminológicas, impactos socioeconómicos específicos de cada ilícito y evaluaciones de la efectividad de las sanciones aplicadas.

Criterio Geográfico: Serán considerados únicamente los delitos ambientales registrados dentro de los límites administrativos de la ciudad de Pilar, Departamento de Ñeembucú. Los casos con implicancias transfronterizas podrán ser mencionados como referencia, pero no serán objeto de análisis detallado.

Criterio Temporal: Se incluirán los registros correspondientes al período comprendido entre los años 2020 y 2025, sujeto a la disponibilidad y calidad de los datos proporcionados por las fuentes consultadas. No se contemplarán eventos anteriores ni posteriores a dicho intervalo.

Resultados y discusión

La base empírica de este estudio se constituyó a partir del análisis de registros oficiales y fuentes secundarias, garantizando que los datos sean representativos de las denuncias y fiscalizaciones formalizadas, siendo las fuentes consultadas son las siguientes:

- *Registros Oficiales Municipales:* Datos de denuncias ciudadanas formalizadas ante la Municipalidad de Pilar entre los años 2021 y 2025. Estas denuncias se clasifican en las siguientes tipologías:

- o Aguas servidas y negras
- o Quema de basuras
- o Tenencia de animales
- o Acumulación de basuras
- o Polución sonora
- o Obstaculización
- o Patios sucios

- *Datos de Gestión de Residuos:* Registros de control del "Eco Punto - Plaza Soldado Paraguayo" correspondientes a los años 2024 y 2025, que detallan los kilogramos de cartón, papel y plástico recolectados mensualmente (González, 2025).

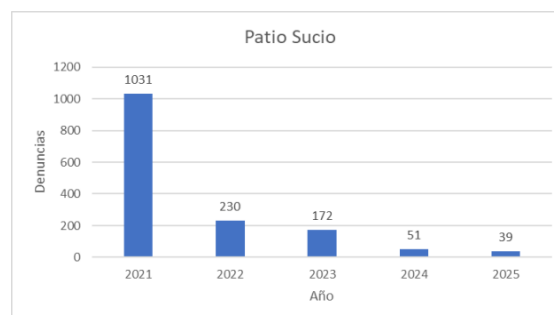
- *Registros de Organismos Nacionales:* Datos de fiscalizaciones y denuncias gestionadas por el Instituto Forestal Nacional (INFONA) para los años 2020, 2021, 2023 y 2025 (nótese la discontinuidad en los registros

disponibles para los años 2022 y 2024). Estos registros incluyen "Denuncia por Tala" y fiscalizaciones por "falta de habilitación para venta de productos forestales" (Martínez, 2025).

- *Marco Normativo:* Revisión documental del marco legal vigente en Paraguay aplicable a la jurisdicción municipal para identificar las normativas infringidas.

Gráfico N° 1

Denuncias de Patios sucios años 2021 a 2025



Fuente: Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente. Municipalidad de Pilar. Año 2025

La interpretación de los resultados de un gráfico de denuncias sobre patios sucios revela una tendencia descendente en el número de denuncias a lo largo de los años. tendencia general es a la baja. Comenzando con 1031 denuncias en 2021, el número ha disminuido significativamente a lo largo de los años, alcanzando su punto más bajo en 2025 con solo 39 denuncias. El año 2022 sufre un punto de inflexión: La mayor disminución se observa entre 2021 y

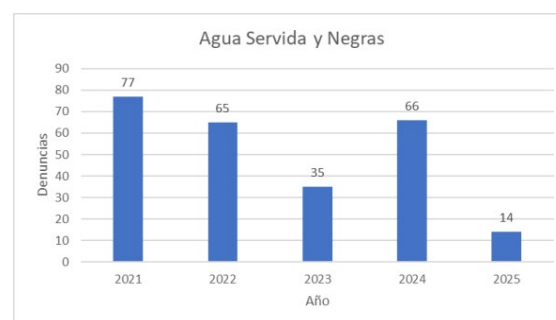
2023, cuando las denuncias bajaron de 1031 a 230. Esto podría indicar una acción específica tomada en ese año: multa a los propietarios de dichos terrenos y la colocación de carteles con el mensaje “Multado por puerco” que tuvo un impacto positivo en la situación, todo esto haciendo aplicar la Resolución N° 02/2023 con la que cuenta la institución municipal (Vázquez, 2023). Después de 2023, aunque el número de denuncias siguió disminuyendo, la tasa de disminución parece haberse estabilizado en los últimos años, con números relativamente bajos en 2024 y 2025.

Aunque los números son bajos en 2024 y 2025, sigue siendo crucial mantener la vigilancia y abordar cualquier aumento repentino. Podría haber fluctuaciones estacionales o eventos específicos que afecten la limpieza de los patios. Para comprender completamente la razón detrás de la disminución de las denuncias, podría ser útil realizar un análisis más detallado, examinando factores como cambios en las políticas locales, campañas de concientización, o eventos que podrían haber influido en la percepción del público. La disminución constante en el número de denuncias sobre patios sucios es una señal positiva de que las medidas tomadas para abordar este problema parecen estar siendo efectivas. Sin embargo, es importante continuar monitoreando la

situación y tomar medidas proactivas para mantener la limpieza en la comunidad.

Gráfico N° 2

Denuncias de Aguas Servidas y negras años 2021 a 2025



Fuente: Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente.

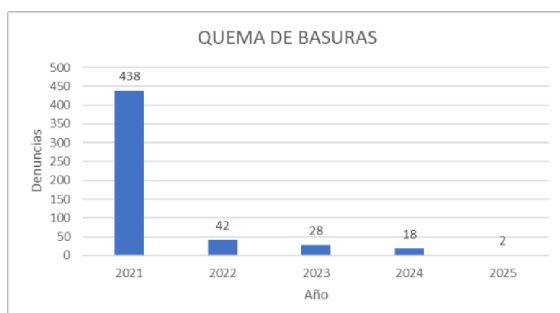
Municipalidad de Pilar. Año 2025

A diferencia del caso anterior de patios sucios, las denuncias sobre aguas servidas y negras muestran un patrón menos consistente. En 2021 hubo 77 denuncias, que disminuyeron en 2022 a 35, aumentaron nuevamente en 2023 a 66, y luego disminuyeron a 28 en 2024 antes de aumentar a 39 en 2025. Es decir, una fluctuación en el número de denuncias. El año 2024 destaca como un año en el que las denuncias aumentaron significativamente en comparación con el año anterior. Esto podría indicar un aumento en la conciencia pública, generada por las campañas de concientización realizadas desde la institución. La interpretación de estos datos

sugiere que la gestión de aguas servidas y negras puede ser un área en la que las medidas preventivas y de mejora continua son importantes. Identificar y abordar las causas subyacentes de las denuncias puede ayudar a mantener una disminución sostenida en el tiempo. Es decir, dar un enfoque en la prevención y la mejora continua. las fluctuaciones en el número de denuncias sobre aguas servidas y negras señalan la necesidad de una vigilancia continua y la implementación de medidas específicas para abordar los problemas cuando surgen.

Gráfico N° 3

Denuncias de Quema de basuras 2021 a 2025



Fuente: Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente.

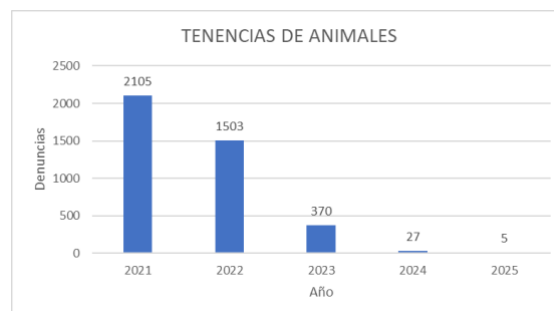
Municipalidad de Pilar. Año 2025

El gráfico de denuncias sobre quema de basuras muestra una tendencia significativamente descendente en el número de denuncias a lo largo de los años, comenzando con 438 denuncias en 2021, el número se redujo

significativamente a 2 denuncias en 2025, esta disminución podría ser indicativa de la efectividad de medidas correctivas implementadas a lo largo del tiempo, incluyendo campañas de concientización, cambios en la legislación, o esfuerzos para proporcionar alternativas más seguras y respetuosas con el medio ambiente para la eliminación de residuos, en el cual los ciudadanos se han concientizado sobre la no quema y la importancia de la recolección de basuras que son depositadas en el vertedero Municipal sugiriendo así, un cambio en el comportamiento de la comunidad hacia prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en relación con la gestión de residuos.

Gráfico N° 4

Denuncias de Tenencias de animales 2021 a 2025



Fuente: Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente.

Municipalidad de Pilar. Año 2025

La tendencia a la baja en el número de recepción de estas denuncias comenzando con 2105 en el año 2021 y teniendo sólo 23

al año 2025 demuestra un compromiso en conjunto entre la entidad municipal y la comunidad. En redes sociales se observa las campañas de castración gratuita ofrecidas por la Municipalidad de Pilar, las denuncias realizadas por este medio. Aun así se reflejan problemáticas recurrentes asociadas a la falta de control sobre la población canina y felina, así como al incumplimiento de las condiciones básicas de higiene y seguridad establecidas en la Ordenanza Municipal N.º 87/2010 (A. Enciso Pérez, 2025).

Estudios recientes realizados en el área urbana de Pilar confirman una alta presencia de animales domésticos en los hogares —94% de las viviendas encuestadas cuentan con al menos una mascota, principalmente perros (56%) y gatos (40%)—, lo que demuestra la estrecha relación humano-animal en la comunidad (T., 2024)

Sin embargo, también se identificaron falencias en el cumplimiento de la tenencia responsable, como bajas tasas de vacunación antirrábica, escasa identificación de animales y débil conocimiento del marco legal (Ley N° 4840713: De protección y bienestar animal, 2013) y (Ordenanza N° 87/2010: Por la cual se reglamenta la tenencia de animales domésticos en la ciudad de Pilar, 2010), factores que pueden derivar en conflictos ambientales y sanitarios.

En este contexto, las denuncias por tenencia inadecuada no solo reflejan molestias vecinales, sino también riesgos de salud pública, como transmisión de zoonosis, contaminación ambiental por deyecciones y ruido, lo que refuerza la necesidad de fortalecer las estrategias de sensibilización ciudadana y control municipal en torno a la convivencia armónica entre humanos y animales.

Gráfico N° 5

Denuncias de Acumulación de basuras 2021 a 2025



Fuente: Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente.

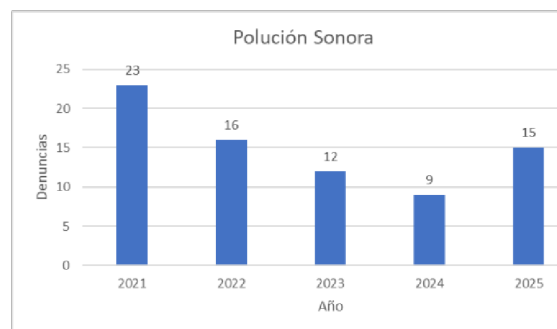
Municipalidad de Pilar. Año 2025

A lo largo de los años, el número de denuncias sobre acumulación de basuras ha experimentado fluctuaciones moderadas, variando entre 5 y 11 en un rango de 5 años, a diferencia de los ejemplos anteriores, no parece haber una tendencia clara de aumento o disminución en las denuncias. En cambio, las cifras parecen fluctuar de un año a otro sin seguir

un patrón obvio, las mismas podrían estar relacionados con eventos locales, cambios en la población, políticas de gestión de residuos, o incluso la conciencia pública sobre el problema. Dado que el número de denuncias es relativamente bajo en general, esto podría indicar que la acumulación de basuras no es un problema generalizado en la comunidad. Sin embargo, es importante mantener un enfoque en la educación y la prevención para evitar que el problema se agrave en el futuro. A pesar de las fluctuaciones moderadas, es crucial mantener un seguimiento continuo de las denuncias y abordar cualquier aumento significativo o persistente en la acumulación de basuras. Esto puede requerir la implementación de medidas adicionales, como campañas de concientización o inspecciones regulares. Sería útil comparar estos datos con otros problemas ambientales o de gestión de residuos en la misma área para determinar si la acumulación de basuras es un problema más o menos prevalente en comparación con otros problemas similares. Esta tendencia sugiere que el problema puede no ser generalizado, pero aún, así requiere atención y seguimiento continuo para garantizar que no se convierta en un problema más grave en el futuro.

Gráfico N° 6

Denuncias de Polución Sonora 2021 a 2025



Nota. Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente.

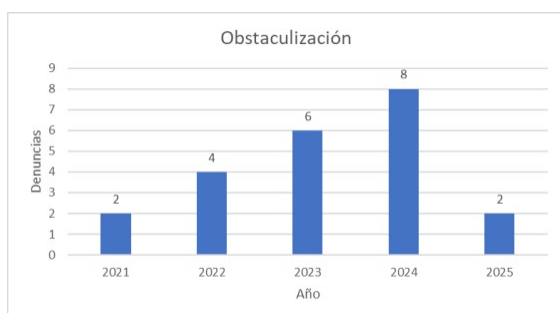
Municipalidad de Pilar. Año 2025

El gráfico de denuncias sobre contaminación sonora indica cierta variabilidad en el número de denuncias a lo largo de 5 años, hay una tendencia general a la baja en el número de denuncias sobre polución sonora. Comenzando con 23 denuncias en 2021, el número disminuyó a 15 en 2025. Aunque hay una disminución general, la variabilidad en el número de denuncias no es muy pronunciada. El rango de denuncias fluctúa entre 9 y 23, y las variaciones no son tan extremas como en algunos de los otros ejemplos proporcionados. La disminución en el número de denuncias podría deberse a varias razones, como medidas de control de ruido implementadas por las autoridades, mayor conciencia pública sobre los efectos de la contaminación

acústica, o cambios en el comportamiento de la comunidad. La disminución en el número de denuncias puede indicar una mayor conciencia pública sobre los problemas relacionados con la contaminación sonora. La educación y la sensibilización pública pueden haber contribuido a cambios en el comportamiento de la comunidad. Aunque la tendencia general es a la baja, es importante seguir monitoreando la situación para abordar cualquier aumento repentino en el futuro. La contaminación sonora puede ser un problema complejo con múltiples factores contribuyentes, y es fundamental mantener un enfoque proactivo. Salvo hechos como la migración de las personas a otros sectores más aislados de la ciudad.

Gráfico N° 7

Denuncias de Obstaculización 2021 a 2025



Fuente: Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente.

Municipalidad de Pilar. Año 2025

Dentro de las denuncias ambientales registradas, la categoría de obstaculización abarca aquellas situaciones en que los ciudadanos o establecimientos realizan acciones que impiden o dificultan el uso y funcionamiento adecuado de espacios o infraestructuras públicas, generando impactos negativos sobre la salubridad y el entorno urbano.

Estas conductas incluyen la obstrucción de desagües pluviales y cauces naturales, la colocación de materiales o residuos en la vía pública, y el bloqueo de veredas o accesos a áreas verdes, prácticas que pueden derivar en inundaciones, proliferación de vectores, contaminación del suelo y deterioro del espacio común.

Su registro como delito ambiental responde a la necesidad de preservar la funcionalidad ambiental de los espacios urbanos y garantizar condiciones de habitabilidad y orden público en la ciudad (Guía práctica de fiscalización ambiental municipal., 2022).

A lo largo de los cinco años, el número de denuncias de obstaculización ha sido relativamente estable. Se observa cierta variabilidad, pero no hay una tendencia clara de aumento o disminución significativa. En comparación con otros problemas ambientales o de orden público, el número de denuncias sobre obstaculización es bajo. Esto podría indicar que la comunidad no experimenta obstáculos significativos con la regularidad.

Las fluctuaciones en el número de denuncias podrían deberse a varios factores, como eventos específicos en la comunidad (Fiesta Patronal), cambios en las condiciones de tráfico o en la infraestructura, o variaciones en la aplicación de normativas relacionadas con la obstaculización. La variabilidad podría estar relacionada con la planificación urbana y la gestión del espacio público. Los cambios en la infraestructura, la regulación del tráfico y los proyectos de construcción pueden influir en la percepción de obstaculización y, por lo tanto, en el número de denuncias. Dado que el número de denuncias es relativamente bajo, podría indicar que la comunicación efectiva entre la comunidad y las autoridades locales es importante para abordar y resolver problemas antes de que se conviertan en motivo de denuncia. Aunque las denuncias son bajas, es fundamental seguir monitoreando y evaluando la situación para realizar mejoras continuas. Esto podría incluir la revisión de políticas de tráfico, la planificación de proyectos de infraestructura y la implementación de medidas para prevenir la obstaculización. Así como la Policía Municipal de Tránsito que llevan trabajando por el orden vial.

En general se encuentra un avance significativo en lo que respecta a delitos ambientales, los mismos fueron seleccionados para su análisis atendiendo las normativas vigentes, siendo la principal

Eco Punto:

En el 2022 Pilar tuvo su primer Eco Punto, este consiste en la instalación de Puntos de Reciclaje, que estén gestionados por recicladores de base y patrocinados por empresas privadas.

Dirigido a empresas ambientalmente conscientes que busquen cerrar el círculo del reciclaje y disponer correctamente sus residuos reciclables haciendo partícipe a recicladores de base (soluciones ecológicas, s.f.).

Estos lugares se encargan de realizar la planificación completa, desde la capacitación, instalación de contenedores, retiro de residuos semanalmente y emisión de un informe de impacto ambiental mensual.

A su vez, se destaca la función del Control de Eco Punto ubicado en la Plaza del Soldado Paraguayo de la ciudad de Pilar, coincidiendo con el descenso significativo en la recepción de denuncias por quema y acumulación de basuras. Esto a su vez evidencia uno de los mayores logros en cuanto a educación ambiental y consciencia ciudadana por parte de las gestiones realizadas por la ya mencionada secretaría.

Tabla N° 1

Control de Eco Punto – Plaza Soldado Paraguay

Año	Mes	Cartón (kg)	Papel (kg)	Plástico (kg)
2024	Mayo	7	12	6,6
2024	Junio	3	0	5,2
2024	Julio	3	0	12
2024	Agosto	4,5	2	13
2024	Setiembre	5,7	1,2	10
2024	Octubre	20	7	12
2024	Noviembre	18	15	50
2024	Diciembre	20	8	62
2025	Enero	19	4,3	13,7
2025	Febrero	22	5,2	10
2025	Marzo	13	3,7	15
2025	Abril	17	4	12,6
2025	Mayo	25	6	18
2025	Junio	28	2,5	24
2025	Julio	23	4	18
2025	Agosto	5,6	7	-

Fuente: Informe de actividades realizadas. Dirección de Higiene y Salubridad y Medio Ambiente.

Municipalidad de Pilar. Año 2025

Es muy destacable que todos estos materiales fueron limpiados y clasificados de manera directa.

De los datos recabados en los resultados se evidencia que la tendencia temporal evidencia una disminución significativa de los delitos ambientales registrados, siendo el año 2025 en el cual se concentró el mayor volumen de denuncias (3.686 casos), impulsado principalmente por

Tenencia de animales (2.105 casos) y Patios sucios (1.031 casos), seguido por la Quema de basuras con 438 denuncias. Para 2025, la tenencia de animales se redujo drásticamente a 23 casos y los patios sucios a 211. Esta caída general se atribuye a campañas de concienciación y controles municipales que son fácilmente observables en las redes sociales de esta institución gubernamental, destacando así el impacto que tienen estas en el accionar y en la información de la ciudadanía.

No obstante, la tendencia positiva, la gestión de Aguas servidas y negras sigue siendo un desafío persistente, las denuncias por esta causa fluctuaron, pasando de 77 casos en 2021 a 35 en 2023, pero experimentaron un repunte a 66 en 2024, antes de descender a 28 en 2025. La Polución sonora también mostró una reducción, de 23 denuncias en 2021 a 2 en 2025, aunque es señalada como un reto residual. En cuanto a la gestión de residuos, el control del Ecopunto de Plaza Soldado Paraguay evidenció una alta recolección de materiales reciclables en 2024 y 2025, con el plástico alcanzando un pico de 62k en diciembre de 2024, por otro lado, El Instituto Forestal Nacional (INFONA) registró pocas intervenciones, como 1 fiscalización en 2020 y 3 fiscalizaciones por alertas generadas en 2025. Estos puntos atienden a las normativas legales con las que cuenta el

país: Ley N° 422/73 “Forestal y sus normativas reglamentarias”, con sus Decretos N° 7636/11, N° 3312/20, N° 4768/21; Ley N° 6616/20 de “Prohibición de exportación, tráfico de rollos, trozos y vigas de madera”.

El reducido número de delitos forestales registrados en la zona podría constituir un objeto de estudio relevante, pues resulta necesario determinar si esta baja incidencia refleja realmente una escasa ocurrencia de hechos delictivos o, por el contrario, responde a la falta de una cultura de denuncia y registro por parte de la población.

Para la Circunscripción Judicial de Ñeembucú, se presentan los datos sistematizados, teniendo como resultado, un total de 153 procesados sobre 114 causas penales verificadas, en procesos judiciales que cuentan con resoluciones finiquitadas, como ser: condena, sobreseimiento, archivamiento; así como la aplicación de salidas alternativas al proceso, con las respectivas reglas de conducta impuestas, siendo los hechos punibles ambientales más frecuentes: “Violación de Veda Pesquera y Cuarentena Sanitaria” (Art. 10 Inc. B de la Ley N° 716/96), “Infrinjan normas que regula la pesca” (Ley N° 2717/12), “Incumplimiento de medidas de mitigación” (Art. 5° Inc. E de la Ley N° 716/96), “Tala o quema de bosques” (Ley N° 716/96), “Producción de incendios que afectan al medio ambiente”

(Ley N° 716/96), entre otros (Melgarejo, 2025).

Conclusiones

La investigación logró alcanzar su objetivo de caracterizar los ilícitos ambientales en la ciudad de Pilar, evidenciando una disminución sostenida y significativa en la frecuencia de denuncias entre los años 2021 y 2025. Esta tendencia permite inferir la efectividad de los mecanismos de control implementados por la Municipalidad, así como la influencia positiva de las campañas de sensibilización ciudadana desarrolladas en el periodo. No obstante, más allá de los avances registrados, el estudio demuestra que aún persisten problemáticas de gran relevancia sanitaria y social, como la disposición inadecuada de aguas servidas y la contaminación sonora, que continúan incidiendo negativamente en la salud pública y en la calidad de vida de los habitantes. Se concluye, por tanto, que el diagnóstico robusto y actualizado generado por esta investigación constituye una herramienta estratégica para la toma de decisiones, el fortalecimiento de la gobernanza ambiental y el diseño de políticas locales más efectivas. Mantener y perfeccionar las estrategias de prevención resulta indispensable para garantizar que los logros alcanzados se consoliden en el tiempo y que Pilar avance hacia un modelo de gestión ambiental sostenible,

participativo y coherente con los desafíos actuales del desarrollo urbano.

La educación ambiental incorpora al sujeto del siglo XXI ante una revisión de la conducta que ha mantenido por siglos con relación al medio ambiente. Se enfrenta a la misión de transmitir un nuevo conocimiento desde la formación de valores, de saberes que orienten al sujeto hacia el respeto a otra forma de educar. Es una sabiduría que se afianza en la sustentabilidad como vía idónea en la interacción del individuo con el medio ambiente (Villaverde, 2009).

Bibliografía

A. Enciso Pérez, E. M. (08 de Enero de 2025). Tenencia responsable de animales de compañía y conocimiento del marco Legal en Pilar, Paraguay. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*.

Brañes, R. (2000). *Manual de derecho ambiental mexicano*. México:

Fondo de Cultura Económica.

Cañiza, H. E. (2023). *Los Delitos Ambientales*. Asunción.

Congreso Nacional. (2013). *Ley N° 4840713: De protección y bienestar animal*. Asunción:

Constitución Nacional del Paraguay.

González, I. A. (2025). *Informe de actividades realizadas por la Secretaría de Medio Ambiente,*

Higiene y Salubridad. Pilar: Municipalidad de Pilar.

Guía práctica de fiscalización ambiental municipal. (2022). Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Jaula, J. A. (2007). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Madrid: Editorial Universitas.

Martínez, I. S. (2025). *Informe de denuncias recibidas, periodo 2021 - 2025*. Pilar: INFONA.

Melgarejo, A. G. (2025). *Datos Sistematizados de Causas Relacionadas a Hechos Punibles*

Ambientales, en el Marco de la Acordada N° 1433/19. Mayo: Dirección de Derecho Ambiental, Circunscripción Judicial de Ñeembucú.

Municipalidad de Pilar. (2010). *Ordenanza N° 87/2010: Por la cual se reglamenta la tenencia de animales domésticos en la ciudad de Pilar*. Pilar.

Soluciones Ecológicas. (s.f.). *soluciones ecológicas*. Obtenido de <https://www.solucionesecologicas.com.py/>

Cristhy Plasencia, T.; Daphne León, C.; Néstor Falcón, P. (2024). Tenencia de animales de compañía y conocimiento de zoonosis en Bambarca. *Revista Investigaciones Veterinarias Perú*.

Valls, M. F. (2008). *Derecho Ambiental*. Buenos Aires: Editorial Abeledo Perrot.

Vázquez, E. (3 de Marzo de 2023). Por "puercos": en Pilar la municipalidad multa y escracha a propietarios de baldíos sucios. *ABC*.

Villaverde, M. N. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*.

valiosos aportes, paciencia y orientaciones no hubiera sido posible este estudio. Finalmente, agradezco a mis padres por su apoyo incondicional y motivación constante; sin ellos me sería impensable poder realizar este trabajo.

Agradecimiento

Quiero agradecer a la Universidad Nacional de Pilar en la persona del Decano de la Facultad de Ciencias Aplicadas, el Prof. Mgtr. Jorge Fornerón por brindarme los recursos y el ambiente académico necesario para desarrollar esta investigación. Al director de la carrera de Ingeniería Industrial, a la cual pertenezco, el MsC. Emilio Sisul por ser una pieza clave en mi formación académica, personal y profesional, por apostar siempre por la educación, la investigación y el progreso. A mi orientadora, la Ing. Amb. María Elisa Ríos Pineda, por su guía, paciencia y valiosas sugerencias durante todo el proceso. Por enseñarme a amar, valorar y respetar el ambiente que nos rodea y preocuparse porque mi formación sea íntegra. A la Municipalidad de Pilar, en la persona de la Ing. Amb. Lucía González y al Instituto Forestal Nacional, en la persona de la Ing. Stella Martínez, pues, sin sus



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



UNIVERSIDAD
NACIONAL ✦
DE TUCUMÁN



