

INTERDISCIPLINA - #10

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 Interdisciplinario, Volúmen 10.

© 2025, Asociación de Universidades del Grupo Montevideo.

ISSN 3121-2220

Tucumán, Argentina. Noviembre de 2025.



**Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO**



**UNIVERSIDAD
NACIONAL ♦
DE TUCUMÁN**

Contenido

Comparación de técnicas de detección molecular y el método del Número Más Probable (NMP) para el monitoreo de bacterias patógenas en agua de mar cercana a efluentes sanitarios en Playa Negra, Concón.....	5
<i>Tiara Lizama</i>	
Desarrollo de materiales adsorbentes a partir de pelo canino para la eliminación de tintes en agua: evaluación comparativa entre material crudo y tratado con KOH.....	27
<i>Kaique Soares Souza</i>	
Configuración urbana, movilidad y calidad ambiental: un enfoque interdisciplinario para una planificación urbana sostenible en Villa Lynch.....	39
<i>Santiago Escandar</i>	
Desarrollo de cultivos iniciadores malolácticos de <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> , obtenidos mediante medios de cultivo novedosos a base de bagazo de manzana y optimización de su preservación por liofilización.....	50
<i>Marina Navarro</i>	
Técnicas y procedimientos para el diagnóstico y restauración de obras de valor patrimonial. Aportes para las prácticas en la intervención arquitectónica de Santa Fe.....	68
<i>Clara Aimaretti</i>	
Estudio de la fermentación, propiedades fisicoquímicas y sensoriales de vino de mango (<i>Mangifera indica</i> L.) elaborado con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>Saccharomyces bayanus</i>	76
<i>Andrea Silvero</i>	
Salud bucal inclusiva y reducción de desigualdades en personas con discapacidad: experiencia en clínicas universitarias del Paraguay.....	92
<i>Fabiana Mereles</i>	
Desarrollo de repelentes nasados en nanotecnología contra vectores de arbovirus.....	100
<i>Marina Turrado</i>	
Adecuación de la ingesta de micronutrientes (Ca, Mg, P) y estado nutricional en adultos mayores ambulatorios de octubre a noviembre del 2024.....	110
<i>Andrea Rolón</i>	

Valorización de la coronta de maíz como residuo agrícola para la producción de esporas de *Trichoderma sp.* mediante fermentación en estado sólido.....124
Solangel Casilla

Currículo e formação docente em letras-libras na Amazônia: caminhos para uma perspectiva amazonizada.....136
Carla Mendonça

Fábricas de conhecimento: tipologias emergentes de instituições culturais no século XXI em diálogo com a gestão integrada dos territórios.....156
Claudia Nogueira

9.- Desafíos de biotecnología y bioquímica

Comparación de técnicas de detección molecular y el método del Número Más Probable (NMP) para el monitoreo de bacterias patógenas en agua de mar cercana a efluentes sanitarios en Playa Negra, Concón

Autor: Lizama, Tiara; tiara.lizama@postgrado.uv.cl

Co-autor(es): Conejeros, Pablo; E.; González, Matías

Orientador/a: Bustos, Paulina; paulina.bustos@uv.cl

Universidad de Valparaíso / Facultad de Ciencias

RESUMEN

Tradicionalmente, la calidad microbiológica del agua se ha evaluado mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, la detección de coliformes fecales y otras bacterias indicadoras a través de métodos de cultivo. Aunque estos métodos son estándares reconocidos para establecer planes de acción dentro de la gestión ambiental, presentan limitaciones en términos de sensibilidad y especificidad, y no siempre reflejan la presencia de todos los patógenos presentes. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia en la detección de bacterias patógenas en muestras de agua de mar mediante técnicas moleculares y el método del Número Más Probable (NMP), en aguas influenciadas por efluentes sanitarios en Playa Negra, Concón. Para ello, se analizaron 14 muestras utilizando un panel de genes indicadores específicos para *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Legionella pneumophila*, *Clostridium perfringens* y *Staphylococcus aureus*. Se evidenció una alta presencia de *S. aureus* y *L. pneumophila*, seguidas de *K. pneumoniae* y *E. faecalis*, mientras que *E. coli* y *C. perfringens* fueron menos frecuentes. Estos hallazgos reflejan la contaminación microbiológica en la zona y resaltan la importancia de su monitoreo. La comparación entre el método molecular y el NMP mostró que la PCR es significativamente más efectiva y rápida, permitiendo detectar con mayor sensibilidad y precisión la presencia de bacterias patógenas en menor tiempo. Se concluye que la PCR es una herramienta clave para futuros estudios de calidad del agua, optimizando el monitoreo de ambientes marinos expuestos a efluentes sanitarios y facilitando la toma de decisiones en la gestión de riesgos microbiológicos.

Palabras clave: calidad de aguas, bacterias patógenas, PCR.

INTRODUCCIÓN

La contaminación microbiológica de cuerpos de agua es un fenómeno ampliamente documentado en la actualidad, que representa una amenaza significativa para los ecosistemas acuáticos y la salud humana (Ramos-Ortega et al. 2008).

La presencia o el aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua surge usualmente por efecto directo o indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población, tales como urbanización no controlada, crecimiento industrial, pobreza, ocupación de regiones antes deshabitadas, y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales. Es por esto, que los cambios relacionados con las actividades antropogénicas se ven reflejados directamente en el entorno y, por consiguiente, en el recurso hídrico (Rusch et al. 2007). Las principales actividades que favorecen la contaminación de aguas son las agropecuarias como movilización de animales, cultivos, abonos orgánicos mal procesados y disposición inadecuada de aguas (Ríos-Tobón et al. 2017).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la presencia de patógenos

en el agua puede derivar en brotes de enfermedades infecciosas, afectando desde poblaciones humanas hasta flora y fauna acuática (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021), como también, la calidad microbiológica de las fuentes de agua; en este sentido, la contaminación microbiológica tiene efectos profundos en la salud pública y en el medio ambiente. En los ecosistemas marinos, la proliferación de bacterias patógenas puede alterar las comunidades biológicas, afectando la biodiversidad y la estructura trófica (Rusch et al. 2007). Para los seres humanos, el contacto con agua contaminada puede resultar en enfermedades gastrointestinales, infecciones de la piel y otras afecciones graves (Cabral, 2010).

Evaluación de impacto ambiental en calidad de aguas

De acuerdo con el Servicio de Evaluación Ambiental de Chile, los estudios de impacto ambiental son un instrumento preventivo de gestión, destinado a identificar y corregir con anticipación los impactos ambientales negativos derivados de acciones humanas, y optimizar aquellos de carácter positivo, asegurando que los recursos y elementos ambientales susceptibles de ser afectados se

describan y evalúen considerando todas las medidas destinadas a su protección, de acuerdo a las exigencias formales y al estado del arte, alcanzando una evaluación amplia y acertada de los recursos ambientales involucrados, para lograr un equilibrio en el proceso de toma de decisiones. A su vez, busca la coordinación e integración de acciones destinadas a asegurar que se tiene pleno conocimiento del alcance ambiental de las acciones y proyectos emprendidos (Espinoza 2001).

Actualmente, el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) es el principal instrumento de gestión ambiental en Chile, debido a su influencia en la autorización o denegación de permisos de operación para proyectos o actividades en las regiones, aportando sin duda en la protección del capital natural (Gamberini et al. 2019).

En las últimas décadas, los efluentes sanitarios que terminan en las zonas costeras son mucho más frecuentes puesto que, en muchos casos, existe la descarga sin restricciones de aguas residuales comunales en el mar antes de ser tratados debidamente por tratamientos de aguas residuales (Tayeb et al. 2015).

En Chile, el Decreto Supremo N° 90 de

Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, regula la descarga de aguas residuales, incluyendo los caudales y los estándares de calidad, mientras que la Norma Chilena 1333, sobre requisitos de calidad de agua para diferentes usos, determina los estándares de calidad para el uso del agua para el suministro urbano, riego, recreación y vida acuática (Rodríguez-Luna et al. 2022).

Las empresas de consultoría ambiental desempeñan un rol importante en asesorar a otras empresas, gobiernos y organizaciones sobre estrategias y cumplimiento de estas regulaciones interviniendo en la toma de decisiones respecto a la gestión ambiental, en base a los decretos mencionados anteriormente. En Chile, existen actualmente 100 consultoras ambientales (Fávero & Katz 2004), donde 17 se caracterizan por evaluar la calidad de aguas en proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de emisarios submarinos o sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos (Servicio de Evaluación Ambiental, s.f.).

Tradicionalmente, la calidad microbiológica del agua se ha evaluado

mediante el análisis de parámetros físicoquímicos, la detección de coliformes fecales y otras bacterias indicadoras a través de métodos de cultivo. Aunque estos métodos son estándares reconocidos para establecer planes de acción dentro de la gestión ambiental (Córdova et al. 2010), presentan limitaciones en términos de sensibilidad y especificidad, y no siempre reflejan la presencia de todos los patógenos presentes (APHA 2017). Sin embargo, el aumento de técnicas moleculares y tecnologías como el Big Data para analizar la gran cantidad de datos generados por las técnicas de secuenciación de nueva generación, junto con un plan de muestreo regular, está posibilitando la identificación entre comunidades microbianas, usando métodos asequibles, integrales y precisos, e impulsando a las empresas consultoras a modernizar sus herramientas de análisis (Satam et al. 2023).

Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

La PCR, es una técnica que permite cuantificar con alta precisión la concentración de los microorganismos objetivo en las muestras de agua, proporcionando datos esenciales para la evaluación de la calidad del agua (Smith &

Osborn 2009). El desarrollo de un panel de marcadores moleculares es esencial para el desarrollo de esta, implicando la selección de secuencias genéticas específicas que actúen como indicadores precisos de contaminación microbiológica. Estos marcadores son identificados a través de análisis bioinformáticos y su validez es comprobada mediante la PCR (Schmieder & Edwards 2011).

En sí misma, la aplicación de PCR permite una evaluación in situ lo que facilita el monitoreo continuo de los niveles de contaminación y la toma de decisiones inmediatas en materia de gestión ambiental; además, los ensayos de PCR generalmente no requieren de un cultivo bacteriano previo (Delgado-Viscogliosi et al. 2009). Esta técnica se fundamenta en la amplificación de secuencias de ácidos nucleicos, permitiendo reducir considerablemente el tiempo de detección, mientras mantiene una alta sensibilidad y especificidad, por lo que actualmente la PCR se ha está utilizando para detectar contaminantes fecales como coliformes (Abo-Amer et al. 2008). Como resultado, la PCR está reemplazando gradualmente muchos métodos de cultivo tradicionales basados en cultivos bacterianos (Molina et al. 2015) o el método de Número Más Probable para detección de coliformes fecales descrito

por Baird et al. 2017, puesto que en estas técnicas no se analizan los patógenos, sino que se analizan bacterias asociadas a estos, mientras que la PCR es capaz de identificar directamente los patógenos persistentes (Horáková et al. 2006).

OBJETIVOS

Objetivo general: Evaluar la eficacia en la detección de bacterias patógenas en muestras de agua de mar, utilizando técnicas moleculares basadas en un panel de genes indicadores y el método del Número Más Probable (NMP), en aguas influenciadas por efluentes sanitarios en Playa Negra, Concón.

Objetivos específicos

1. Evaluar la calidad microbiológica del agua de mar cerca al efluente sanitario ubicado en Playa Negra, Concón.
2. Validar la pertinencia de un panel de genes indicadores para evidenciar la presencia de bacterias patógenas en muestras de agua de mar próximas a efluentes sanitarios.
3. Comparar la eficacia de las técnicas de detección molecular y del método del Número Más Probable (NMP) en el monitoreo de bacterias patógenas, analizando parámetros como sensibilidad,

precisión y tiempo de respuesta.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

El muestreo consideró cinco estaciones a distintas distancias desde el emisario de Concón, en la Región de Valparaíso, estableciendo una distancia media de 100 unidades formadoras de colonia, siendo D el punto del efluente más diluido y BC el punto menos diluido desde el emisario (Fig. 1). Las muestras de agua de mar se extrajeron con una botella niskin y se almacenaron en botellas de plástico estériles, de las cuales se obtuvieron cinco botellas de 250 mL, a cada una se le designó un rótulo (Tabla 1). Posteriormente, las muestras fueron almacenadas a -80°C .

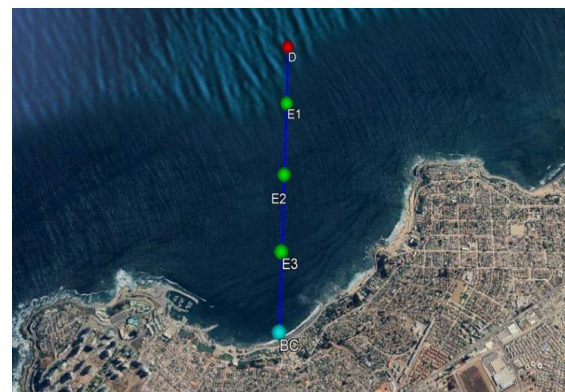


Figura 1. Estaciones de muestreo desde el punto del efluente más cercano al emisario (BC) hasta el punto más lejano (D). $32^{\circ}54'41.86''\text{S}$, $71^{\circ}31'40.68''\text{O}$.

Tabla 1. Organización de estaciones de muestreo y muestras con su rótulo. D, E1, E2, E3 y BC corresponden a las diferentes estaciones. 1, 2, 3, 4 y 5 corresponden a las réplicas de cada estación de muestreo.

Estación	Rótulo	Estación	Rótulo
D1	524107965	E3.1	524110962
D2	524110973	E3.2	524107978
D3	524110961	E3.3	524107958
D4	524110981	E3.4	524107981
D5	524110985	E3.5	524107992
E1.1	524110979	BC.1	524107989
E1.2	524110966	BC.2	524110972
E1.3	524110977	BC.3	524108018
E1.4	524110984	BC.4	524107963
E1.5	524110960	BC.5	524110982
E2.1	524107956		
E2.2	524107970		
E2.3	524107977		
E2.4	524110974		
E2.5	524110980		

1.1 Evaluar la calidad microbiológica del agua de mar cerca al efluente sanitario ubicado en Playa Negra, Concón.

Para la evaluación de la calidad microbiológica del agua se llevó a cabo un método para la detección de coliformes

fecales llamado método del Número Más Probable (NMP), el cual se llevó a cabo de acuerdo con el Método Estándar para la examinación de agua y aguas residuales (Baird et al. 2017). Se utilizaron campanas durham y tubos de ensayo con caldo lauryl sulfato (Merck KgaA) para la fase presuntiva (F.P) y medio BRILA (Merck KgaA) para la fase confirmativa (F.C).

Para el procedimiento, se seleccionaron las muestras BC4, E1.3, E2.5, E3.1 y D4 (Tabla 1). Se utilizó 1 mL de muestra de agua de mar por cada estación y se agregó a los tubos con caldo lauryl sulfato para luego realizar diluciones seriadas en quintuplicado. Estos fueron incubados a 37°C durante 48-72 h en una mufla (Lab Tech, Italia) bajo constante observación.

Los tubos que fueron presuntamente positivos se les extrajo 1 mL de muestra para añadirlos a tubos con caldo BRILA para la fase confirmativa y se almacenaron a 37°C durante 48 h, bajo observación constante. Luego, se realizó la interpretación de resultados mediante tablas de NMP (Tabla 2) (Baird et al. 2017).

Tabla 2. Tabla de interpretación de resultados para el método del Número Más Probable para la determinación de coliformes fecales (Baird et al. 2017).

Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos			
0, 1 mL	0, 01 mL	0, 001 mL	NMP	0, 1 mL	0, 01 mL	0, 001 mL	NMP	0, 1 mL	0, 01 mL	0, 001 mL	NMP	0, 1 mL	0, 01 mL	0, 001 mL	NMP
0	0	0	<3	1	0	0	3,6	2	0	0	9,1	3	0	0	23
0	0	1	3	1	0	1	7,2	2	0	1	14	3	0	1	39
0	0	2	6	1	0	2	11	2	0	2	20	3	0	2	64
0	0	3	9	1	0	3	15	2	0	3	26	3	0	3	95
0	1	0	3	1	1	0	7,3	2	1	0	15	3	1	0	43
0	1	1	6,1	1	1	1	11	2	1	1	20	3	1	1	75
0	1	2	9,2	1	1	2	15	2	1	2	27	3	1	2	120
0	1	3	12	1	1	3	19	2	1	3	34	3	1	3	160
0	2	0	6,2	1	2	0	11	2	2	0	21	3	2	0	93
0	2	1	9,3	1	2	1	15	2	2	1	28	3	2	1	160
0	2	2	12	1	2	2	20	2	2	2	35	3	2	2	210
0	2	3	16	1	2	3	24	2	2	3	42	3	2	3	290
0	3	0	9,4	1	3	0	16	2	3	0	29	3	3	0	240

Adicional a la técnica del NMP, se llevó a cabo la siembra de muestras provenientes directamente desde el punto de muestreo (una por cada estación, Tabla 1) en medios de agar nutritivo (Merck KGaA) y agar McConkey (Merck KGaA) por triplicado. Además, se utilizaron placas con medio de agar sangre para la siembra de cinco puntos de muestreo.

El total de las siembras se replicaron para incubarlas a 37°C y 15°C respectivamente. A la siembra directa desde las botellas se les llamó T0 y, una vez presentaron crecimiento, se realizó una resiembra de estas muestras utilizando la técnica de agotamiento por estría en dos tiempos: T1 y T2, siendo T2 el resultado de colonias puras que se utilizó posteriormente.

1.2 Validar la pertinencia de un panel de genes indicadores para evidenciar la presencia de bacterias patógenas en muestras de agua de mar próximas a

efluentes sanitarios.

Para la validación del panel de genes, primero se seleccionó un panel de bacterias patógenas y no patógenas asociadas a coliformes fecales desde efluentes sanitarios y que hayan sido reportadas como indicadores en el monitoreo de la calidad del agua de mar. Este cometido se llevó a cabo mediante una exhaustiva revisión bibliográfica de la literatura científica en bases de datos públicos como ScienceDirect, Wiley online Library, Science y Nature principalmente, donde de acuerdo con la búsqueda “microorganismos patógenos bacterianos en efluentes sanitarios”, se seleccionaron las bacterias más comunes en muestras de aguas de efluentes sanitarios y se clasificaron por patogenicidad.

De acuerdo con el panel de bacterias obtenidas en la literatura científica, se seleccionaron las bacterias patógenas más frecuentes y se realizó una nueva búsqueda bibliográfica en las bases de datos públicas como MDPI, ScienceDirect, Scielo y Pubmed NCBI, en las cuales se revisaron los genes asociados a contaminación de aguas residuales presentes en dichas bacterias.

Una vez seleccionados los genes, se evaluó la calidad de las secuencias de sus partidores. Para esto, se blastearon los

partidores contra la base de datos del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI) a partir del algoritmo blastx. Se consideró que los partidores de aquellos genes que presentaron un valor de Query cover 100 %, Percent Ident igual al 100%, y un E. value cercano a 0 serían utilizados.

1.2.1 Extracción de ADN

La extracción del ADN total se llevó a cabo a partir de las siembras directas de los tubos positivos en la fase confirmativa de NMP, y de todas las muestras con crecimiento en T2 desde las siembras directas desde los puntos de muestreo, las cuales se almacenaron en tubos de microcentrífuga de 1,5 mL.

El ADN de las muestras se extrajo usando E.Z.N.A Tissue DNA Kit (Omega Bio-tek). Para ello, se agregaron 200 μ L de TL Buffer en cada tubo con muestra y 25 μ L de Proteinase K Solution. Las muestras se dejaron incubando en un bloque térmico (Labnet Accublock) a 55°C durante 3 h. Inmediatamente después de la incubación, las muestras se centrifugaron a máxima velocidad durante 5 min en una centrífuga Spectrafuge 24D (Labnet). Posteriormente, se transfirió el sobrenadante a nuevos tubos de microcentrífuga, se agregó 220 μ L de BL Buffer a cada tubo, los cuales fueron

llevados al bloque térmico a 70°C durante 10 min. Una vez listo, se agregó 220 μ L de etanol al 100% a cada muestra y se realizó vortex. Luego, se procedió a insertar una mini columna HiBind DNA dentro de un tubo de recolección de 2 mL y se transfirió la muestra (una columna para cada muestra). Las columnas se centrifugaron a máxima velocidad durante 1 min y se descartó el filtro, reusando el tubo de recolección. Posteriormente, se agregó 500 μ L de HBC Buffer diluido con isopropanol al 100% a cada columna y se centrifugó a máxima velocidad por 30 segundos. Luego, se insertó la mini columna en un nuevo tubo de recolección de 2 mL y se añadió 700 μ L de DNA Wash Buffer diluido con isopropanol al 100%, se centrifugó al máximo por 30 segundos. Este paso se repitió para realizar un segundo lavado. Las muestras se centrifugaron nuevamente al máximo durante 2 minutos. Se transfirió la mini columna a tubos eppendorf libres de nucleasas de 1,5 μ L y se añadió 100 μ L de Elution Buffer calentado a 70°C, se centrifugó durante 1 minuto. Este paso se repitió para una segunda elución. El ADN obtenido fue almacenado a -20°C.

1.2.2 Validación de los genes indicadores

De acuerdo con el panel de genes obtenidos a partir de la literatura científica

y de los partidores seleccionados que presentaron un valor de Query cover y Percent Ident igual al 100%, y un E. value cercano a 0, se llevó a cabo la preparación de stock de los primers.

Previo a la resuspensión, los partidores se centrifugaron a máxima velocidad durante 30 segundos. Para la resuspensión se utilizó agua libre de nucleasas (Winkler), llevando los partidores a una concentración de 200x. El volumen se calculó en base a

$$\text{nM del partidador} / 0,2 = X \mu\text{L de agua pura sin nucleasas}$$

Posteriormente, se utilizaron tubos eppendorf de 1.5 mL para realizar una dilución al 10x de cada partidador, agregando 5 μL de primer al 200x y 95 μL de agua libre de nucleasas. Las diluciones fueron vortexeadas y almacenadas a -20°C .

1.2.3 Preparación de la PCR

Inicialmente, se preparó la master mix en tubos de microcentrífuga de 1,5 μL la cual estuvo constituida de: 78 μL de agua sin nucleasas, 130 μL del kit SapphireAmp (Takara) y 13 μL de cada partidador (sentido y antisentido) previamente diluidos. Posteriormente, en tubos de microcentrífuga se agregaron 18 μL de

master mix y 2 μL de la extracción de ADN.

La PCR se llevó a cabo en un termociclador modelo MultiGene Mini (Labnet, EE.UU); para esto, se consideró el siguiente perfil térmico: Activación de la polimerasa en un ciclo de 95°C por 3 min; denaturación en 35 ciclos de 95°C durante 5 s, temperatura de alineamiento de los partidores (TP) durante 10 s, elongación a 72°C durante 1 min; e incubación final en un ciclo de 72°C durante 5 min. Las muestras amplificadas fueron almacenadas a -20°C .

Posteriormente, las muestras con producto de PCR fueron reveladas mediante electroforesis en gel de agarosa. Para la preparación del gel, se agregaron 200 mL de Buffer TAE 1x de la (Winkler) y 2 g de agarosa SeaKem (Gene X-Press) a un matraz Erlenmeyer para su posterior ebullición. Una vez que la temperatura fuera soportable a la mano, se le agregaron 30 μL de sybr safe (Invitrogen). Posteriormente, la agarosa se agregó en la cámara de electroforesis que contenía el molde del gel a utilizar.

Por otro lado, para la preparación de las muestras amplificadas se mezclaron 8 μL de ADN amplificado y 2 μL de solución cargadora 6x (New England BioLabs).

Una vez listo el gel y el producto amplificado, las muestras se añadieron a los pocillos del gel, procurando añadir en la primera columna 8 μ L de marcador de peso molecular (New England BioLabs). Se procedió a agregar buffer TAE 1x a la cámara de electroforesis, la cual fue conectada a una fuente de poder (Lab-Tec). Finalmente, el gel se corrió a 100 V y 500 mA durante 60 min, bajo constante supervisión.

1.3 Comparación de la eficacia de las técnicas de detección molecular y del método del Número Más Probable (NMP) en el monitoreo de bacterias patógenas

Para la comparación de técnicas utilizadas en el monitoreo de bacterias patógenas en muestras de agua, se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos públicas como Scielo, ScienceDirect y Repositorios digitales para identificar las principales características de las técnicas de detección molecular, en este caso el enfoque fue principalmente en PCR convencional. Mientras que, para el análisis del método de Número Más Probable, se utilizó como referencia el Método Estándar para la examinación de agua y aguas residuales (Baird et al. 2017).

En base a lo anterior, para la comparación

se consideró la sensibilidad, especificidad, precisión, tiempo de respuesta y aplicabilidad en el monitoreo ambiental de las metodologías realizadas en cada una de las técnicas, y de manera adicional, se analizó la probabilidad de margen de error entre las técnicas.

2. RESULTADOS

2.1 Evaluar la calidad microbiológica del agua de mar cerca al efluente sanitario ubicado en Playa Negra, Concón.

En cuanto a la prueba de identificación de coliformes fecales en las muestras de agua de mar obtenidas desde la bahía de Concón, se obtuvo que las muestras BC4, E1.3 y D4 obtuvieron resultados positivos en la fase confirmativa, ya que presentaron cambios en la turbidez del medio y se pudo observar una gran burbuja de gas generada en la campana Durham, lo cual comprueba la presencia de coliformes fecales en la zona de muestreo. Las muestras E3.1 y E2.5 presentaron resultados negativos, puesto que no se observaron cambios en el medio.

Para la interpretación de los resultados del NMP, se utilizó la tabla propuesta por el Método Estándar para la examinación de agua y aguas residuales (Baird et al.

2017), la cual se observa en la Tabla 2. Para las muestras BC4 y D4, positivas en la fase confirmativa, la concentración de coliformes fecales fue de 9,1 NMP/100 mL y para la muestra E1.3 la concentración es 3,6 NMP/100 mL. Las muestras E2.2 y E3.1 presentaron resultados negativos con una concentración de coliformes fecales < 3 NMP/100 mL.

Por otro lado, se obtuvo un total de 140 siembras por cada cultivo, donde el 54,6% resultaron positivas. Las siembras de las muestras D4, E1.1, E1.3 y E2.5 cultivadas en agar nutritivo presentaron crecimiento, mientras que solo E1.3 presentó crecimiento en medio MacConkey. No obstante, las siembras de las muestras D1, E3, E1, E2 y BC en agar sangre sí presentaron crecimiento en el medio, por lo que se seleccionaron algunas muestras representativas por estación para el procedimiento de PCR.

2.2 Validación de la pertinencia de un panel de genes indicadores para evidenciar la presencia de bacterias patógenas en muestras de agua de mar próximas a efluentes sanitarios.

En cuanto a la identificación de especies, diversos estudios (Li et al. 2015; Grimont et al. 2007; Cabral 2010; Lu et al. 2015; Mosteo et al. 2013) han encontrado bacterias patógenas y no patógenas

dentro de sus investigaciones en muestras de aguas, las cuales están comúnmente asociadas a muestras de aguas residuales de efluentes sanitarios y agua de mar.

Se seleccionaron siete bacterias patógenas, las cuales son más frecuentes de encontrar en aguas de efluentes sanitarios, estas corresponden a *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Legionella pneumophila*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella enterica* y *Staphylococcus aureus*.

Los principales genes indicadores de contaminación de estas bacterias corresponden a *stx2*, *phoE*, *invA* y *sec*, de los cuales se pudo extraer los partidores descritos por los autores (Anderson et al. 2016; Zhang et al. 2021; Shannon et al. 2006; Po-Min et al. 2014; Wu et al. 2009; Monrroy et al. 2012; Shannon et al. 2007).

2.2.1 PCR

Los resultados de PCR demostraron la validación de los partidores para *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Legionella pneumophila*, *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli*, donde *S. aureus* es la bacteria más prevalente en un 78,57% de las muestras. Asimismo, *L. pneumophila* y *K. pneumoniae* también

tienen alta prevalencia (64,28% y 57,14%, respectivamente) en las muestras analizadas, mientras que *E. faecalis* está presente en un 57,14% y *E. coli* en un 50% de las muestras. *C. perfringens* es la bacteria con menor presencia entre las muestras con un 14,28% donde sólo 2 de 14 muestras dieron positivo.

2.3 Comparar la eficacia de las técnicas de detección molecular y del método del Número Más Probable (NMP) en el monitoreo de bacterias patógenas

2.3.1 Sensibilidad de las técnicas

La sensibilidad de técnicas moleculares como la PCR convencional es bastante alta, ya que puede detectar concentraciones muy bajas de ADN bacteriano. Sin embargo, aunque el método de NMP sea un método tradicional utilizado para la cuantificación de bacterias en muestras de agua, su sensibilidad es menor en comparación con la PCR, ya que depende del crecimiento bacteriano en medios selectivos, lo que puede subestimar la presencia de bacterias en condiciones de estrés ambiental.

2.3.2 Especificidad de las técnicas

En el NMP se cuantifican coliformes fecales como un grupo general, sin diferenciar especies o genes específicos.

Sin embargo, en la PCR se detecta la presencia y expresión de genes específicos de bacterias patógenas, lo que implica un nivel de especificidad molecular mucho mayor.

2.3.3 Precisión de las técnicas

La PCR ofrece una alta precisión debido al uso de partidores diseñados para secuencias genéticas específicas de las bacterias objetivo. Por otro lado, la precisión del método de NMP puede verse afectada por factores como las condiciones de incubación, lo que puede llevar a estimaciones inexactas de la concentración bacteriana, lo que la convierte en menos precisa, ya que se basa en la probabilidad estadística del crecimiento bacteriano en tubos de cultivo, lo que puede generar errores por sobrestimación o subestimación.

2.3.4 Tiempo de respuesta de las técnicas

La PCR es una técnica rápida que puede proporcionar resultados en un período de tiempo relativamente corto, 4-6 h, lo que incluye el proceso de extracción, amplificación y lectura. Mientras que NMP es considerablemente lento, ya que requiere etapas de incubación para permitir el crecimiento bacteriano, lo que puede tomar entre 8 a 10 días para obtener resultados.

2.3.5 Aplicabilidad en el monitoreo ambiental de las técnicas

En cuanto a la aplicabilidad en monitoreo ambiental, la PCR es la más adecuada para una detección rápida y específica de patógenos en muestras ambientales. Sin embargo, requiere de equipamiento especializado y personal capacitado, lo que puede limitar su uso en algunos entornos. Por otro lado, el método de NMP es útil en laboratorios con menos recursos, ya que es más sencillo y no requiere equipamiento especializado, lo que lo hace accesible para laboratorios con recursos limitados.

2.3.6 Probabilidad de errores técnicos entre las técnicas

La probabilidad de presentar margen de error en el método de NMP, es alto, ya que un número reducido de tubos o diluciones puede ampliar los intervalos de confianza, disminuyendo la precisión de la estimación. Factores como la temperatura, el pH y la composición del medio pueden influir en el crecimiento bacteriano, llevando a falsos negativos si las condiciones no son ideales. Asimismo, la determinación de turbidez o cambios de color en los medios de cultivo dependen de la percepción del observador, por lo que los resultados pueden ser variables.

No obstante, en la PCR el margen de error es menor si se tiene un buen manejo de los equipos y materiales, ya que se podría evitar la contaminación cruzada en las muestras y el espacio de trabajo.

3. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian la presencia de diversas bacterias patógenas en las muestras de agua de mar cercanas a efluentes sanitarios en Playa Negra, Concón.

3.1 Evaluación de la calidad microbiológica del agua de mar mediante el método del Número Más Probable (NMP)

El análisis microbiológico mediante el método del NMP permitió detectar coliformes fecales en las estaciones BC4, E1.3 y D4, con concentraciones estimadas de 9,1 NMP/100 mL en BC4 y D4, y 3,6 NMP/100 mL en E1.3. Las estaciones E2.5 y E3.1 resultaron negativas (<3 NMP/100 mL), lo que podría explicarse por una mayor dilución de los efluentes o por condiciones ambientales adversas, como alta radiación UV o intensa dinámica de corrientes costeras, que pueden reducir la supervivencia bacteriana (Cabral 2010; Mosteo et al. 2013).

Comparando con estudios previos, Ramos-Ortega et al. (2008) encontraron

concentraciones similares de coliformes fecales en zonas costeras de Colombia con descargas de aguas residuales (, lo que confirma que el NMP sigue siendo un método útil para evaluar la contaminación fecal general en ambientes marinos.

Al comparar los resultados obtenidos con los estándares de la Norma Chilena NCh1333 y los criterios de calidad de agua recreacional de la OMS y la EPA, las concentraciones detectadas en BC4 y D4 podrían superar los límites permitidos, ya que las aguas destinadas a recreación deben estar exentas de sustancias atribuibles a descargas o vaciamientos de residuos, lo que sugiere un riesgo potencial para la salud pública de los usuarios de Playa Negra.

3.2 Validación del panel de genes indicadores mediante técnicas moleculares (PCR)

El análisis molecular mediante PCR permitió validar la presencia de *Staphylococcus aureus*, *Legionella pneumophila*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Clostridium perfringens*, con una alta prevalencia de *S. aureus* (78,57%), seguido de *L. pneumophila* (64,28%) y *K. pneumoniae* (57,14%). Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han identificado estos patógenos en

aguas costeras impactadas por descargas sanitarias (Lu et al. 2015; Mosteo et al. 2013). Lu et al. (2015) identificó principalmente bacterias indicadoras de coliformes fecales, entre ellas *Klebsiella pneumoniae* y *Staphylococcus aureus* en mayores concentraciones. Mientras que Mosteo et al. (2013) identificó bacterias del género *Clostridium* y *Enterococcus* en menores concentraciones.

La alta sensibilidad y especificidad de la PCR para la detección de genes específicos, como *stx2* y *sec*, documentada por Smith & Osborn (2009) y Molina et al. (2015), indican que la detección directa de ADN bacteriano permite identificar patógenos viables y no viables, superando la limitación de métodos de cultivo como NMP, que dependen de la capacidad de crecimiento bacteriano.

La alta prevalencia de patógenos como *S. aureus* y *L. pneumophila* sugiere una presión de contaminación fecal y ambiental significativa en Playa Negra, posiblemente vinculada a la descarga de efluentes sanitarios. Esta situación podría representar un riesgo sanitario relevante, ya que estos microorganismos están asociados a infecciones gastrointestinales, cutáneas y respiratorias (Cabral, 2010).

En términos de aplicabilidad, la PCR ofrece un enfoque valioso para programas de monitoreo ambiental, aunque su incorporación en protocolos rutinarios en Chile aún enfrenta barreras logísticas y económicas (Jiménez et al. 2021). Sin embargo, su potencial para la detección rápida y específica la convierte en una herramienta clave para la vigilancia microbiológica en zonas costeras vulnerables (Zhang et al. 2021).

3.3 Comparación de la eficacia de las técnicas de detección molecular (PCR) y el método del Número Más Probable (NMP)

Los resultados evidencian que la PCR detectó una mayor diversidad y cantidad de bacterias patógenas específicas en comparación con el NMP, que solo indicó la presencia de coliformes fecales generales. Esta superioridad de la PCR es consistente con estudios comparativos previos (Noble et al. 2010; Zhang et al. 2021). Asimismo, la PCR es más precisa, ya que identifica genes específicos de virulencia o resistencia, mientras que el NMP solo proporciona una estimación probabilística de coliformes fecales, sin distinguir especies patógenas o no patógenas (Baird et al. 2017), entregando resultados en 4 a 6 horas, incluyendo extracción, amplificación y electroforesis, mientras que el NMP requiere 48-72 horas

y hasta 10 días para un análisis completo (APHA 2017).

Si bien, la PCR es más rápida y precisa, requiere equipamiento especializado y personal capacitado, lo que limita su implementación rutinaria en laboratorios con recursos limitados (Smith & Osborn 2009). El NMP, en cambio, es más económico y accesible, pero con menor resolución diagnóstica (Baird et al. 2017).

Los estudios realizados por Noble et al. (2010) y Zhang et al. (2021) respaldan la tendencia internacional hacia la adopción de técnicas moleculares en programas de monitoreo ambiental, desplazando progresivamente métodos tradicionales como el NMP, especialmente en aguas recreacionales y zonas de alto impacto sanitario.

3.3.1 Limitaciones del Estudio

Existen ciertas condiciones ambientales como la salinidad o temperatura que pudieron afectar la viabilidad bacteriana y la eficiencia de extracción de ADN. Durante el procedimiento del método NMP, la interpretación visual de turbidez o cambios de color pudo introducir un sesgo subjetivo en la interpretación de las fases, especialmente en matrices complejas (Baird et al. 2017). También, se identificó un posible margen de error en este

método debido a la evaporación de algunos tubos durante la incubación, lo que pudo haber alterado las concentraciones de nutrientes y la viabilidad de los microorganismos. Asimismo, la posible contaminación de la estufa utilizada en la incubación podría haber introducido microorganismos exógenos o afectado la interpretación de los resultados, por lo que al ser una técnica que requiere de múltiples pasos, la probabilidad de contaminación es considerablemente mayor que en PCR.

3.3.2 Propuestas para Estudios Futuros

La incorporación creciente de técnicas moleculares avanzadas como la metagenómica y la PCR en tiempo real (qPCR) en la gestión ambiental representa un avance significativo en la capacidad de monitorear y caracterizar la contaminación microbiológica en ecosistemas marinos. Estas herramientas no solo permiten identificar la presencia de microorganismos patógenos con alta sensibilidad y especificidad, sino que además reducen considerablemente los tiempos de respuesta, lo que es crucial para una toma de decisiones rápida y oportuna en términos de salud pública y gestión ambiental (Noble et al. 2010; Shannon et al. 2007).

La qPCR, ofrece la ventaja de cuantificar directamente la abundancia de genes específicos relacionados con patogenicidad o resistencia antimicrobiana, lo que proporciona una evaluación más precisa del riesgo microbiológico real, algo que no es posible con métodos tradicionales como el NMP (Smith & Osborn, 2009). En este contexto, su aplicación en aguas marinas impactadas por efluentes sanitarios permitiría no solo detectar rápidamente la presencia de patógenos claves, sino también identificar patrones temporales y espaciales de contaminación, facilitando así el diseño de estrategias de mitigación adaptativas (Lu et al. 2015; Mosteo et al. 2013).

Estudios recientes han demostrado que la combinación de enfoques metagenómicos con análisis dirigidos como la qPCR permite obtener una visión más completa de la composición microbiana y la carga de genes de resistencia en cuerpos de agua (Li et al. 2015; Zhang et al. 2021). Esta metodología es especialmente relevante para ecosistemas marinos costeros, donde la presión antropogénica y la descarga de efluentes generan comunidades microbianas complejas, con la coexistencia de bacterias ambientales y patógenas (Qin et al. 2010).

En Chile, la adopción de estas tecnologías responde a una necesidad urgente de modernizar los programas de monitoreo ambiental, como el Programa de Vigilancia Ambiental y el cumplimiento de la Norma Chilena NCh1333, en concordancia con el enfoque preventivo y precautorio promovido por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) (Rodríguez-Luna et al. 2022). Implementar qPCR y metagenómica en estudios futuros no solo permitiría alinearse con tendencias internacionales en materia de gestión sanitaria de aguas (Jiménez et al. 2021), sino que también fortalecería la capacidad de evaluar la calidad microbiológica de manera más eficiente y precisa, mejorando así la protección de la salud pública y la conservación de ecosistemas marinos altamente vulnerables (WHO 2021; Cabral 2010).

En definitiva, la integración de técnicas moleculares avanzadas como qPCR y metagenómica representa una oportunidad clave para transformar los programas de monitoreo ambiental en Chile, proporcionando herramientas más robustas para la detección temprana de patógenos, la evaluación de riesgos emergentes y la gestión adaptativa de la calidad de las aguas en un contexto de creciente presión antrópica sobre las

zonas costeras (Thompson et al. 2017; Satam et al. 2023).

CONCLUSIÓN

El presente estudio demuestra que la combinación de métodos microbiológicos y moleculares permite una evaluación más precisa de la contaminación bacteriana en agua de mar cercana a efluentes sanitarios. En particular, la técnica de PCR convencional mostró una mayor sensibilidad y especificidad en la detección de patógenos en comparación con el método NMP, cuyas limitaciones técnicas asociadas a la evaporación de tubos y a la posible contaminación relacionada con la extensión de su protocolo disminuyen la eficiencia de sus resultados. Los resultados obtenidos resaltan la importancia de seleccionar adecuadamente los medios de cultivo según los microorganismos objetivo, principalmente mediante métodos microbiológicos tradicionales, incluso si se complementan los resultados con las técnicas moleculares.

El método del NMP en cinco días permitió detectar coliformes fecales en una concentración más alta de la permitida por normativa en tres de los puntos de muestreo analizados. La técnica de PCR permitió evidenciar en un día una alta

prevalencia de bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Legionella pneumophila* en las muestras analizadas, reforzando la preocupación sobre el impacto de los efluentes en la calidad del agua y su potencial riesgo para la salud pública en la Playa Negra, Concón. La especificidad de estos resultados, desde una perspectiva metodológica, resalta la necesidad de adoptar técnicas moleculares para poder detectar de forma precisa y rápida los patógenos persistentes optimizando la gestión ambiental.

Futuros estudios deberían considerar la evaluación cuantitativa mediante qPCR y la incorporación de técnicas metagenómicas para fortalecer y robustecer los resultados y así su aplicabilidad en programas de monitoreo ambiental y normativa sanitaria. El presente estudio sugiere la integración del enfoque molecular en la vigilancia microbiológica lo que contribuiría significativamente a la prevención de riesgos sanitarios y la conservación de los ecosistemas marinos en zonas influenciadas por efluentes sanitarios como el sector de Playa Negra, Concón.

LITERATURA CITADA

Abo-Amer, A. E., Soltan, E. M., & Abu-Gharbia, M. A. (2008). Molecular

approach and bacterial quality of drinking water of urban and rural communities in Egypt. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 55(3), 311–326. <https://doi.org/10.1556/amicr.55.2008.3.3>

Anderson, A. C., Jonas, D., Huber, I., Karygianni, L., Wölber, J., Hellwig, E., Arweiler, N., Vach, K., Wittmer, A., & Al-Ahmad, A. (2016). *Enterococcus faecalis* from food, clinical specimens, and oral sites: Prevalence of virulence factors in association with biofilm formation. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1534. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01534>

American Public Health Association. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. <https://www.standardmethods.org/>

Baird, R. B., Eaton, A. D., & Rice, E. W. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association.

Cabral, J. P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(10), 3657–3703. <https://doi.org/10.3390/ijerph7103657>

Córdova, S., Gaete, H., Aránguiz, F., & Figueroa, R. (2009). Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. *Latin American Journal of*

Aquatic Research, 37(2), 199–209.
<https://doi.org/10.3856/vol37-issue2-fulltext-7>

Delgado-Viscogliosi, P., Solignac, L., & Delattre, J. (2009). Viability PCR, a culture-independent method for rapid and selective quantification of viable *Legionella pneumophila* cells in environmental water samples. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(11), 3502–3512.
<https://doi.org/10.1128/aem.02878-08>

Espinoza, G. (2001). *Fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Fávero, G., & Katz, R. (2004). Gestión ambiental en Chile. En F. Larraín & R. Vergara (Eds.), *La transformación económica de Chile* (pp. 248–266).

Gamberini, V. C., Ruiz, C. H., & Morales, C. B. (2019). Aportes y desafíos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) a la conservación de la biodiversidad en Chile.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7170560>

Gilbert, J. A., Jansson, J. K., & Knight, R. (2012). The Earth Microbiome project: successes and aspirations. *BMC Biology*, 10(1), 1-5.

<https://doi.org/10.1186/s12915-014-0069-1>
Grimont, F., Lejay-Collin, M., Talukder, K. A., Carle, I., Issenhuth, I., Roux, K. L., & Grimont, P. A. D. (2007). Identification of a group of shigella-like isolates as *Shigella*

boydii. 20. *Journal Of Medical Microbiology*, 56(6), 749-754.
<https://doi.org/10.1099/jmm.0.46818-0>

Handelsman, J., Rondon, M. R., Brady, S. F., Clardy, J., & Goodman, R. M. (2007). Molecular biological access to the chemistry of unknown soil microbes: a new frontier for natural products. *Chemistry & Biology*, 5(10), R245-R249.
[https://doi.org/10.1016/s1074-5521\(98\)90108-9](https://doi.org/10.1016/s1074-5521(98)90108-9)

Horáková, K., Mlejnková, H., & Mlejnek, P. (2006). Direct detection of bacterial faecal indicators in water samples using PCR. *Water Science & Technology*, 54(3), 135-140.

<https://doi.org/10.2166/wst.2006.459>

Hugenholtz, P., & Tyson, G. W. (2008). Microbiology: metagenomics. *Nature*, 455(7212), 481-483.
<https://doi.org/10.1038/455481a>

Jiménez, J., Carabeo-Pérez, A., & Guerra-Rivera, G. (2021). Métodos moleculares avanzados para el monitoreo de muestras ambientales: una propuesta para Cuba. Zenodo (CERN European Organization For Nuclear Research).
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6338132>

Kao, P., Hsu, B., Hsu, T., Ji, W., Huang, P., Hsueh, C., Chiang, C., Huang, S., & Huang, Y. (2014). Application of TaqMan fluorescent probe-based quantitative real-time PCR assay for the environmental survey of *Legionella* spp. and *Legionella*

pneumophila in drinking water reservoirs in Taiwan. *The Science Of The Total Environment*, 490, 416-421.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.103>

Li, B., Ju, F., Cai, L., & Zhang, T. (2015). Profile and Fate of Bacterial Pathogens in Sewage Treatment Plants Revealed by High-Throughput Metagenomic Approach. *Environmental Science & Technology*, 49(17), 10492-10502.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02345>

Li, Y., Tang, M., Lu, S., Zhang, X., Fang, C., Tan, L., Xiong, F., Zeng, H., & He, S. (2024). A Comparative Evaluation of eDNA Metabarcoding Primers in Fish Community Monitoring in the East Lake. *Water*, 16(5), 631.
<https://doi.org/10.3390/w16050631>

Lu, X., Zhang, X., Wang, Z., Huang, K., Wang, Y., Liang, W., Tan, Y., Liu, B., & Tang, J. (2015). Bacterial Pathogens and Community Composition in Advanced Sewage Treatment Systems Revealed by Metagenomics Analysis Based on High-Throughput Sequencing. *PLoS ONE*, 10(5), e0125549.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125549>

Metzker, M. L. (2010). Sequencing technologies—the next generation. *Nature Reviews Genetics*, 11(1), 31-46.
<https://doi.org/10.1038/nrg2626>

Molina, F., López-Acedo, E., Tabla, R., Roa, I., Gómez, A., & Rebollo, J. E. (2015). Improved detection of *Escherichia coli* and coliform bacteria by multiplex PCR. *BMC Biotechnology*, 15(1).
<https://doi.org/10.1186/s12896-015-0168-2>

Mosteo, R., Ormad, M. P., Goñi, P., Rodríguez-Chueca, J., García, A., & Clavel, A. (2013). Identification of pathogen bacteria and protozoa in treated urban wastewaters discharged in the Ebro River (Spain): water reuse possibilities. *Water Science & Technology*, 68(3), 575-583.
<https://doi.org/10.2166/wst.2013.201>

Noble, R. T., Blackwood, A. D., Griffith, J. F., McGee, C. D., & Weisberg, S. B. (2010). Comparison of rapid quantitative PCR-based and conventional methods for enumeration of *Enterococcus* spp. and *Escherichia coli* in recreational waters. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(22), 7437-7443.
<https://doi.org/10.1128/AEM.00651-10>

Qin, J., Li, R., Raes, J., Arumugam, M., Burgdorf, K. S., Manichanh, C., . . . Wang, J. (2010). A human gut microbial gene catalogue established by metagenomic sequencing. *Nature*, 464(7285), 59-65.
<https://doi.org/10.1038/nature08821>

Ramos-Ortega, L. M., Vidal, L. A., Vilar, S., & Saavedra-Díaz, L. (2008). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía

de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biológica colombiana. Scielo* 13(3), 85-96.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2008000300007&lng=en&tlng=es

Riesenfeld, C. S., Schloss, P. D., & Handelsman, J. (2004). Metagenomics: genomic analysis of microbial communities. *Annual Review of Genetics*, 38, 525-552.
<https://doi.org/10.1146/annurev.genet.38.072902.091216>

Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista de la Escuela Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247.
<https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

Rodríguez-Luna, D., Alcalá, F. J., Encina-Montoya, F., & Vela, N. (2022). The Environmental Impact Assessment of Sanitation Projects in Chile: Overview and Improvement Opportunities Focused on Follow-Ups. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(7), 3964.
<https://doi.org/10.3390/ijerph19073964>

Rusch, D. B., Halpern, A. L., Sutton, G., Heidelberg, K. B., Williamson, S., Yooseph, S., . . . Venter, J. C. (2007). The Sorcerer II Global Ocean Sampling Expedition: Northwest Atlantic through

Eastern Tropical Pacific. *PLoS Biology*, 5(3), e77.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050077>

Satam, H., Joshi, K., Mangrolia, U., Waghoo, S., Zaidi, G., Rawool, S., . . . Malonia, S. K. (2023). Next-Generation Sequencing Technology: Current Trends and Advancements. *Biology*, 12(7), 997.
<https://doi.org/10.3390/biology12070997>

Schmieder, R., & Edwards, R. (2011). Quality control and preprocessing of metagenomic datasets. *Bioinformatics*, 27(6), 863-864
<<https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr026>>

SEA. s.f. Sistema de registro de consultores certificados.
https://rconsultores.sea.gob.cl/buscar_consultor. Consultado el 04 de junio de 2014.

Shannon, K., Lee, D., Trevors, J., & Beaudette, L. (2007). Application of real-time quantitative PCR for the detection of selected bacterial pathogens during municipal wastewater treatment. *The Science Of The Total Environment*, 382(1), 121-129.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.02.039>

Smith, C.J., & Osborn, A. M. (2009). Advantages and limitations of quantitative PCR (Q-PCR)-based approaches in microbial ecology. *FEMS Microbiology Ecology*, 67(1), 6-20.

<https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00629.x>

Tayeb, A., Chellali, M. R., Hamou, A., & Debbah, S. (2015). Impact of urban and industrial effluents on the coastal marine environment in Oran, Algeria. *Marine Pollution Bulletin*, 98(1-2), 281-288.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.013>

Thompson, L. R., Sanders, J. G., McDonald, D., Amir, A., Ladau, J., Locey, K. J., . . . Zhao, H. (2017). A communal catalogue reveals Earth's multiscale microbial diversity. *Nature*, 551(7681), 457-463.

<https://doi.org/10.1038/nature24621>

WHO. (2021). Water sanitation hygiene. World Health Organization. <https://www.who.int/>

Wu, J., Zhang, W., Xie, B., Wu, M., Tong, X., Kalpoe, J., & Zhang, D. (2008). Detection and Toxin Typing of *Clostridium perfringens* in Formalin-Fixed, Paraffin-Embedded Tissue Samples by PCR. *Journal Of Clinical Microbiology*, 47(3), 807-810.

<https://doi.org/10.1128/jcm.01324-08>

Zhang, S., Li, X., Wu, J., Coin, L., O'Brien, J., Hai, F., & Jiang, G. (2021). Molecular Methods for Pathogenic Bacteria Detection and Recent Advances in Wastewater Analysis. *Water*, 13(24), 3551. <https://doi.org/10.3390/w13243551>

4.- Sostenibilidad e Innovación Tecnológica

Desarrollo de materiales adsorbentes a partir de pelo canino para la eliminación de tintes en agua: evaluación comparativa entre material crudo y tratado con KOH

Autor: Soares Souza, Kaique; Kaique_soares@hotmail.com

Orientador/a: Colombo, Renata; renatacolomb@gmail.com

Universidad de origen / Facultad, Centro o Instituto: Universidade de São Paulo – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade

Resumen

La contaminación de los sistemas hídricos por colorantes sintéticos representa un desafío ambiental significativo, debido a su persistencia, toxicidad y resistencia a la degradación biológica. En este trabajo se desarrolló un material adsorbente sostenible a partir de pelo canino (in natura y tratado químicamente con KOH) para la remoción del colorante azo Reactive Orange 16 (RO16). El procedimiento consistió en la molienda del pelo, seguido de tratamientos químicos, determinación del punto de carga cero (pHPZC), ensayos de adsorción variando la masa del adsorbente (0,02 g, 0,02, 0,05, 0,1, 0,2; 0,3, 0,5g), pH (2–10), tiempo de contacto (5–120 min), concentración inicial (10–50 mg/L) y temperatura (25–60 °C). Los resultados indicaron que el material tratado presentó una mayor capacidad de adsorción en comparación con el in natura, destacándose la masa de 0,2 g como la condición más eficiente. El pHPZC se determinó en pH 6, lo que demuestra la influencia de la carga superficial en la interacción adsorbato–adsorbente. El estudio cinético siguió el modelo de pseudo-segundo orden, mientras que las isothermas se ajustaron mejor al modelo de Langmuir, sugiriendo adsorción monomolecular. Los parámetros termodinámicos indicaron que el proceso es espontáneo y endotérmico. Estos resultados evidencian que el pelo canino, un residuo sólido abundante y subutilizado, puede transformarse en un bioadsorbente innovador y de bajo costo para la descontaminación de aguas residuales.

Palabras clave: Adsorción, nanocompuesto, fibra de pelo canino

1. INTRODUCCIÓN

La mitigación de la contaminación hídrica y la gestión de los residuos sólidos son metas esenciales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas, especialmente los ODS 6 (Agua Potable y Saneamiento) y 12 (Producción y Consumo Responsables), fundamentales para la Agenda 2030 (ONU, 2023).

Se estima que en 2020 la generación global de residuos sólidos urbanos fue de 2,1 mil millones de toneladas, con proyecciones que indican un aumento a 3,8 mil millones de toneladas para 2050, un crecimiento del 56% (ONU, 2024). En Brasil, en 2023, se generaron aproximadamente 80,9 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, de las cuales 40,6 millones se destinaron a rellenos sanitarios, mientras que alrededor de 28,7 millones tuvieron una disposición inadecuada (ABREMA, 2024).

Tanto la disposición final regular como la inadecuada de estos residuos generan impactos socioambientales severos, como la contaminación del suelo y del agua, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y efectos adversos en la salud pública, además de la ocupación indebida de áreas que podrían tener usos más productivos (ONU, 2024).

Entre los residuos con crecimiento expresivo en Brasil y el mundo, destacan los provenientes del mercado de

mascotas, impulsado por el aumento del número de animales de compañía y por el crecimiento del gasto en su cuidado. La Asociación Brasileña de la Industria de Productos para Animales de Compañía (ABINPET) estima que existen más de 160 millones de mascotas en Brasil, siendo los perros la mayor proporción, con 62 millones. El sector creció un 12% respecto a 2023 y facturó alrededor de R\$ 77 mil millones en 2024 (ABINPET, 2025). A nivel global, el mercado de mascotas fue valorado en USD 304 mil millones en 2023, con un crecimiento anual proyectado del 6,8% hasta 2032, siendo el segmento de perros aproximadamente el 81% del total (GRAND VIEW RESEARCH, 2025).

El crecimiento de los servicios y productos para mascotas plantea un desafío ambiental significativo: la gestión de los residuos generados. Envases, alimentos, juguetes, pelos, excrementos, arena/gránulos y residuos de vacunas y medicamentos se descartan, en su mayoría, en rellenos sanitarios o vertederos (POLEGATO, 2017; HAN, 2023). Según la Pet Sustainability Coalition, el 99% de los residuos generados por mascotas terminan en vertederos cada año (POLEGATO, 2017). En Brasil, la Resolución CONAMA n° 358/2005 y la RDC n° 222/2018 de Anvisa regulan la disposición de los residuos de servicios de salud, incluidos los

veterinarios. Sin embargo, no existen directrices específicas para la disposición de pelos caninos, que terminan siendo recolectados por el servicio urbano y enviados a rellenos sanitarios (CONAMA, 2005; ANVISA, 2018).

Encontrar datos estadísticos específicos sobre la generación anual de residuos de pelos es un desafío, ya que esta información no está tan ampliamente documentada como otros tipos de residuos. Sin embargo, se estima que una cantidad sustancial de este material contribuye al volumen total de residuos sólidos urbanos dispuestos en rellenos o de manera irregular (POLEGATO, 2017; HAN, 2023). Algunos estudios han demostrado los posibles impactos de los residuos de mascotas, incluidos los pelos, en la calidad del agua y en la emisión de gases de efecto invernadero (WASTE, 2020).

En este contexto, se han explorado estrategias de reutilización, incluyendo el uso de fibras capilares como adsorbentes para la descontaminación ambiental e hídrica (LABOPEN, 2023; DW BRASIL, 2024). Los pelos de perros presentan características estructurales que los hacen prometedores para este fin, ya que su morfología porosa y fibrosa permite la retención física de diversas moléculas (GOMES, 2024; SILVA, 2020).

Los tratamientos químicos, como la alcalinización, modifican

permanentemente las fibras, aumentando su rugosidad superficial y exponiendo grupos funcionales presentes en la queratina, como tiol (-SH), amino (-NH₂), carboxilo (-COOH) e hidroxilo (-OH), incrementando la capacidad adsorbente de las fibras mediante enlaces de hidrógeno y otras fuerzas intermoleculares con las moléculas de los contaminantes (SILVA et al., 2022; MORA-MALDONADO, 2023).

Ante este panorama, esta investigación propone el aprovechamiento de pelos caninos residuales para el desarrollo de materiales adsorbentes sostenibles y eficaces en la remoción de contaminantes en agua.

La aplicación del material desarrollado se centrará en colorantes industriales debido a la relevancia ambiental y económica de la eliminación de estos contaminantes en efluentes líquidos. Los colorantes se utilizan ampliamente en industrias textiles, de papel, cuero, plásticos y cosméticos, y su disposición inadecuada representa un problema significativo para los cuerpos de agua. Debido a su compleja estructura química y alta estabilidad, muchos colorantes son resistentes a la degradación biológica y persisten en el medio ambiente, dificultando su eliminación mediante métodos convencionales de tratamiento de efluentes (ALMEIDA et al., 2025).

Además de los impactos ecológicos, la

presencia de colorantes en el agua reduce la penetración de la luz solar, afectando el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y comprometiendo la fotosíntesis de organismos esenciales. Algunos colorantes también presentan potencial tóxico y carcinogénico, representando riesgos directos para la salud humana y animal (SALAH et al., 2024). Estudios recientes han demostrado que adsorbentes basados en materiales sostenibles, como nanocompuestos de carbono activado y óxidos metálicos, son altamente eficientes en la eliminación de estos contaminantes (SAYED; AHMED; ABDALLAH, 2024).

Además de contribuir a la reducción de la contaminación hídrica, este proyecto promueve la reutilización de un residuo ampliamente descartado, contribuyendo a la economía circular y abriendo perspectivas para nuevas aplicaciones y estudios futuros en el campo de la adsorción y el tratamiento de aguas contaminadas (MORA-MALDONADO et al., 2023).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Desarrollar un material adsorbente innovador a partir de pelos de perros y evaluar su eficiencia en la eliminación de contaminantes en agua.

2.2 Objetivos específicos

- a) Tratar químicamente las fibras capilares;
- b) Utilizar las fibras capilares in natura y tratadas como adsorbentes directos;
- c) Caracterizar físico-químicamente los materiales adsorbentes producidos;
- d) Evaluar la eficiencia de las fibras tratadas y no tratadas en la eliminación de colorantes en agua;
- e) Evaluar el desempeño del adsorbente en el tratamiento de efluentes industriales reales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de la fibra capilar canina:

Los pelos fueron recolectados en establecimientos de baño y peluquería canina, sin realizar distinciones por color o raza de los animales, con el objetivo de garantizar la viabilidad de la recolección a mayor escala y la futura producción de adsorbentes de manera industrial. La selección aleatoria de las fibras permitió obtener una muestra representativa, asegurando la homogeneidad y la reproducibilidad de los resultados experimentales.

Preprocesamiento de la fibra capilar

canina: Las fibras capilares recolectadas fueron sometidas a un proceso exhaustivo de limpieza y desinfección siguiendo el protocolo de Foga et al., 2024. Inicialmente, los pelos se agitaron mecánicamente en agua potable durante 3 minutos, y posteriormente se filtraron para eliminar el exceso de agua. A continuación, se realizó una inmersión de las fibras en detergente neutro diluido al 0,8% durante 30 minutos, seguida de un nuevo filtrado para retirar la solución de limpieza. Posteriormente, los pelos se sumergieron durante 10 minutos en una solución de hipoclorito de sodio al 0,1% para asegurar la desinfección completa. Finalmente, las fibras fueron secadas a temperatura ambiente durante 24 horas, obteniéndose un material limpio, estable y listo para el tratamiento químico.

Tratamiento de los pelos: El tratamiento químico de los pelos se realizó con el fin de promover la hidrólisis de las fibras, facilitando la ruptura de los enlaces disulfuro (S–S) presentes en la molécula de cisteína y la exposición de los grupos de azufre, los cuales son relevantes para la interacción con contaminantes. Según la metodología de Foga et al., 2024, las fibras se sumergieron en una solución de KOH 0,25 N y peróxido de hidrógeno al 9%, y se sometieron a calentamiento en baño María a 45°C durante 1 hora. Luego de este proceso, la mezcla fue filtrada y

las fibras tratadas se secaron en estufa a 70°C durante 24 horas, obteniéndose un material funcionalizado y con mayor capacidad de adsorción.

Caracterización físico-química de las

fibras tratadas: Las fibras resultantes fueron caracterizadas mediante técnicas convencionales de análisis de materiales. Se utilizó Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) para observar la morfología superficial y detectar cambios estructurales tras el tratamiento químico. La Espectroscopía de Infrarrojo (FTIR) permitió identificar los grupos funcionales presentes y verificar la exposición de los grupos de azufre. La Difracción de Rayos X (DRX) se empleó para determinar la estructura cristalina de las fibras, y el análisis de Área Superficial (BET) se realizó para evaluar la porosidad y la superficie disponible para la adsorción de contaminantes.

Pruebas de adsorción: Se evaluó el desempeño de las fibras tratadas como adsorbentes utilizando colorantes como contaminante modelo. Los colorantes específicos se seleccionaron tras contacto con industrias alimentarias y textiles, permitiendo simular condiciones de efluentes industriales reales. Las pruebas iniciales se realizaron bajo condiciones controladas en laboratorio, variando parámetros como pH, concentración inicial del contaminante y temperatura, con el objetivo de identificar las condiciones

óptimas de adsorción. Los resultados se ajustaron a los modelos de Langmuir y Freundlich para describir la capacidad de adsorción, y se realizaron estudios cinéticos aplicando los modelos pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich. Además, se llevaron a cabo análisis termodinámicos para comprender los mecanismos implicados en la interacción adsorbente-adsorbato. Todos los procedimientos permitieron confirmar la eficacia de las fibras capilares caninas tratadas para la remoción de contaminantes en sistemas acuosos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Optimización de la cantidad de adsorbente

La cantidad de adsorbente es un factor crítico para la eficiencia y la viabilidad económica del proceso de adsorción. Para ambos los materiales, la optimización buscó determinar la masa ideal para los estudios posteriores.

Tabla 1 – Cabello natural: optimización de la cantidad de adsorbente

Quantidade de Pelo (g)	Ce (mg/L)	% de Remoção (%R)
0,02	45,84	9,40%
0,05	42,42	16,20%
0,1	40,77	19,50%
0,2	34,77	31,33%
0,3	24,74	51,22%
0,5	15,43	69,70%

Para el pelo in natura, la eliminación del colorante aumentó progresivamente con la masa de adsorbente, alcanzando un 69,70% con 0,5 g (Tabla 1). Para el pelo tratado con KOH, la tendencia fue similar, pero con porcentajes menores, alcanzando un máximo de 30,73% con 0,5 g (Tabla 2).

Tabla 2 – Cabello tratado con KOH: optimización de la cantidad de adsorbente

Quantidade de Pelo (g)	Ce (mg/L)	% de Remoção (%R)
0,02	55,4	0,79%
0,05	55,21	1,15%
0,1	53,89	3,49%
0,2	49,94	10,56%
0,3	45,97	17,70%
0,5	38,68	30,73%

Decisión de la masa de 0,2 g: Aunque 0,5 g proporcionó las mayores tasas de eliminación, se eligió 0,2 g para los estudios posteriores (pH, cinética, isothermas y termodinámica) como un compromiso entre eficiencia de remoción y optimización de recursos. Este valor permite evaluar las variaciones cinéticas y de equilibrio de forma más clara y representa un consumo moderado de adsorbente para experimentos de larga duración.

Gráfico 1 – % de eliminación vs. cantidad de adsorbente

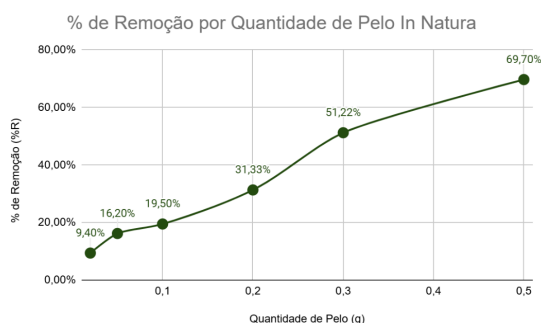
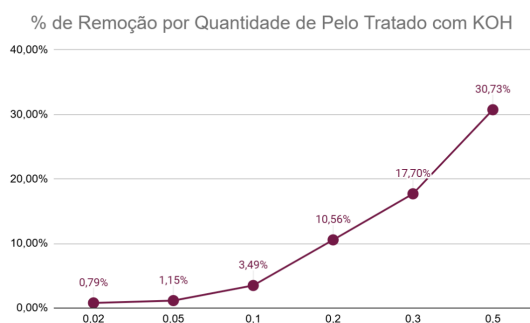


Gráfico 2 – % de eliminación vs. cantidad de adsorbente



4.2 EFECTO DEL PH

El pH de la solución influye en la ionización del colorante y en la carga superficial del adsorbente.

- Pelo in natura: La eficiencia de remoción disminuyó con el aumento del pH, alcanzando su máximo en pH 2 (99,12%). Esto sugiere que en condiciones ácidas, los grupos funcionales de la superficie del pelo se protonan, aumentando la afinidad por el colorante aniónico.
- Pelo tratado con KOH: También mostró máxima eliminación en pH 2 (97,96%), pero con una caída

pronunciada en pHs más altos, lo que indica diferencias sutiles en los sitios activos tras el tratamiento químico.

Gráfico 3 – % de remoção vs. pH

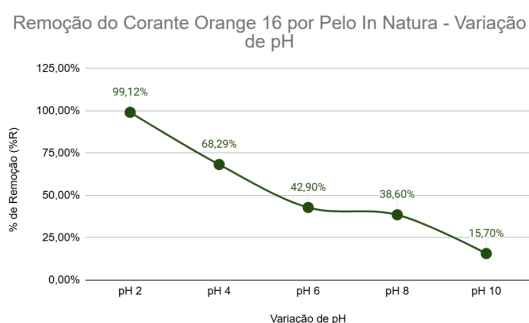
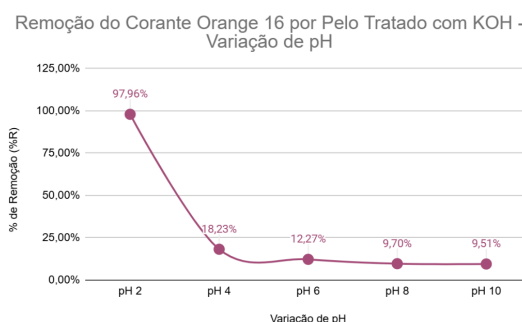


Gráfico 4 – % de remoção vs. pH



4.3 ESTUDIO CINÉTICO

La cinética determinó la velocidad de adsorción y el mecanismo predominante.

- **Pelo in natura:** Los datos se ajustaron perfectamente al modelo de Pseudo-Segunda Orden ($R^2 = 1$), indicando quimisorción como mecanismo dominante. La capacidad de equilibrio (q_e) fue ~222,7 mg/g, evidenciando un adsorbente altamente eficiente.
- **Pelo tratado con KOH:** También siguió Pseudo-Segunda Orden (R^2

= 1), pero con $q_e \approx 8,20$ mg/g, considerablemente menor que el in natura, indicando menor capacidad de adsorción, probablemente por modificaciones estructurales limitando la disponibilidad de sitios activos.

Gráfico 5 – Cinética de adsorção (% de remoção vs. tempo)

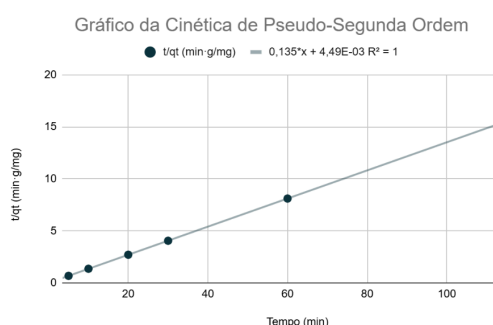
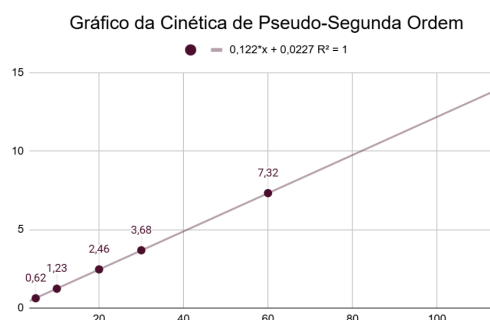


Gráfico 6 – Cinética de adsorção (% de remoção vs. tempo)



4.4 ESTUDIO DE ISOTERMAS

Las isotermas reflejan la interacción adsorbente-adsorbato y la distribución en equilibrio.

- Pelo in natura: El modelo de Freundlich se ajustó mejor ($R^2 =$

0,993), indicando adsorción en superficie heterogénea y multicapa, con $1/n = 2,81$, mostrando alta favorabilidad. El modelo de Langmuir fue inadecuado, presentando $q_{\max}$ negativo.

- Pelo tratado con KOH: Freundlich también fue el modelo más adecuado ($R^2 = 0,715$), aunque menos robusto que el in natura. Langmuir nuevamente fue inapropiado. $1/n = 2,47$ indica adsorción favorable, pero capacidad limitada por heterogeneidad.

Gráfico 7 – Isotermas de adsorção

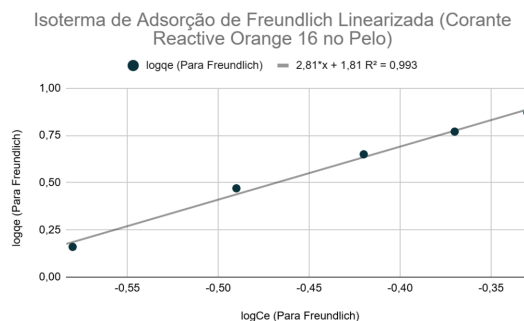
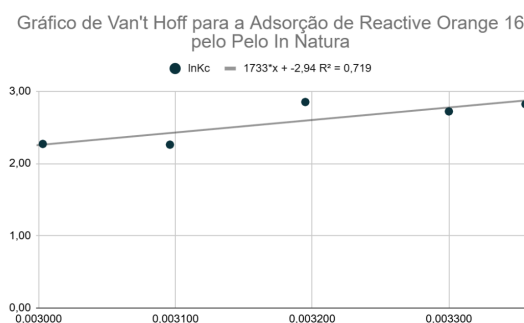
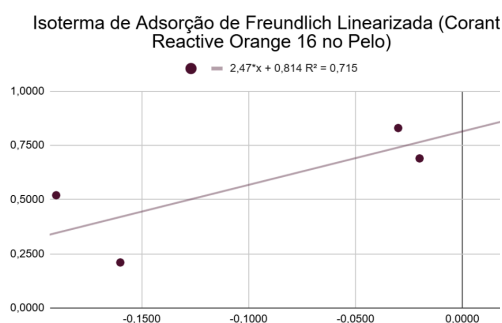


Gráfico 8 – Isotermas de adsorção
KOH



4.5 ESTUDIO TERMODINÁMICO

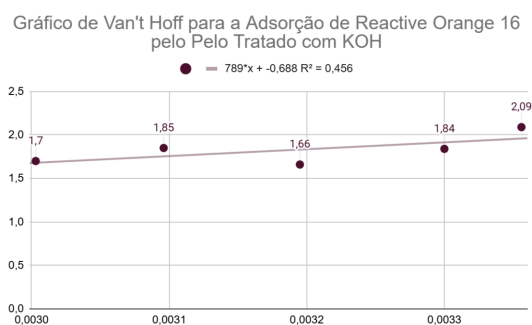
La adsorción fue uperfície y exotérmica en todos los casos:

- Pelo in natura: $\Delta H^\circ = -14,41$ kJ/mol; $\Delta S^\circ = -0,0244$; ΔG° negativo para todas las temperaturas.
- Pelo tratado con KOH: $\Delta H^\circ = -6,56$ kJ/mol; $\Delta S^\circ = -0,00572$; ΔG° negativo, indicando menor uperfície energética que el in natura pero manteniendo uperfícieade.

Discusión: La mayor exotermicidad del pelo in natura refleja uperfíciea más uperfí uperf colorante, mientras que el pelo tratado conserva uperfícieade con menor uperfície de calor, consistente con su menor q_e.

Gráfico 9 – Termodinâmica da adsorção

Gráfico 10 – Termodinâmica da adsorção



4.6 PONTO DE CARGA ZERO (PCZ)

Pelo in natura: PCZ $\approx 5,90$, indicando carga positiva en pH < 5,90, uperfíc con mayor adsorción en pH 2.

Pelo tratado con KOH: PCZ $\approx 8,96$, mostrando que el uperfície químico uperfície la basicidad de la uperfície, optimizando la adsorción en pH ácido.

Gráfico 11 – Ponto de Carga Zero (PCZ)

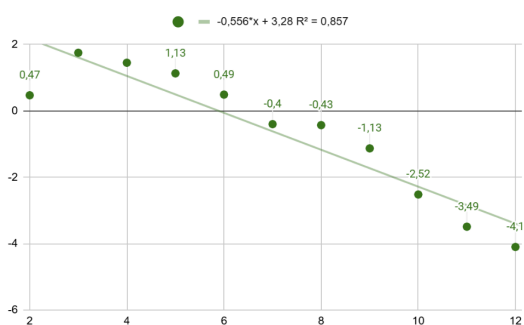
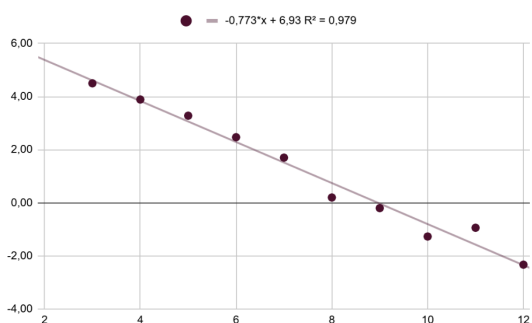


Gráfico 12 – Ponto de Carga Zero (PCZ)



5. CONCLUSIONES

El pelo canino in natura demostró un mejor desempeño en la remoción de colorantes en comparación con el pelo tratado con KOH, alcanzando mayores porcentajes de adsorción y capacidad en equilibrio. Ambos materiales mostraron máxima eficiencia en pH ácido y la quimisorción fue el mecanismo dominante. El tratamiento con KOH elevó el punto de carga cero y amplió la capacidad de interacción en pH más alto, pero redujo la capacidad máxima de adsorción. Estos resultados confirman que el pelo canino es un adsorbente sostenible y versátil, siendo el in natura la opción más eficaz para la remoción de colorantes.

LITERATURA

- ABINPET. (2025). *Datos del mercado de animales de compañía en Brasil*. Asociación Brasileña de la Industria de Productos para Animales de Compañía.
- ABREMA. (2024). *Informe sobre residuos sólidos urbanos en Brasil*. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.
- ALMEIDA, R., SILVA, P., & COSTA, F. (2025). *Tratamiento de efluentes industriales con colorantes: tecnologías de adsorción y remoción*. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, 12(3), 45-60.
- ANVISA. (2018). *RDC nº 222/2018*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
- CONAMA. (2005). *Resolução CONAMA nº 358/2005*. Conselho Nacional do Meio Ambiente.
- DW BRASIL. (2024). *Uso de fibras naturales en la adsorción de contaminantes en aguas*. Deutsche Welle Brasil.
- FOGA, J., SILVA, M., & ALMEIDA, L. (2024). *Tratamiento y caracterización de fibras capilares caninas para adsorción de contaminantes*. Journal de

- Ciencias Ambientales, 19(2), 101-118.
- GOMES, L. (2024). *Potencial de adsorción de fibras capilares de perros en la remoción de contaminantes acuáticos*. *Jornal de Ciências Ambientais*, 18(2), 101-115.
- GRAND VIEW RESEARCH. (2025). *Global pet market size, share & trends report 2023-2032*. Grand View Research.
- HAN, J. (2023). *Impactos ambientales de residuos de animales de compañía*. *Environmental Science Journal*, 15(1), 33-48.
- LABOPEN. (2023). *Reutilización de residuos capilares en la descontaminación de aguas*. *Laboratório Aberto de Pesquisa em Sustentabilidade*.
- MORA-MALDONADO, J. (2023). *Química de superficies y modificación de fibras para adsorción*. *Journal of Environmental Materials*, 9(4), 211-225.
- MORA-MALDONADO, J., SILVA, A., & GONZÁLEZ, P. (2023). *Adsorción de contaminantes en agua usando materiales sostenibles*. *Sustainability Science Journal*, 11(2), 56-70.
- ONU. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Agenda 2030*. Organización de las Naciones Unidas.
- ONU. (2024). *Informe sobre generación mundial de residuos sólidos urbanos*. Naciones Unidas.
- POLEGATO, G. (2017). *Gestión de residuos de mascotas: impactos y perspectivas*. *Revista de Gestión Ambiental*, 10(2), 55-68.
- SALAH, M., ALI, R., & HASSAN, K. (2024). *Efectos de colorantes industriales en ecosistemas acuáticos y salud pública*. *Environmental Toxicology Journal*, 20(1), 77-92.
- SAYED, A., AHMED, S., & ABDALLAH, H. (2024). *Adsorbentes sostenibles para colorantes industriales: nanocompuestos y óxidos metálicos*. *Journal of Cleaner Production*, 45(6), 123-138.
- SILVA, R. (2020). *Propiedades de fibras capilares caninas para aplicaciones en adsorción*. *Revista de Ciencias Químicas*, 14(3), 88-99.
- SILVA, R., MENDES, L., & ALMEIDA, F. (2022). *Modificación química de fibras naturales y su efecto en adsorción de contaminantes*. *Journal of Environmental Chemistry*, 17(4), 204-218.
- WASTE. (2020). *Impactos de residuos de mascotas en el medio ambiente*. *Waste Management International*, 22(5), 112-127.



4. Sustentabilidad

Configuración urbana, movilidad y calidad ambiental: un enfoque interdisciplinario para una planificación urbana sostenible en Villa Lynch

Autor: Santiago Escandar e-mail: snescandar@estudiantes.unsam.edu.ar

Co-autores: Arq. Agustina M. Martorell, Dra. Arq. Lorena Vecslir, Dra. Vanesa N. Salomone

Orientador/a: Vanesa N. Salomone e-mail: vsalomone@unsam.edu.ar

Universidad Nacional de San Martín/Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, Centro de Investigación sobre Territorio, Transporte y Ambiente (CITTA), Campus Miguelete, 25 de mayo y Francia, 1650-San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Resumen

El crecimiento continuo de las ciudades constituye uno de los principales factores que intensifican las crisis ambientales globales (Moreno, 2004). Frente a este escenario, los modelos tradicionales de planificación urbana no han logrado integrar de manera efectiva las dimensiones: ambiental, urbanística y de movilidad, necesarias para mitigar estos impactos y transitar hacia entornos urbanos más sostenibles. Esta problemática se manifiesta con claridad en barrios como Villa Lynch, en el Partido de General San Martín (PGSM, Región Metropolitana de Buenos Aires), donde el tejido urbano revela una fuerte mixtura funcional: viviendas, establecimientos productivos de pequeña y mediana escala, comercios y servicios, conviven en proximidad, como resultado de un proceso de urbanización histórico, fragmentado y escasamente regulado. A esta complejidad se suman transformaciones recientes promovidas por el cambio normativo del Código de Ordenamiento Urbano (PGSM), orientadas a aumentar la densidad residencial y el consumo de escala metropolitana (Martorell, 2024). Esto plantea interrogantes sobre la compatibilidad de algunas actividades en el tejido urbano, así como sus implicancias en el ambiente y la calidad de vida urbana.

En este marco, el proyecto aborda de manera interdisciplinaria la evaluación de la calidad ambiental del barrio de Villa Lynch, integrando saberes de distintas áreas, el urbanismo, el transporte y las ciencias ambientales. El objetivo es desarrollar indicadores que vinculen variables morfológicas, funcionales, ambientales y de movilidad, con el fin de aportar herramientas útiles para la planificación urbana sostenible. Una de las herramientas empleadas en el urbanismo ecológico y la planificación urbana integrada, son los perfiles de calle, porque permiten visualizar, cuantificar y relacionar espacialmente distintas variables físicas, funcionales, ambientales y sociales del espacio público. Estas

representaciones permiten diagnosticar las condiciones urbanas, ambientales y sociales de una calle o tramo urbano, y se convierten en una base técnica clave para orientar decisiones en términos de uso del suelo, movilidad, calidad ambiental, seguridad y equidad urbana (Rueda, 2010). La metodología combina trabajo de campo (medición de niveles sonoros, conteo vehicular, relevamiento de vegetación y arbolado urbano y nivel de mixtura de usos de suelo) con análisis urbanos. A partir de esta información, se elaboraron perfiles de calles representativos, que integran tres dimensiones: configuración morfotipológica y funcional (ancho de calle, presencia y dimensiones de arbolado urbano, tipología edilicia y nivel de mixtura funcional), movilidad y transporte (tipo e intensidad del tránsito, infraestructura de movilidad sostenible), y condiciones ambientales (porcentaje de superficie absorbente, cobertura vegetal, niveles de contaminación sonora y atmosférica). Esta integración permite comprender cómo la interacción de las variables urbanas y ambientales configura situaciones diferenciadas de calidad ambiental, aportando evidencia concreta para orientar políticas de ordenamiento urbano más sostenibles, que reconozcan las especificidades locales y promuevan entornos saludables, resilientes y equitativos.

Introducción

Villa Lynch, al igual que otros barrios del primer cordón del Conurbano Bonaerense, se configuró a partir de un proceso temprano de urbanización, caracterizado por la proximidad entre viviendas, pequeños y medianos establecimientos productivos, comercios y servicios (Visacovsky, 2007). Si bien la mezcla de usos y la compacidad urbana se postulan como deseables para lograr ciudades más sostenibles; la coexistencia de ciertas actividades podría no ser siempre compatible y entonces, generar conflictos urbanos y ambientales. Entre ellos, impactos negativos en la calidad del aire y el agua, ruido, mayor generación de residuos y disminución de espacios verdes

y de suelo absorbente. Esta mixtura de usos asociada entre la industria y la vivienda, si bien es parte de la consolidación morfológica del barrio, puede generar fricciones territoriales y tensiones ambientales derivadas de la superposición de actividades no siempre compatibles (Grant, 2002). En este contexto, resulta interesante estudiar el efecto de la mixtura de usos sobre la calidad de vida de la población desde un abordaje interdisciplinar.

El perfil de calles se entiende como una herramienta de análisis que permite descubrir patrones espacio-temporales vinculados tanto al uso como al entorno de las calles urbanas. Este concepto integra dos dimensiones complementarias (Yi y

Zhang, 2024). Por un lado, constituye un modelo analítico que facilita la identificación de diferentes tipologías de calles a partir de la integración de sus atributos espacio-temporales, como flujos de movilidad, intensidad de uso y variaciones horarias, con sus características físicas y ambientales. Por otro lado, se concibe como un proceso de descubrimiento de patrones a escala de calle, donde emergen relaciones entre las dinámicas de desplazamiento y el contexto urbano inmediato. Los patrones espacio-temporales a nivel de calle son menos sensibles al efecto de la escala de las unidades de investigación lo que permite explicar mejor las diferencias espaciales entre las regiones urbanas (Zhu et al. 2017). Además, constituyen un recurso clave para comprender y enriquecer las funcionalidades urbanas, entendidas como los roles que desempeñan distintas áreas de la ciudad en el sostenimiento de actividades como la residencia, el trabajo o el ocio (Xing et al. 2022). Estos perfiles no se reducen a una simple descripción morfológica; sino que representan la síntesis de interacciones entre movilidad, espacio público y calidad ambiental. Los perfiles de calles evidencian dichas interacciones y permiten comprender mejor el funcionamiento urbano cotidiano y ofrecen una base sólida para orientar la planificación y el diseño de ciudades más

sostenibles, resilientes y equitativas

Objetivos

Con el propósito de desarrollar indicadores y herramientas para la planificación urbana sostenible, se propone elaborar perfiles de calle representativos de cada nivel de mixtura en el barrio de Villa Lynch. Estos perfiles integran tres dimensiones: configuración morfológica y funcional (ancho de calle, presencia y dimensiones de arbolado urbano, tipología edilicia y nivel de mixtura funcional), movilidad y transporte (tipo e intensidad del tránsito, infraestructura de movilidad sostenible), y condiciones ambientales (porcentaje de superficie absorbente, cobertura vegetal, niveles de contaminación sonora y atmosférica).

Materiales y métodos

Área de estudio: El barrio de Villa Lynch, ubicado en el partido de General San Martín, dentro de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) (Figura 1). Villa Lynch es considerada la "capital de la industria". Su crecimiento como centro industrial está estrechamente ligado a la llegada de inmigrantes, principalmente de origen judío y libanés, a principios y mediados del siglo XX. Muchos de ellos, con experiencia en el rubro textil de sus países de origen, se establecieron en el barrio y crearon pequeños talleres y

fábricas, que luego se expandieron. Este patrón de desarrollo se diferencia de los grandes parques industriales y le da a Villa Lynch un carácter único, basado en la

industria familiar.



Figura 1. Mapa del barrio de Villa Lynch. Fuente: elaboración propia.

Caracterización del área de estudio según nivel de mixtura de usos: Para clasificar al barrio de Villa Lynch según su nivel de mixtura funcional se realizó un análisis a escala de radio censal. Esta escala permitió el acceso y uso de datos demográficos (CENSO, 2022) tales como: población y número de viviendas. Esta información, integrada con la superficie ocupada por industrias obtenida mediante el análisis de imágenes satelitales de alta resolución obtenidas de Google Earth (2024), nos permitió establecer los niveles de mixtura funcional en el barrio.

Análisis morfotipológico y funcional: Para caracterizar la configuración morfotipológica y funcional del barrio, se llevó a cabo un relevamiento a campo detallado de las calles representativas. Esto permitió documentar la tipología

edilicia predominante (viviendas unifamiliares, edificios de departamentos, industrial, comercial), así como la superficie construida, el ancho de la calle y la presencia del arbolado urbano.

Análisis de movilidad y transporte: Para evaluar el tipo e intensidad de tránsito en cada nivel de mixtura, se llevó a cabo una caracterización vehicular en hora pico. Se seleccionaron sitios de muestreo estratégicos donde se realizó un conteo de vehículos durante 15 minutos. El registro incluyó el tipo y número de vehículos, categorizándolos de la siguiente manera:

- Transporte liviano: motos, autos y camionetas de pequeño tamaño.
- Tránsito pesado: camiones, camionetas grandes y vehículos tipo “traffic”.
- Transporte público: colectivos.

Para evaluar la infraestructura de movilidad sostenible en el área de estudio, se examinó el estado de las veredas y su uso. Específicamente, se analizó la ocupación de las veredas por otras actividades (ej. carteles, vehículos estacionados, basura, mercadería, etc.) que pudieran obstaculizar el tránsito peatonal y comprometer la accesibilidad.

Análisis ambientales: Para evaluar las condiciones ambientales en cada nivel de mixtura del área de estudio, se analizaron tres variables clave: la superficie absorbente, la densidad de arbolado urbano y la contaminación sonora.

- Superficie absorbente: El porcentaje de superficie absorbente se calculó analizando imágenes satelitales de alta

resolución obtenidas de Google Earth (2024). A través de un análisis visual y digital, se delimitó y cuantificó la proporción de áreas permeables (suelo, espacios verdes) frente a las impermeables (asfalto, cemento, edificios).

-Densidad de arbolado urbano: Para determinar la densidad de árboles se realizó un relevamiento a campo para registrar el número de árboles por cuadra.

-Contaminación Sonora: El nivel de ruido ambiental se registró mediante mediciones *in situ* utilizando una aplicación de teléfono móvil (Sonómetro) que registraba el sonido ambiente en decibeles (dB). La toma de datos se realizó durante 15 minutos, y se obtuvieron valores mínimos, máximos y promedios para distintos puntos en cada nivel de mixtura.

Elaboración de perfiles de calle: Para la elaboración de los perfiles se tomaron en cuenta la combinación de las variables presentadas. En primer lugar, se identificó cada perfil según el nivel de mixtura predominante. Luego, se clasificaron según la morfología (que incluye los niveles de apertura y los retiros de fachadas, junto a la presencia de respiraderos o ventilaciones hacia el exterior) y por último, el tipo de uso asignado a ese tramo de calle y vereda (paso de tránsito pesado, acopio y trabajo sobre la vereda). También se tomó en cuenta la presencia o ausencia de

arbolado urbano. Inicialmente, se identificaron tres situaciones base, que se ampliarán más adelante en el proyecto.

Resultados y discusión

Niveles de mixtura: La integración de la información de densidad poblacional (número de habitantes/km²) y superficie industrial por radio censal, nos permitió clasificar al barrio en tres niveles de mixtura funcional: predominantemente

residencial, predominantemente industrial y mixto. Los resultados se muestran en la (Figura 2). Los mapas que muestran la distribución de viviendas e industrias, y la densidad poblacional exponen la heterogeneidad del barrio, evidenciando áreas donde las industrias son preponderantes y la densidad poblacional es mayor.

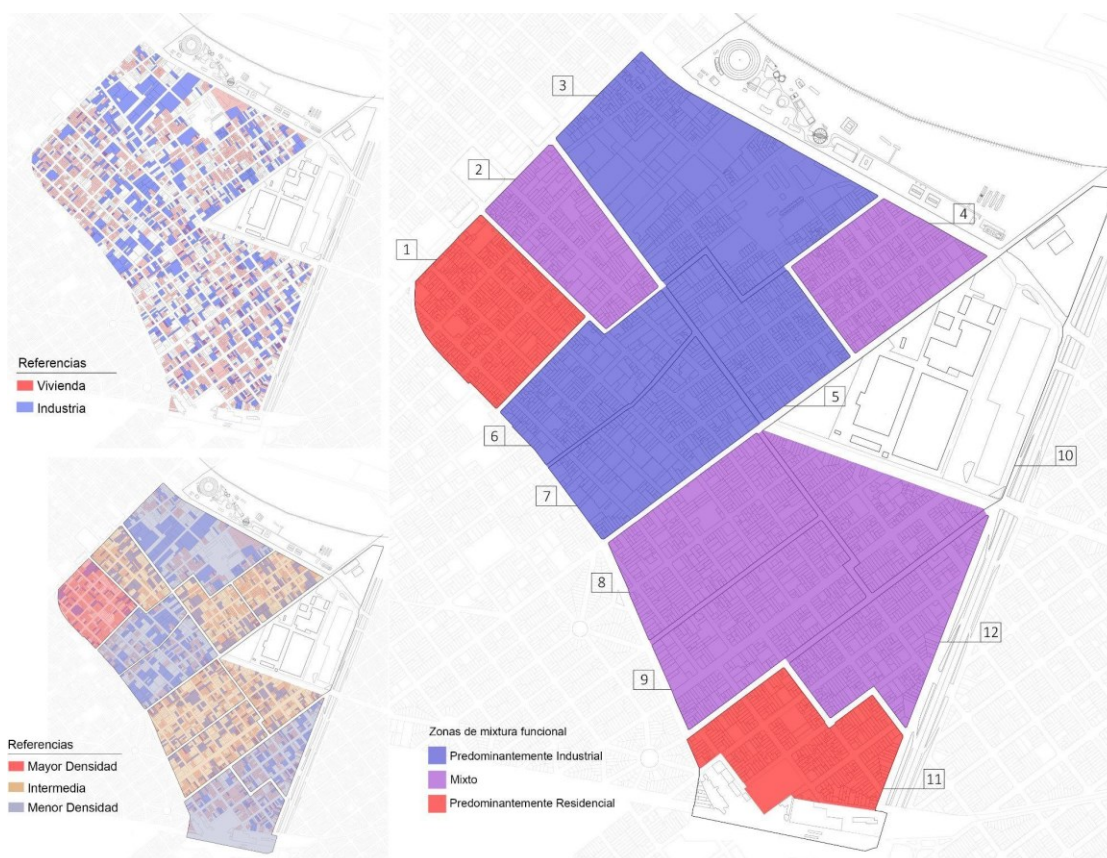


Figura 2. Clasificación del barrio de Villa Lynch según el nivel de mixtura funcional. Fuente: elaboración Agustina Martorell, 2024.

Análisis morfotipológico y funcional: Los resultados del relevamiento de la morfología urbana de calles representativas de cada nivel de mixtura y el análisis de las imágenes satelitales destaca una correlación clara entre el nivel de mixtura funcional de un área y su morfología urbana.



Figura 3. Diferentes configuraciones en la ocupación del tejido. RC1: predominantemente residencial; RC3, mixto y RC4: predominantemente industrial. Fuente: Imágenes Satelitales de Google Earth (2024).

Las zonas predominantemente residenciales, se caracterizan por construcciones de baja densidad y amplios espacios abiertos. En contraste, las zonas predominantemente industriales exhiben una impermeabilización del suelo casi total, reduciendo el espacio absorbente. Las zonas mixtas representan un escenario intermedio (Figura 3).

Análisis de movilidad y transporte: La caracterización vehicular para cada nivel de mixtura funcional se muestra en la Figura 4. Los resultados muestran que aún en las áreas predominantemente residenciales el porcentaje de tránsito pesado fue alto (cercano al 15% en todos los casos). Eso evidencia que se trata de un barrio con fuerte presencia industrial. Por otra parte, en relación al flujo vehicular, encontramos que en las áreas predominantemente residenciales la intensidad de tránsito fue bajo, mientras que en las zonas mixtas o predominantemente industriales el volumen de tránsito varió con el tipo de calle analizada.

Análisis ambiental: La Figura 5 muestra el mapa de superficie absorbente. Los resultados muestran que las zonas predominantemente residenciales exhiben mayor superficie absorbente que las predominantemente industriales. Esto está relacionado al uso prácticamente completo del espacio privado y del público.

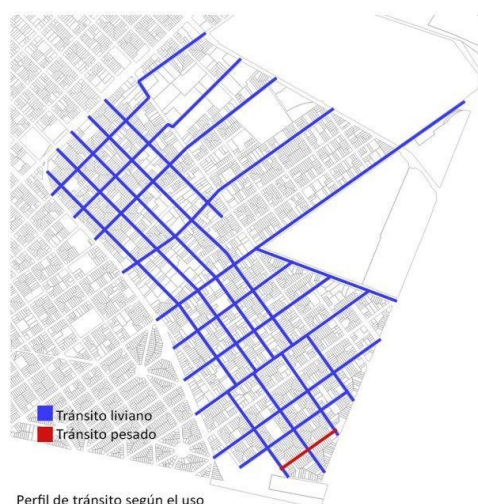


Figura 4. Perfiles de tránsito. Fuente: elaboración propia, 2025.

Los estudios preliminares sobre la densidad del arbolado urbano muestran una reducción significativa en el número de árboles en las áreas con industrias de mayor tamaño. Las principales causas son la presencia de accesos de gran porte, espacios de estacionamiento y áreas de carga y descarga de mercadería.



Figura 5. Mapa de superficie absorbente y no absorbente a escala barrial. Fuente: Vecslir, Martorell, 2023.

En relación al ruido, la Figura 6 muestra que los valores de ruido promedio, en las zonas predominantemente residenciales, estuvieron siempre por debajo de 60 dB; mientras que en las zonas mixtas o más industriales la distribución fue más heterogénea y se vuelve más dependiente de la calle en la que se está midiendo. En las zonas más residenciales el ruido está relacionado mayormente con el tránsito y

dado que el tránsito pesado es significativo en estas áreas, los valores máximos de ruido son similares a las zonas con otras mixturas funcionales. En las zonas predominantemente industriales, los valores mínimos son más altos, dando un valor promedio más alto. Esta diferencia se debe a la presencia de industrias y al ruido que provocan.

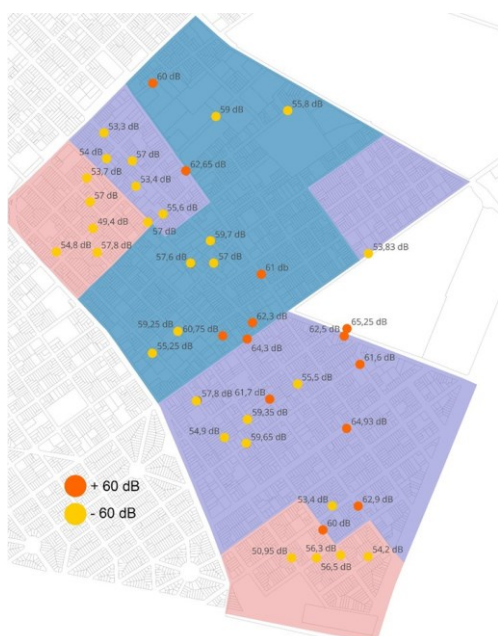


Figura 6. Mapa de ruido promedio en puntos medidos. Fuente: elaboración propia, 2025.

Perfiles de calle: En este caso, todas las áreas de mixtura y los perfiles seleccionados presentan una combinación de industria y vivienda, con la diferencia principal radicando en el porcentaje de incidencia de cada uno. En el perfil de calle predominantemente residencial, hay una mayor cantidad de viviendas y una menor presencia de industrias, las cuales

suelen ocupar lotes más grandes y generar un impacto más disruptivo en la configuración de la manzana. En el perfil predominantemente industrial, las industrias cuentan con mayores superficies para su desarrollo, así como con espacios de carga y descarga. En los perfiles mixtos, la relación entre industrias, depósitos y viviendas es más estrecha, permitiendo que en un mismo lote, además de en la misma manzana, se lleven a cabo múltiples usos diferentes (Figura 7).

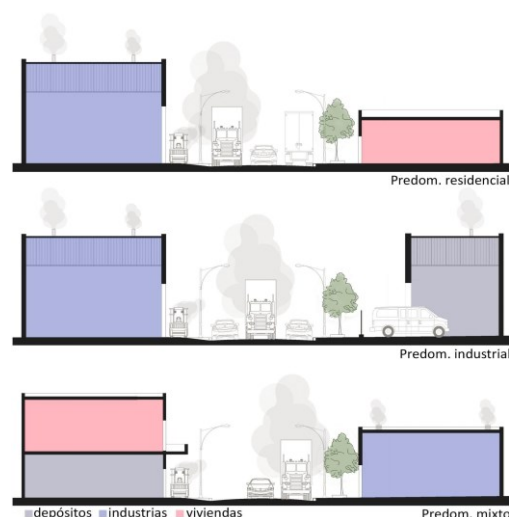


Figura 7. Perfiles de calles. Fuente: elaboración propia, 2025.

Conclusiones

Los resultados de nuestro estudio confirman que el uso del suelo define la morfología urbana y su funcionalidad. Los perfiles de calle elaborados, que ilustran los tres niveles de mixtura (residencial, industrial y mixto), no solo revelan diferencias en la estructura física, sino que

también evidencian un impacto directo en variables clave de sostenibilidad. La morfología de las áreas industriales, caracterizada por una alta densidad de construcciones y la reducción de espacios absorbentes, se asocia directamente con un mayor tránsito vehicular pesado y una menor cobertura verde. Esta combinación de factores se traduce en mayores niveles de ruido y una reducción en la densidad del arbolado, lo que tiene consecuencias negativas sobre el bienestar de los habitantes y el equilibrio ecológico del área. En contraste, las áreas predominantemente residenciales, con sus construcciones de menor altura y mayor espacio libre, presentan un menor volumen de tránsito y una mayor cobertura de árboles, lo que genera entornos más agradables. Este estudio subraya la necesidad de una planificación urbana que integre estas variables de manera holística. Si bien los datos iniciales ofrecen una visión clara, es crucial avanzar en la cuantificación de otras variables como la calidad del aire, que estamos en proceso de medir. El próximo paso de nuestra investigación se centrará en obtener y analizar estos datos para ofrecer una comprensión aún más completa de la relación entre la zonificación funcional y la calidad ambiental en los entornos urbanos.

Bibliografía

- Grant, J. (2002). *Mixed use in theory and practice, Canadian experience with implementing a planning principle*. Journal of the American Planning Association 68(1) 71-84.
- Martorell, A. (2024). *Transformaciones morfológicas y funcionales a partir de las zonificaciones mixtas. Estudio normativo de Villa Lynch, San Martín, región metropolitana de Buenos Aires*. En C. Araujo Lima (Ed.), XVI Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo (pp. 975-984). Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba; Universidad Politécnica de Catalunya.
- Martorell, A. (2024). *Modelo de representación ambiental de barrios de usos mixtos industrial-residencial; el caso de Villa Lynch, San Martín, región metropolitana de Buenos Aires*. En Libro de actas del VIII Congreso ISUF-H. Formas urbanas diversas para espacios en recomposición (pp. Valencia, 2024).
- Vecslir, L.; Martorell, A. (2023). *Mixtura urbana sustentable. Apuntes para la renovación urbana y ambiental de Villa Lynch, San Martín, región metropolitana de Buenos Aires*. En P. Ortiz Espinoza y M. Vicuña Del

- Río (eds.) VII Congreso ISUF-H: Forma Urbana para un buen vivir (p. 364-371). Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. ISBN: 978-956-14-3247-5
- Moreno, C. (2024). *La revolución de la proximidad. De la ciudad mundo a la ciudad de los quince minutos*. Alianza Editorial.
- Rueda S. (2010). *Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria-Gasteiz*. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.
- Visacovsky, N. (2007). *Ciudad de la tradición y capital de la industria. Escenario mítico de la Historia Argentina*. Serie "Documento de trabajo" de la Escuela de Política y Gobierno de la Universidad Nacional de San Martín.
- Xing X., Yuan Y., Huang Z., Peng X., Zhao P., Liu Y. (2022) *Flow trace: A novel representation of intra-urban movement dynamics*. Computers, Environment and Urban Systems. 96, 101832.
- Yi D., Zhang J. (2024) *Urban street profiling with coupled spatio-temporal characteristics and topological information from the biking perspective*. Computers, Environment and Urban Systems. 113, 102180.
- Zhu D., Wang N., Wu L., Liu Y. (2017) *Street as a big geo-data assembly and analysis unit in urban studies: A case study using Beijing taxi data*. Applied Geography. 86, 152-164.

Financiamiento

Este trabajo se enmarca en el proyecto "Aire y Ciudad: Estudios de calidad de aire para la planificación urbana sostenible en antiguas áreas industriales, Caso Villa Lynch (PGSM)", conocido como AIRCITY, financiado por la Escuela de Hábitat y Sostenibilidad de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Nacional de San Martín por el apoyo institucional y en particular, a la Escuela de Hábitat y Sostenibilidad por el financiamiento. A los alumnos de grado Sol Puyol, Malena Cazón y Esteban Flea, por su valiosa colaboración y dedicación al Proyecto.

Eje temático

6.- Innovación en el ámbito alimentario

Desarrollo de cultivos iniciadores malolácticos de *Lactiplantibacillus plantarum*, obtenidos mediante medios de cultivo novedosos a base de bagazo de manzana y optimización de su preservación por liofilización.

Autor: Marina Edith Navarro; marina.edith.navarro@gmail.com

Co-autor(es): Natalia S. Brizuela, Naiquén E. Flores, Manuel Morales, Liliana C. Semorile, Danay Valdes La Hens, Adriana C. Caballero, Barbara M. Bravo-Ferrada Emma E.

Tymczyszyn.

Orientador/a: Bravo-Ferrada Barbara; bbferrada@unq.edu.ar

Universidad Nacional de Quilmes, Departamento de Ciencia y Tecnología.

Resumen

Tradicionalmente, la vinificación consiste en una fermentación alcohólica producida por levaduras, y una fermentación maloláctica (FML) desarrollada por bacterias ácido lácticas (BAL). Si bien la FML puede ocurrir de forma espontánea, la inoculación de cultivos iniciadores permite evitar pérdidas de producción, mejorar el perfil sensorial del vino y estandarizar el proceso.

En este estudio se evaluó el crecimiento de dos cepas enológicas patagónicas de *Lactiplantibacillus plantarum*, UNQLp11 y UNQLp155, en un medio alternativo a base de bagazo de manzana (BM) y su preservación por liofilización.

Las cepas se cultivaron a 28°C durante 48 h en BM suplementado con extracto de levadura, cisteína, $MnSO_4 \cdot 7H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ y Tween 80, Luego, para su conservación se suplementaron distintos agentes protectores: trehalosa, buffer fosfato de potasio, una combinación de ambos y solución fisiológica como control. Las muestras se preservaron por congelación a -20°C y liofilizado. Para cada condición se evaluó la viabilidad post preservación y su comportamiento tecnológico en vino sintético (supervivencia y actividad maloláctica).

Como resultado, se observó que ambas cepas crecieron en el medio alternativo, obteniendo valores de biomasa comparables con el medio comercial MRS. Además, la combinación de buffer y trehalosa resultó ser el tratamiento protector más eficaz, con mayor viabilidad y

consumo de ácido málico para ambas cepas durante el proceso de fermentación en vino sintético. Resaltaremos, que el BM en este contexto, constituye un sustrato sólido de bajo costo y sustentable, que representa una alternativa viable para el cultivo de cepas autóctonas, contribuyendo a la preservación de la identidad regional en la producción vitivinícola.

Palabras clave: *Lactiplantibacillus plantarum*, medios de cultivo alternativos, liofilización.

Introducción

El proceso de vinificación consiste en dos fermentaciones, una fermentación alcohólica producida por levaduras encargadas de transformar los azúcares de la uva en alcohol conduciendo la transformación del mosto en vino, y una fermentación maloláctica (FML), que consiste en la decarboxilación del ácido L-málico y conversión a ácido L-láctico, desarrollada por distintas especies de bacterias ácido lácticas (BAL), entre ellas *Lactiplantibacillus plantarum* (Krieger-Weber et al. 2020).

La FML reduce la acidez y puede modificar el sabor de las bebidas alcohólicas, principalmente en el vino, pero también en sidras (Cerri et al. 2023) y otras bebidas provenientes de la fermentación de frutas (Saranraj et al. 2017). Esta puede ocurrir, durante o después de la fermentación alcohólica, de manera espontánea por acción de bacterias nativas que se encuentran en las uvas y la bodega. Sin embargo, las condiciones de estrés del vino (altos niveles de etanol, bajo pH, presencia de sulfito, etc.) y la tecnología del

proceso de vinificación, pueden reducir la viabilidad bacteriana y alterar su metabolismo conduciendo a resultados indeseables, como un aumento de la acidez volátil y la formación de aminas biógenas. Para evitar pérdidas en la producción y estandarizar el proceso se pueden utilizar cultivos bacterianos iniciadores malolácticos en la vinificación, garantizando el éxito del proceso fermentativo (Summy et al. 2019).

En este contexto, *Lpb. plantarum* ha demostrado ser tolerante a las condiciones adversas de las bebidas alcohólicas y, dado que posee un gran número de genes que codifican enzimas asociadas con la producción de compuestos aromáticos activos, puede inducir una variedad de cambios en la composición, los cuales pueden afectar positivamente la calidad del producto final (Iorizzo et al. 2016). Dos cepas de *Lpb. plantarum*, UNQLp11 y UNQLp155, fueron previamente aisladas de un vino Pinot noir patagónico (Brizuela et al. 2017) y seleccionadas por su capacidad para sobrevivir durante los procesos de vinificación y llevar a cabo

exitosamente la FML (Brizuela et al. 2017, Bravo-Ferrada et al. 2013). Ambas cepas fueron capaces de modificar positivamente el sabor del vino, cambiando el perfil de compuestos volátiles y su percepción sensorial (Brizuela et al. 2018).

Actualmente los cultivos iniciadores de uso enológico son importados y están formulados con cepas de otras regiones del mundo, con lo cual el desarrollo de iniciadores autóctonos es de suma importancia para el sector productivo y la economía regional. Sin embargo, escalar la producción de biomasa requiere el desarrollo de procesos que sean aplicables a nivel industrial, económicamente viables y ambientalmente sostenibles. En este contexto, la utilización de subproductos de la industria alimentaria constituye una alternativa económica y novedosa para obtener biomasa bacteriana, en línea con el concepto de economía circular, cuyo objetivo es prolongar la vida útil de productos, materiales y recursos, reduciendo al mínimo la generación de residuos (Fidelis et al. 2019). Por estas razones, se propuso formular cultivos iniciadores de la fermentación maloláctica empleando bagazo de manzana (BM) suplementado con extracto de levadura, magnesio, manganeso y Tween. El extracto de levadura proporciona vitaminas, aminoácidos, purinas y pirimidinas; los iones Mg^{2+} y Mn^{2+} son

esenciales para la síntesis de ácidos nucleicos, fosfolípidos y ATP; mientras que el Tween proporciona ácidos grasos esenciales (Saeed et al. 2013).

El BM que consiste en pulpa, cáscara, semillas y tallos de la fruta, es un subproducto semisólido de la producción de jugo de manzana. Se han propuesto varias estrategias para la valorización del mismo, incluyendo su uso directo como alimento para animales, la producción de ácidos orgánicos, enzimas, bioetanol y biogás mediante fermentación microbiana, o el desarrollo de nuevos materiales como parte de biocompuestos (Fernandes et al. 2019). Dado que también puede utilizarse como fuente de carbono, en un trabajo previo se optimizó el crecimiento de cepas de *Lpb. plantarum* en el sobrenadante del BM. La suplementación del BM con extracto de levadura, sales y Tween incrementó significativamente la biomasa, acercándose a los valores obtenidos con el medio comercial MRS (86% para UNQLp155 y 94% para UNQLp11 en comparación con MRS). Para el BM sin suplementación, el crecimiento fue inferior al 30%, y el BM suplementado solo con extracto de levadura mostró resultados del 54–56% comparado con MRS (Cerdeira et al. 2021). Sin embargo, la producción a gran escala de sobrenadante de BM mediante centrifugación es poco aplicable debido a sus altos costos y tiempos

prolongados. Por esta razón, la producción de biomasa de BAL directamente en BM en estado sólido es de gran interés.

El uso de BAL como cultivos iniciadores en la industria alimentaria también depende de las tecnologías de preservación utilizadas, las cuales son necesarias para garantizar la estabilidad de los cultivos en términos de su viabilidad y funcionalidad a largo plazo (Carvalho et al. 2023). Por lo tanto, se requiere el diseño de un proceso que permita obtener concentrados de bacterias viables, con una actividad similar a la de los cultivos frescos. Los métodos más utilizados para esto son la congelación y liofilización, que reducen la actividad del agua, inhibiendo las reacciones de deterioro. Sin embargo, un problema asociado a estos tratamientos es la pérdida de viabilidad celular generada por daños en la membrana plasmática y en macromoléculas (lípidos de membrana, ADN y proteínas), debido a la pérdida de hidratación, lo que produce daño estructural (Santivarangkna et al. 2008; Wang et al. 2020).

Para reducir este daño, se utilizan agentes protectores que pueden ser compuestos polihidroxiados como azúcares y aminoácidos, capaces de reemplazar las moléculas de agua formando enlaces de hidrógeno con las macromoléculas o generando un estado vítreo. Adicionalmente, se ha demostrado que las

sales fosfato presentan efectos positivos cuando se complementan con azúcares.

Los iones en solución pueden formar complejos con compuestos polihidroxiados, en particular, los oxaniones como el borato y fosfato mezclados con azúcares generan aumento de viscosidad y temperatura de transición vítrea respecto a los de los azúcares solos (Ohtake et al. 2004).

El éxito del proceso de preservación está relacionado con la correcta elección del agente protector a utilizar, las condiciones de deshidratación, la humedad remanente en el cultivo deshidratado, la temperatura de almacenamiento y las condiciones intrínsecas del microorganismo (Cui et al. 2018).

Objetivo

Evaluar el empleo de bagazo de manzana suplementado con nutrientes (sales, extracto de levadura y Tween 80) como medio de cultivo alternativo para dos cepas de *Lpb. plantarum*, UNQLp11 y UNQLp155, en búsqueda de la producción de niveles de biomasa microbiana similares a los obtenidos con medio de cultivo comercial. Analizar el efecto de diferentes agentes protectores en los procesos de congelado y liofilizado (trehalosa 20% m/m, buffer fosfato de potasio 1M, y una combinación de ambos), a modo evaluar la recuperación celular y

comportamiento en vino sintético (viabilidad y actividad maloláctica).

Materiales y Métodos

Cepas

Las cepas *Lactiplantibacillus plantarum* UNQLp155 (números de acceso en GeneBank: gen *rpoB* KC679067 y gen 16S rRNA KC652904) y UNQLp11 (número de acceso en GeneBank: CP031140) fueron aisladas de vino tinto Pinot noir patagónico (Brizuela et al. 2017, Bravo-Ferrada et al. 2013).

Condiciones de crecimiento

El bagazo de manzana se obtuvo de la producción de jugos naturales exprimidos de manzanas, libres de aditivos, gentilmente donado por “Jugos Villa Regina®”, provincia de Río Negro, Argentina. La Tabla 1 muestra la composición fisicoquímica del BM (previa a la suplementación). El BM se mezcló con agua al 50% p/v; se suplementó con extracto de levadura al 1% p/v (Britania, Buenos Aires, Argentina), Tween 80 a 1 mL/L (Biopack, Buenos Aires, Argentina), y sales (cisteína HCl 0,5 g/L, citrato de amonio 2 g/L, K₂HPO₄ 2 g/L, MgSO₄ 0,1 g/L y MnSO₄ 0,05 g/L, todos adquiridos de Anedra, Buenos Aires, Argentina) (Cerdeira et al. 2021), y se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos.

Ambas cepas se inocularon al 1% v/v (0,1

mL de cultivo en fase estacionaria en 10 g de medio fresco) en bagazo de manzana suplementado. El caldo MRS a pH 6.5 se utilizó como medio de control. La cinética de crecimiento se evaluó a 28 °C durante 7 días.

Parámetro	Valor
Humedad (%)	79,77±1,04
Sólidos totales (% p/p)	20,23±1,20
pH	4,51±0,07
Azúcares reductores (%m/m)	9,57±1,19
Amonio (mg/kg)	0,13±0,10
Polifenoles totales (g/kg)	1,70±0,34
Nitrógeno asimilable (mg/kg)	131,3±7,3

Tabla 1. Composición fisicoquímica del bagazo de manzana. Los resultados están presentados como promedio ± desvío estándar de diferentes muestras (provenientes de 3 lotes de producción de jugo).

Condiciones de liofilización

Se tomaron muestras de 1 g de cultivo crecido en BM durante 48 h y fueron tratadas con con: (a) 1 mL de trehalosa al 20% p/v (Anedra, Buenos Aires, Argentina), (b) 1 mL de buffer fosfato de potasio 1 M (pH 7.0) (Anedra, Buenos Aires, Argentina), (c) 0,5 mL de trehalosa y 0,5 mL de buffer fosfato, y (d) 1 mL de solución NaCl al 0,9% (control negativo), para proteger las muestras del proceso de congelación y posterior liofilización.

Todas las muestras fueron congeladas durante al menos 1 semana a -20 °C en

viales de vidrio, y luego el 50% de las muestras de cada condición fueron secadas por liofilización (sistema de liofilización BIOBASE / BK-FD10P, Shandong, China) durante 24 h (temperatura del condensador: -60°C ; presión de la cámara: 10 Pa), y el otro 50% de las muestras se mantuvieron congeladas como control. Después de la liofilización, las muestras se sellaron al vacío y se almacenaron a 4°C durante 24–48 h hasta su uso.

Los cultivos crecidos en MRS y aclimatados (Brizuela et al. 2017) también fueron evaluados como control positivo. Se tomaron muestras de 1 mL de cultivos en estado estacionario, se centrifugaron durante 10 minutos a $10,000\times g$, se lavaron dos veces con solución de NaCl al 0,9%, se resuspendieron en trehalosa al 20% p/v y se liofilizaron de la misma manera que los cultivos en BM.

Inoculación de cultivos liofilizados en vino sintético

Las muestras frescas, congeladas y liofilizadas fueron inoculadas en vino sintético a 21°C durante 12 días. Las muestras congeladas se descongelaron y las muestras liofilizadas se rehidrataron en una solución de cloruro de sodio al 0,9% durante 15 minutos a 25°C . El volumen de rehidratación se calculó según la diferencia de peso antes y después de la liofilización, lo cual fue aproximadamente 0,9 mL,

correspondiente a la solución de NaCl añadida en cada condición.

Los cultivos crecidos en MRS y aclimatados (control positivo) fueron rehidratados en 0,1 mL de MRS antes de la inoculación en vino sintético (Brizuela et al. 2021).

La composición del vino sintético fue: 5 g/L de ácido tartárico, 4,5 g/L de ácido L-málico, 0,6 g/L de ácido acético, 2 g/L de glucosa, 2 g/L de fructosa y 12% v/v de etanol, con un pH de 3,8. Los cultivos fueron inoculados al 1% (1 g de muestra en 100 mL de vino) para obtener una concentración inicial de aproximadamente 7.5 Log UFC/mL. La viabilidad celular y el consumo de ácido L-málico fueron analizados después de la fermentación.

Viabilidad y supervivencia celular

El número de células viables durante el crecimiento en BM y en MRS, durante la conservación y después de la inoculación en vino, se determinó mediante el recuento de colonias bacterianas en placas de agar MRS. Se realizaron diluciones seriadas (1/10) con solución NaCl 0,9%, y se sembraron 0,1 mL de cada dilución en agar MRS. Las placas se incubaron a 28°C durante 48 h en condiciones de aerobiosis, y los resultados se expresaron como Log_{10} de unidades formadoras de colonias (Log UFC) por mL o g, según correspondiera.

Actividad maloláctica

El ácido L-málico residual se midió

utilizando un kit enzimático específico (Kit enzimático de ácido L-málico para enología, Bio Systems SA, Barcelona, España). El porcentaje de consumo de ácido L-málico (%CAM) se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\%CAM = 100 - \left(\frac{[MA_t] \times 100}{[MA_0]} \right) \quad (1)$$

donde $[MA_t]$ es la concentración de ácido L-málico en el tiempo t , y $[MA_0]$ es la concentración inicial de ácido L-málico.

Al mismo tiempo, se utilizó un modelo de decaimiento exponencial de una fase para ajustar la cinética de CAM realizada por las distintas cepas ensayadas en vino estéril. La ecuación (2) para este modelo fue obtenida mediante el software GraphPad Prism® 6.01 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EE.UU., 2007) y es la siguiente:

$$[MA_t] = ([MA_0] - [MA_i]) e^{-kt} + [MA_i] \quad (2)$$

donde $[MA_t]$ es la concentración de ácido L-málico en el tiempo t , y $[MA_0]$ es la concentración inicial de ácido L-málico, $[MA_i]$ es la concentración de ácido L-málico en tiempo infinito, y K es la constante de velocidad.

Reproducibilidad de los resultados y análisis estadístico

Los experimentos se realizaron utilizando tres cultivos bacterianos independientes. La viabilidad celular se expresa como

Log_{10} UFC/g o mL de muestra, y los resultados se presentan como la media $\pm$ desviación estándar. Las diferencias relativas fueron reproducibles independientemente del cultivo utilizado. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico STATISTIX 8 (Analytical Software, Tallahassee, FL, EE.UU.). Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey para comparaciones múltiples, y la diferencia se consideró significativa cuando $p < 0,05$.

Resultados

La Figura 1 muestra la cinética de crecimiento de las dos cepas de *Lactiplantibacillus plantarum* estudiadas, UNQLp11 y UNQLp155, en BM suplementado y en el medio de cultivo comercial MRS.

Los resultados mostraron que el crecimiento de ambas cepas en MRS fue similar al crecimiento en el medio alternativo, alcanzando fase estacionaria después de 48 horas de incubación. UNQLp11 presentó un mayor recuento de células y un crecimiento más rápido que UNQLp155 (1×10^{10} UFC/g frente a 5×10^9 UFC/g). Además, UNQLp11 no mostró diferencias significativas entre los medios MRS y BM suplementado.

Las bacterias ácido lácticas utilizadas

como cultivos iniciadores comerciales dependen de las tecnologías de preservación utilizadas. Para obtener información sobre la recuperación bacteriana luego de su congelamiento y/o liofilización, se evaluó la supervivencia celular antes y después de preservar los cultivos utilizando trehalosa al 20% p/v (como agente protector), buffer fosfato de potasio 1 M (para neutralizar el pH), una combinación de ambos, y solución de NaCl 0,9% p/v como control.

En la Figura 2, se observa que UNQLp11 y UNQLp155 mostraron comportamientos de supervivencia diferentes según las condiciones de preservación. Se observó una disminución drástica en las muestras tratadas únicamente con la solución de

fisiológica, donde no se detectaron células viables en diluciones correspondientes a 10^4 UFC/g (supervivencia menor a 10^4 UFC/g). En presencia de trehalosa, la supervivencia disminuyó aproximadamente de 10^{10} a 10^8 UFC/g luego de su congelación, y hasta 10^4 UFC/g o incluso no detectable después de la liofilización.

No se observaron diferencias significativas antes y después de la congelación y/o liofilización cuando se utilizó el buffer fosfato, ni con la combinación de trehalosa-buffer fosfato. Para ambas cepas, UNQLp11 y UNQLp155, cultivadas en MRS (control positivo), no se detectaron diferencias significativas con respecto a los cultivos frescos.

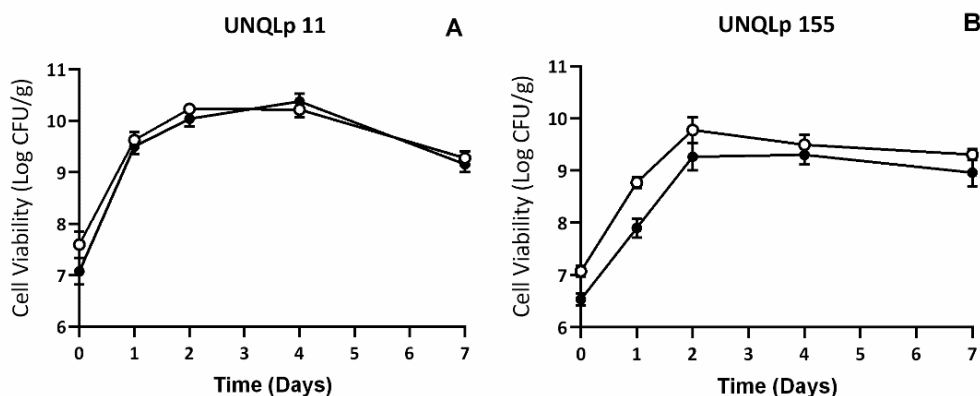


Figura 1. Cinética de crecimiento de UNQLp11 (A) y UNQLp155 (B) en medio comercial (O) y medio alternativo a base de bagazo de manzana suplementado (●). Los datos están representados como promedio $\pm$ desvío estándar.

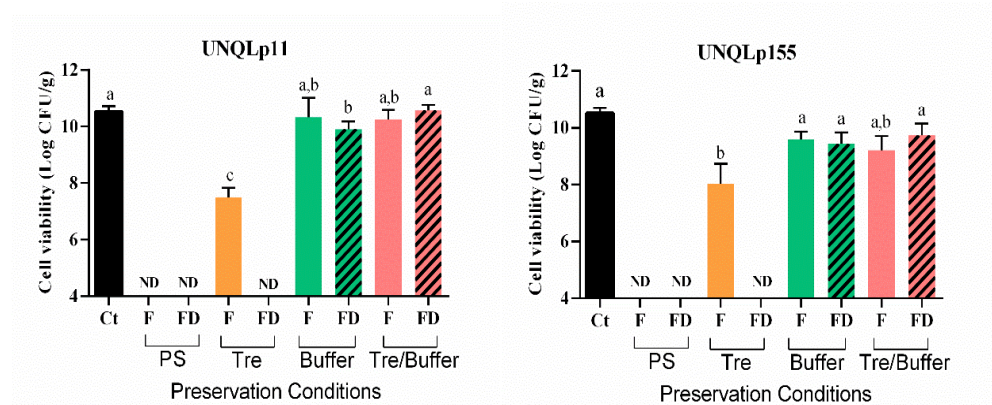


Figura 2. Viabilidad de UNQLp11 y UNQLp155 cultivado en bagazo de manzana suplementado, congelado (frozen, F) y liofilizado (freeze dried, FD) comparado con el cultivo fresco (control, Ct – barras negras). Los cultivos fueron tratados con trehalosa (Tre), buffer fosfato (Buffer), una combinación 1:1 de trehalosa y buffer (Tre/Buffer), y solución fisiológica (physiological solution, PS) como control negativo. ND: no detectado (recuentos de viables < 10⁴ UFC/g). Los datos se presentan como promedio de Log₁₀ (UFC/g) ± desvío estándar. Las letras (a, b, c) representan grupos con diferencias significativas (p> 0,05) de acuerdo a los análisis estadísticos ANOVA y Test de Tukey.

Los cultivos que mostraron alta supervivencia en la Figura 2 fueron luego inoculados con el 1% del inóculo en vino sintético (pH 3.8 y 12% v/v de etanol). Se evaluaron la viabilidad celular y el consumo de ácido málico bajo estas condiciones de estrés, tanto para cultivos frescos como para aquellos conservados por congelación o liofilización.

Se tomaron muestras del vino inoculado en los días 0, 6 y 12 de incubación a 21 °C. Los resultados de este ensayo mostraron que, para la cepa UNQLp11 (Figura 3), el mayor consumo de ácido málico (CAM) en el vino sintético se observó en las muestras congeladas y liofilizadas en presencia del

buffer fosfato y su combinación con trehalosa. Después de 12 días de fermentación, UNQLp11 presentó una supervivencia del orden de aproximadamente 8.0 unidades logarítmicas en las muestras congeladas conservadas con trehalosa y con la combinación trehalosa + buffer fosfato, y de aproximadamente 7.0 log después de la liofilización.

También, en la Figura 3 se muestra que las muestras congeladas conservadas en buffer fosfato y trehalosa + buffer fosfato, el CAM después de 12 días de fermentación fue de aproximadamente 100%.

En las muestras liofilizadas, la mejor

condición de conservación fue la adición de trehalosa y buffer fosfato, con un CAM de aproximadamente 100% tras 12 días de fermentación.

La conservación con buffer fosfato mostró una cinética de CAM más lenta, pero con buenos resultados.

La preservación con trehalosa (sin la adición del buffer) fue analizada únicamente en muestras congeladas, debido a que la baja viabilidad celular después del proceso mostró bajos porcentajes de CAM.

El rendimiento de UNQLp155 en vino fue diferente al de UNQLp11 (Figura 4).

El cultivo fresco fue más susceptible al estrés del vino, y la cinética de consumo de ácido málico (CAM) fue más lenta que para UNQLp11. Después del proceso de congelación, la mejor condición de preservación fue la combinación de trehalosa y buffer fosfato, donde el CAM en el vino sintético fue del 100%, a pesar de la disminución en la viabilidad celular, que fue de aproximadamente 3 log. Las muestras congeladas conservadas con trehalosa o buffer mostraron un CAM menor al 50% después de 12 días de incubación. Para las

condiciones de liofilización, la conservación con trehalosa no fue incluida debido a la pérdida dramática de viabilidad (Figura 2). La viabilidad de las muestras protegidas con buffer o la combinación de trehalosa y buffer mostraron la misma disminución (aproximadamente 3–4 log), pero solo la muestra con la combinación de trehalosa y el buffer fosfato demostró un CAM considerable, de casi el 80% después de 12 días de fermentación.

La Figura S1 (Material Suplementario) muestra los resultados del crecimiento control en MRS.

La disminución de la viabilidad celular en UNQLp11 fue similar a los resultados observados en los cultivos crecidos en BM suplementado (Figura 3). Para UNQLp155, el crecimiento y la aclimatación previa mostraron una mayor tolerancia a las condiciones del vino en comparación con los cultivos crecidos en BM (Figura 4). El porcentaje de consumo de ácido málico (CAM%) fue superior al 95% para ambas cepas (Figura S1), siendo similar al de los cultivos crecidos en BM y liofilizados con la combinación de trehalosa + buffer fosfato.

UNQLp11

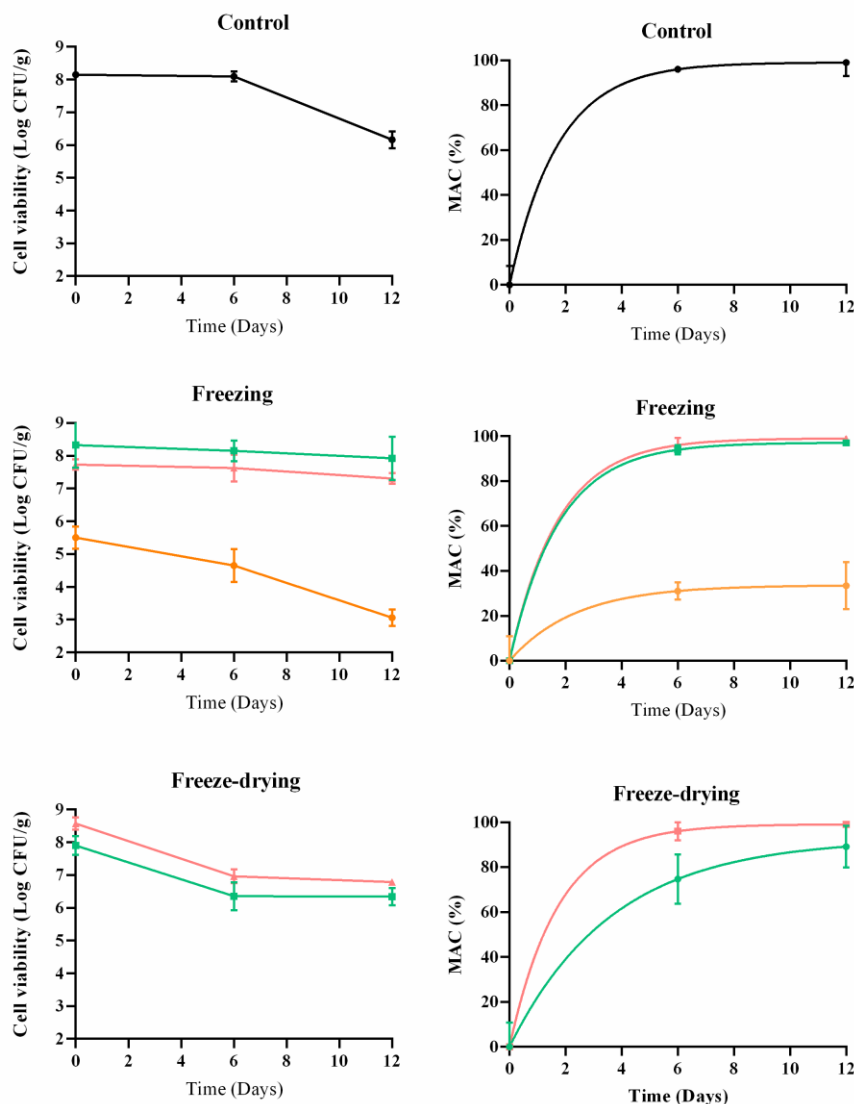


Figura 3. Viabilidad celular (izquierda) y porcentaje de consumo de ácido málico (derecha) en fermentación de vino sintético (pH 3.8 pH 12% etanol) durante 12 días de incubación con los cultivos de UNQLp11 en bagazo de manzana, cultivo fresco (control – negro), congelado y liofilizado con diferentes tratamientos protectores: trehalosa (naranja), buffer fosfato de potasio (verde) y una combinación 1:1 de ambos trehalosa/buffer (rosa). Los datos de viabilidad se presentan como promedio de Log₁₀ (UFC/g) ± desvío estándar. Mientras que los resultados de %CAM fueron ajustados de acuerdo al modelo de regresión no lineal de decaimiento exponencial (ecuación 2).

UNQLp155

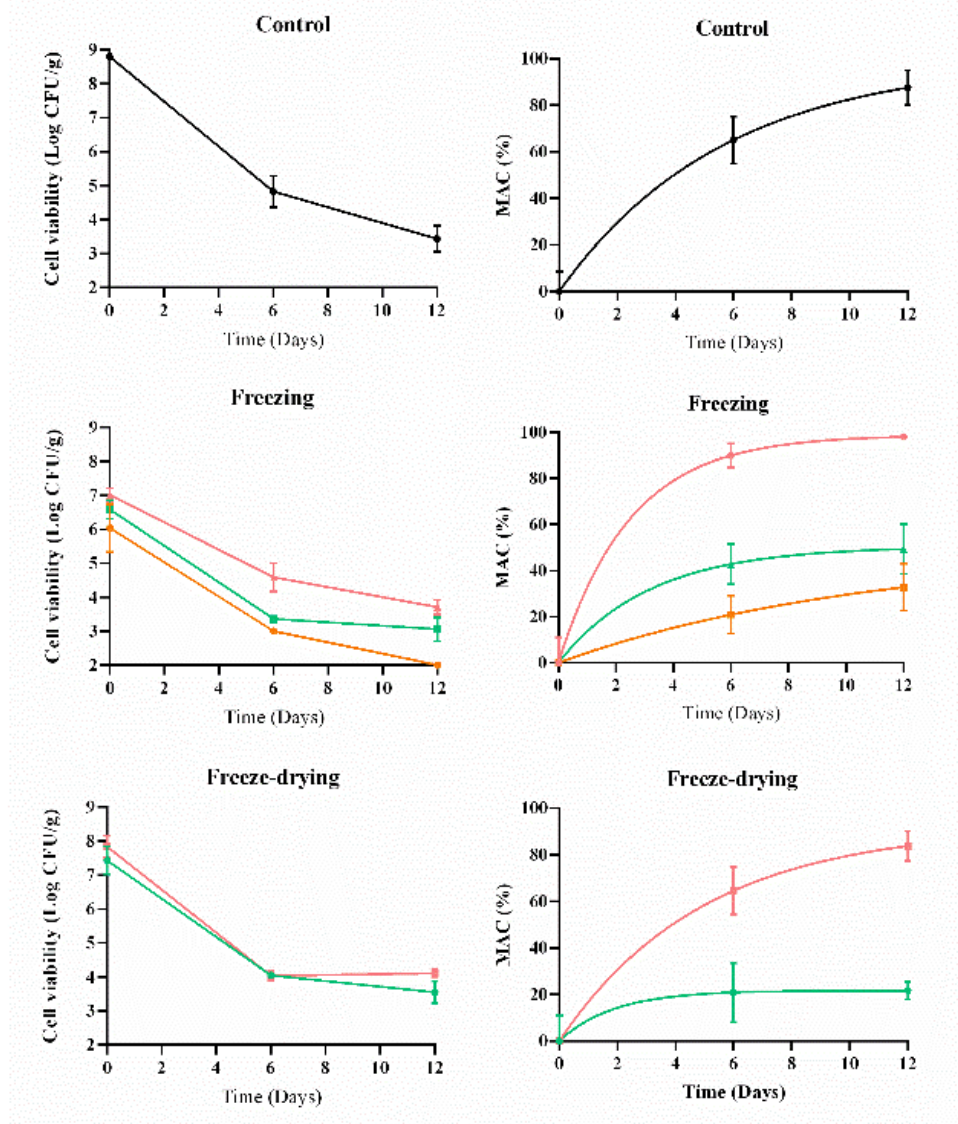


Figura 4. Viabilidad celular (izquierda) y porcentaje de consumo de ácido málico (derecha) en fermentación de vino sintético (pH 3.8 pH 12% etanol) durante 12 días de incubación con los cultivos de UNQLp155 en bagazo de manzana, cultivo fresco (control – negro), congelado y liofilizado con diferentes tratamientos protectores: trehalosa (naranja), buffer fosfato de potasio (verde) y una combinación 1:1 de ambos trehalosa/buffer (rosa). Los datos de viabilidad se presentan como promedio de Log₁₀ (UFC/g) ± desvío estándar. Mientras que los resultados de %CAM fueron ajustados de acuerdo al modelo de regresión no lineal de decaimiento exponencial (ecuación 2).

Discusión

Las BAL generalmente se cultivan en medios comerciales complejos, como el MRS, que tiene un costo elevado y representa un problema para la producción de biomasa a gran escala, ya que su uso se vuelve inviable a nivel industrial para la generación de cultivos iniciadores destinados a la producción de bebidas. Por lo tanto, el uso de subproductos de la industria alimentaria aparece como una solución que permite reducir los costos de producción celular.

Recientemente, ha crecido el interés en la utilización de residuos industriales para la producción de cultivos iniciadores malolácticos de calidad (capaces de permanecer viables durante el tiempo de almacenamiento; crecer en el medio en el que son inoculados; y, lo más importante, mantener su actividad maloláctica) a bajo costo y de manera sustentable. En este trabajo, se utilizó bagazo de manzana suplementado como un medio semisólido para el crecimiento de *Lactiplantibacillus plantarum* y se lo comparó con medios comerciales tradicionales.

Muchas cepas de BAL requieren minerales, especialmente Mg^{2+} y Mn^{2+} , como cofactores enzimáticos esenciales. El citrato de amonio y los fosfatos contenidos en la mezcla de sales añadidas generan un efecto buffer que favorece el desarrollo de las BAL, y el Tween 80 aporta ácido oleico, esencial para la síntesis de

ácido lactobacílico, uno de los ácidos grasos presentes en los lípidos de membrana que están asociados con la tolerancia a diversos factores de estrés en las BAL (Saeed et al. 2024)

Como resultado, se obtuvo un crecimiento de aproximadamente 10^9 - 10^{10} UFC/g para ambas cepas de *Lpb. plantarum*, lo cual indica que este medio alternativo y económico podría tener el potencial de ser utilizado a nivel industrial (previa realización de pruebas de escalado y pruebas piloto). Estos resultados son mejores que los obtenidos previamente en sobrenadante de BM con la misma suplementación (Cerdeira et al. 2021), lo cual podría deberse a que las células bacterianas son capaces de metabolizar parte del subproducto semisólido, mejorando así la obtención de biomasa. Además, el uso de BM en forma semisólida reduce el costo y el tiempo de centrifugación necesario para obtener el sobrenadante.

En los procesos de conservación de BAL, como la congelación y liofilización, las células se exponen a una baja actividad de agua, lo que puede dañar las estructuras celulares. Por esta razón, antes del proceso de liofilización se suelen añadir diferentes compuestos (polímeros, azúcares, aminoácidos, etc.) para limitar el estrés y mejorar la tolerancia de las BAL a la deshidratación (Zhao et al. 2009;

Carvalho et al. 2004; Cheng et al 2022). En este trabajo, se utilizó trehalosa como crioprotector, buffer fosfato de potasio pH 7 para neutralizar el pH de la muestra, y una combinación de ambos compuestos tanto para la congelación como para la liofilización.

La trehalosa es un azúcar sintetizado por plantas, bacterias y hongos. Es un protector compuesto por dos moléculas de glucosa (disacárido). Su alta viscosidad, alto contenido de sólidos, adecuada solubilidad en agua y alta temperatura de transición vítrea la convierten en una buena matriz para estabilizar muestras biológicas durante los procesos de congelación y secado (Santivarangkna et al. 2008). Durante el proceso de preservación, la membrana es el principal sitio de daño, y su reparación es crucial antes de la inoculación en el vino. La trehalosa tiene la función de proteger la integridad de la membrana celular, lo cual es decisivo para la supervivencia en condiciones de vino y para realizar la fermentación maloláctica (Wang et al. 2019). En trabajos anteriores, demostramos que la trehalosa es un buen protector para la liofilización de las cepas UNQLp11 y UNQLp155 (Brizuela et al. 2021; Wang et al. 2019, Bravo-Ferrada et al. 2005). Sin embargo, en este estudio, la adición de trehalosa sola al cultivo de BM no fue suficiente para proteger la viabilidad celular, lo cual podría deberse al pH de la

muestra antes del proceso de congelación y liofilización. En este contexto, el uso de buffer fosfato de potasio fue vital. Las muestras congeladas y liofilizadas preservadas con buffer no mostraron diferencias significativas con el control (Figura 2) y también mostraron un buen porcentaje de consumo de ácido málico (MAC) bajo las condiciones de estrés del vino (Figura 3).

La neutralización del pH antes de la liofilización ha sido previamente reportada por otros autores (Cui et al. 2018, Hugo et al. 2016). El pH del medio de cultivo basado en BM pasa de un valor de 4.7 a 3.2 con el crecimiento de la biomasa bacteriana. Bajo estas condiciones, los ácidos orgánicos se protonan y descargan, lo que los hace bacteriostáticos y les permite atravesar la membrana bacteriana, generando variaciones en el pH intracelular. La adición del buffer fosfato mostró un efecto protector, particularmente para las muestras liofilizadas. Por otro lado, algunos compuestos presentes en el BM, como los polisacáridos, las fibras y los polifenoles, pueden actuar como agentes protectores (Zhang et al. 2021). La combinación de buffer fosfato y trehalosa fue la alternativa más eficiente para proteger los cultivos después del proceso de liofilización e inoculación en vino, particularmente para el MAC de cepas más susceptibles como UNQLp155 (Figuras 3 y 4).

Los resultados obtenidos en este trabajo podrían representar una forma innovadora de obtener BAL liofilizadas para la industria del vino, así como para otras industrias alimentarias y de bebidas, en un tiempo corto, con bajo costo y pasos sencillos, a la vez que se agrega valor a los subproductos del jugo de manzana.

Conclusión

El bagazo de manzana suplementado con extracto de levadura y sales demostró ser un buen medio de cultivo para el crecimiento y la preservación de cepas de *Lactiplantibacillus plantarum*, permitió obtener valores de biomasa bacteriana comparables a los obtenidos con medios comerciales.

Nuestros resultados indican que el tratamiento de crioprotección óptimo, tanto para la congelación como para la liofilización, involucró el uso de buffer fosfato de potasio combinado con trehalosa. Ambas cepas de *Lpb. plantarum* evaluadas después de la preservación mostraron buena tolerancia a la inoculación en vino sintético, una viabilidad celular significativa y una buena capacidad de consumo de ácido L-málico.

El desarrollo de este trabajo también representa una solución innovadora para la producción de cultivos iniciadores, considerando los altos costos involucrados en la generación de biomasa a escala

industrial y el impacto ambiental generado por los residuos utilizados. Se requieren más estudios para evaluar la estabilidad durante el almacenamiento de los cultivos liofilizados, así como el impacto de la inoculación del cultivo iniciador maloláctico, producido en BM suplementado, sobre el perfil sensorial del vino.

Referencias

Bravo-Ferrada, B. M., Brizuela, N., Gerbino, E., Gómez-Zavaglia, A., Semorile, L., & Tymczyszyn, E. E. (2015). Effect of protective agents and previous acclimation on ethanol resistance of frozen and freeze-dried *Lactobacillus plantarum* strains. *Cryobiology*, 71, 522–528.

Bravo-Ferrada, B. M., Gonçalves, S., Semorile, L., Santos, N. C., Tymczyszyn, E. E., & Hollmann, A. (2015). Study of surface damage on cell envelope assessed by AFM and flow cytometry of *Lactobacillus plantarum* exposed to ethanol and dehydration. *Journal of Applied Microbiology*, 118, 1409–1417.

Bravo-Ferrada, B. M., Hollmann, A., Delfederico, L., Valdés La Hens, D., Caballero, A., & Semorile, L. (2013). Patagonian red wines: Selection of *Lactobacillus plantarum* isolates as potential starter cultures for malolactic fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29, 1537–1549.

Brizuela, N. S., Arnez-Arancibia, M., Semorile, L., Bravo-Ferrada, B. M., & Tymczyszyn, E. E. (2021). Whey permeate as a substrate for the production of freeze-dried *Lactiplantibacillus plantarum* to be used as a malolactic starter culture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37, 115.

Brizuela, N. S., Bravo-Ferrada, B. M., Curilén, Y., Delfederico, L., Caballero, A., Semorile, L., Pozo Bayón, M. A., & Tymczyszyn, E. E. (2018). Advantages of using blend cultures of native *L. plantarum* and *O. oeni* strains to induce malolactic fermentation of Patagonian Malbec wine. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2109.

Brizuela, N. S., Bravo-Ferrada, B. M., La Hens, D. V., Hollmann, A., Delfederico, L., Caballero, A., Tymczyszyn, E. E., & Semorile, L. (2017). Comparative vinification assays with selected Patagonian strains of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus plantarum*. *LWT - Food Science and Technology*, 77, 348–355.

Carvalho, A. S., Silva, J., Ho, P., Teixeira, P., Malcata, F. X., & Gibbs, P. (2004). Relevant factors for the preparation of freeze-dried lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 14, 835–847.

Carvalho, A. S., Silva, J., Ho, P., Teixeira, P., Malcata, F. X., & Gibbs, P. (2023). Protective effect of sorbitol and monosodium glutamate during storage of freeze-dried lactic acid bacteria. *Dairy Science and Technology*, 83, 203–210.

Cerdeira, V., Brizuela, N. S., Bravo, S. M., Bravo-Ferrada, B. M., Valdés La Hens, D., Caballero, A. C., Semorile, L., & Tymczyszyn, E. E. (2021). Use of apple pomace as substrate for production of *Lactiplantibacillus plantarum* malolactic starter cultures. *Fermentation*, 7, 244.

Cerri, M. L., Gomes, T. A., Carraro, M. D. M., Wojeicchowski, J. P., Demiate, I. M., Lacerda, L. G., Alberti, A., & Nogueira, A. (2023). Assessing the impact of simultaneous co-fermentation on malolactic bioconversion and the quality of cider made with low-acidity apples. *Fermentation*, 9, 1017.

Cheng, Z., Yan, X., Wu, J., Weng, P., & Wu, Z. (2022). Effects of freeze drying in complex lyoprotectants on the survival, and membrane fatty acid composition of

Lactobacillus plantarum L1 and *Lactobacillus fermentum* L2. *Cryobiology*, 105, 1–9.

Cui, S., Hang, F., Liu, X., Xu, Z., Liu, Z., Zhao, J., Zhang, H., & Chen, W. (2018). Effect of acids produced from carbohydrate metabolism in cryoprotectants on the viability of freeze-dried *Lactobacillus* and prediction of optimal initial cell concentration. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 125, 513–518.

De Man, J. C., Rogosa, D., & Sharpe, M. E. (1960). A medium for the cultivation of lactobacilli. *Journal of Applied Microbiology*, 23, 130–135.

Fernandes, P. A., Ferreira, S. S., Bastos, R., Ferreira, I., Cruz, M. T., Pinto, A., Coelho, E., Passos, C. P., Coimbra, M. A., Cardoso, S. M., et al. (2019). Apple pomace extract as a sustainable food ingredient. *Antioxidants*, 8, 189.

Fidelis, M., de Moura, C., Kabbas Junior, T., Pap, N., Mattila, P., Mäkinen, S., Putnik, P., Bursac Kovacevic, D., Tian, Y., Yang, B., et al. (2019). Fruit seeds as sources of bioactive compounds: Sustainable production of high value-added ingredients from by-products within circular economy. *Molecules*, 24, 3854.

Hugo, A. A., Bruno, F., & Golowczyc, M. A. (2016). Whey permeate containing galacto-oligosaccharides as a medium for biomass production and spray drying of *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114. *LWT - Food Science and Technology*, 69, 185–190.

Iorizzo, M., Testa, B., Lombardi, S. J., García-Ruiz, A., Muñoz-González, C., Bartolomé, B., & Moreno-Arribas, M. V. (2016). Selection and technological potential of *Lactobacillus plantarum* bacteria suitable for wine malolactic fermentation and grape aroma release. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 557–566.

Krieger-Weber, S., Heras, J. M., & Suarez, C. (2020). *Lactobacillus plantarum*, a new biological tool to control malolactic fermentation: A review and an outlook. *Beverages*, 6(1), 23.

Ohtake, S., Schebor, C., Palecek, S. P., & de Pablo, J. J. (2004). Effect of sugar-phosphate mixtures on the stability of DPPC membranes in dehydrated systems. *Cryobiology*, 48(1), 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2004.01.001>

Saeed, A. H., & Salam, A. I. (2013). Current limitations and challenges with lactic acid bacteria: A review. *Food and Nutrition Sciences*, 2013, 40133.

Santivarangkna, C., Higl, B., & Foerst, P. (2008). Protection mechanisms of sugars during different stages of preparation process of dried lactic acid starter cultures. *Food Microbiology*, 25, 429–441.

Saranraj, P., Sivasakthivelan, P., & Naveen, M. (2017). Fermentation of fruit wine and its quality analysis: A review. *Australian Journal of Science and Technology*, 1, 85–97.

Sumby, K. M., Bartle, L., Grbin, P. R., & Jiranek, V. (2019). Measures to improve wine malolactic fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 2033–2051.

Wang, G. Q., Pu, J., Yu, X. Q., Xia, Y. J., & Ai, L. Z. (2020). Influence of freezing temperature before freeze-drying on the viability of various *Lactobacillus plantarum* strains. *Journal of Dairy Science*, 103, 3066–3075.

Wang, J., He, L., An, W., Yu, D., Liu, S., & Shi, K. (2019). Lyoprotective effect of soluble extracellular polymeric substances from *Oenococcus oeni* during its freeze-drying process. *Process Biochemistry*, 84, 205–212.

Zhang, F., Wang, T., Wang, X., & Lü, X. (2021). Apple pomace as a potential valuable resource for full-components utilization: A review. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129676.

Zhao, G., & Zhang, G. (2009). Influences of protectants, rehydration media and storage on the viability of freeze-dried *Oenococcus oeni* for malolactic fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25, 1801–1806.

Material suplementario

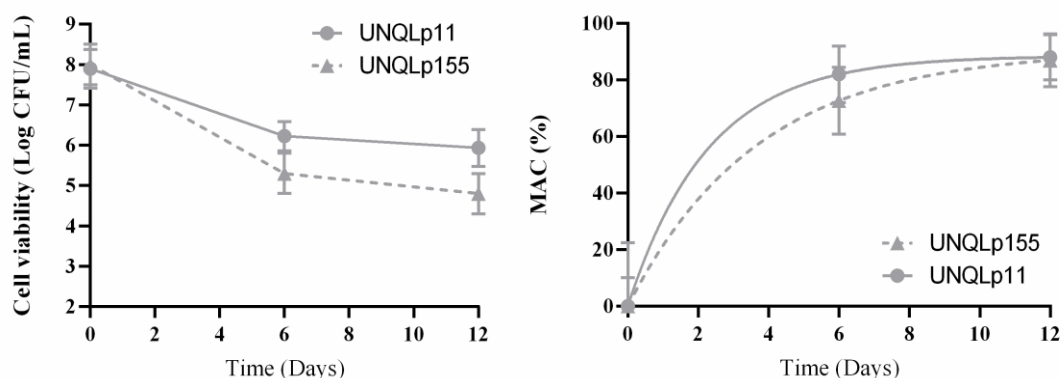


Figura 1S. Viabilidad celular (izquierda) y porcentaje de consumo de ácido málico (% MAC, derecha) en fermentaciones en vino sintético (pH 3,8 y 12 % de etanol) durante 12 días, inoculadas con UNQLp11 o UNQLp155 liofilizadas. Las cepas se cultivaron en MRS, luego se aclimataron con etanol al 6 % v/v y pH 4,5 durante 48 h, según Brizuela et al. (2017). Se añadió trehalosa como agente crioprotector, y los cultivos secos se rehidrataron en MRS a 21 °C durante 24 h antes de la inoculación en el vino. Los resultados del %CAM se ajustaron mediante una regresión no lineal de decaimiento exponencial (Ecuación 2).

2.- Transferencia tecnológica.

Técnicas y procedimientos para el diagnóstico y restauración de obras de valor patrimonial. Aportes para las prácticas en la intervención arquitectónica de Santa Fe.

Autor: Clara, Aimaretti; claraaimaretti@gmail.com Orientador/a: Ma.

Laura, Tarchini; mltarchini@gmail.com

Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo

Resumen

Este trabajo se inscribe en el campo de la restauración arquitectónica y aborda la caracterización de revestimientos símil piedra en la Manzana Histórica de la Universidad Nacional del Litoral, con énfasis en el análisis de variaciones cromáticas y porosidad superficial. Se trabajó sobre cinco áreas del muro principal del edificio, contrastando zonas originales con sectores intervenidos en la restauración de 2019. Para el análisis colorimétrico se utilizó espectrofotometría en condiciones SCI y SCE, registrando valores de L^* , a^* , b^* en el espacio CIELAB, procesados luego mediante ΔE y visualizaciones RGB y HSV. Para el análisis de porosidad se emplearon tubos Karsten, registrando absorciones en intervalos de tiempo mediante videograbación y análisis fotograma a fotograma. Los resultados mostraron diferencias significativas entre sectores, tanto en la percepción del color como en el comportamiento poroso, lo que permitió detectar alteraciones, envejecimiento diferencial y huellas materiales de las intervenciones. Esta experiencia se presenta como una herramienta metodológica replicable en otros casos de diagnóstico patrimonial, integrando tecnologías accesibles y análisis multiescalar.

Palabras clave: restauración, arquitectura, patrimonio.

Introducción

La restauración del patrimonio arquitectónico requiere del diagnóstico material como paso fundamental para intervenir con criterios compatibles y fundamentados. En el caso del edificio del

Rectorado de la Universidad Nacional del Litoral, parte de la Manzana Histórica de la ciudad de Santa Fe, el revestimiento exterior presenta una terminación símil piedra, característica de las obras institucionales de comienzos del siglo XX. Este tipo de acabado, compuesto por capas

superficiales aplicadas sobre el muro, plantea desafíos particulares al momento de su conservación, especialmente en lo que refiere a la estabilidad cromática y a la permeabilidad del material.

La investigación se propuso abordar el estudio de estas variables a través de la aplicación de tecnologías de análisis no destructivas, con el fin de generar información cuantificable que permita caracterizar el estado actual del paramento. Se trabajó sobre cinco áreas del muro, seleccionadas por su heterogeneidad visual, su exposición y su relación con las intervenciones realizadas durante la restauración de 2019.

En este contexto, se utilizaron dos instrumentos complementarios: el espectrofotómetro, para la medición del color en coordenadas CIELAB bajo condiciones SCI y SCE; y los tubos Karsten, para evaluar la porosidad superficial mediante la absorción de agua en tiempos controlados. La información obtenida se procesó para calcular diferencias cromáticas (ΔE), visualizar los resultados en modelos gráficos (HSV, RGB) y analizar correlaciones entre color y comportamiento poroso. Este trabajo busca no sólo aportar al conocimiento técnico del edificio, sino también proponer una metodología replicable para otros casos de restauración patrimonial, integrando tecnología accesible, análisis visual e interpretación

comparativa entre zonas originales y sectores intervenidos.

Objetivos

General: Contribuir al conocimiento técnico del estado actual de los revestimientos símil piedra del edificio del Rectorado de la UNL, mediante el análisis de variables físicas y cromáticas, con el fin de aportar a futuros criterios de conservación patrimonial.

Específicos:

- Indagar procedimientos técnicos no destructivos aplicables al diagnóstico de terminaciones históricas en muros.
- Medir y analizar la variación cromática en sectores seleccionados del edificio utilizando espectrofotometría.
- Evaluar el comportamiento poroso del revestimiento mediante ensayos con tubos Karsten.
- Contrastar sectores originales del muro con zonas intervenidas durante la restauración de 2019.
- Visualizar e interpretar las diferencias materiales mediante recursos gráficos y comparativos.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en dos escalas complementarias: el Laboratorio de Técnicas y Materiales (LATMAT) de la Facultad de Arquitectura Diseño y

Urbanismo de la UNL, y el edificio del Rectorado de la UNL, ubicado en la Manzana Histórica de la ciudad de Santa Fe.

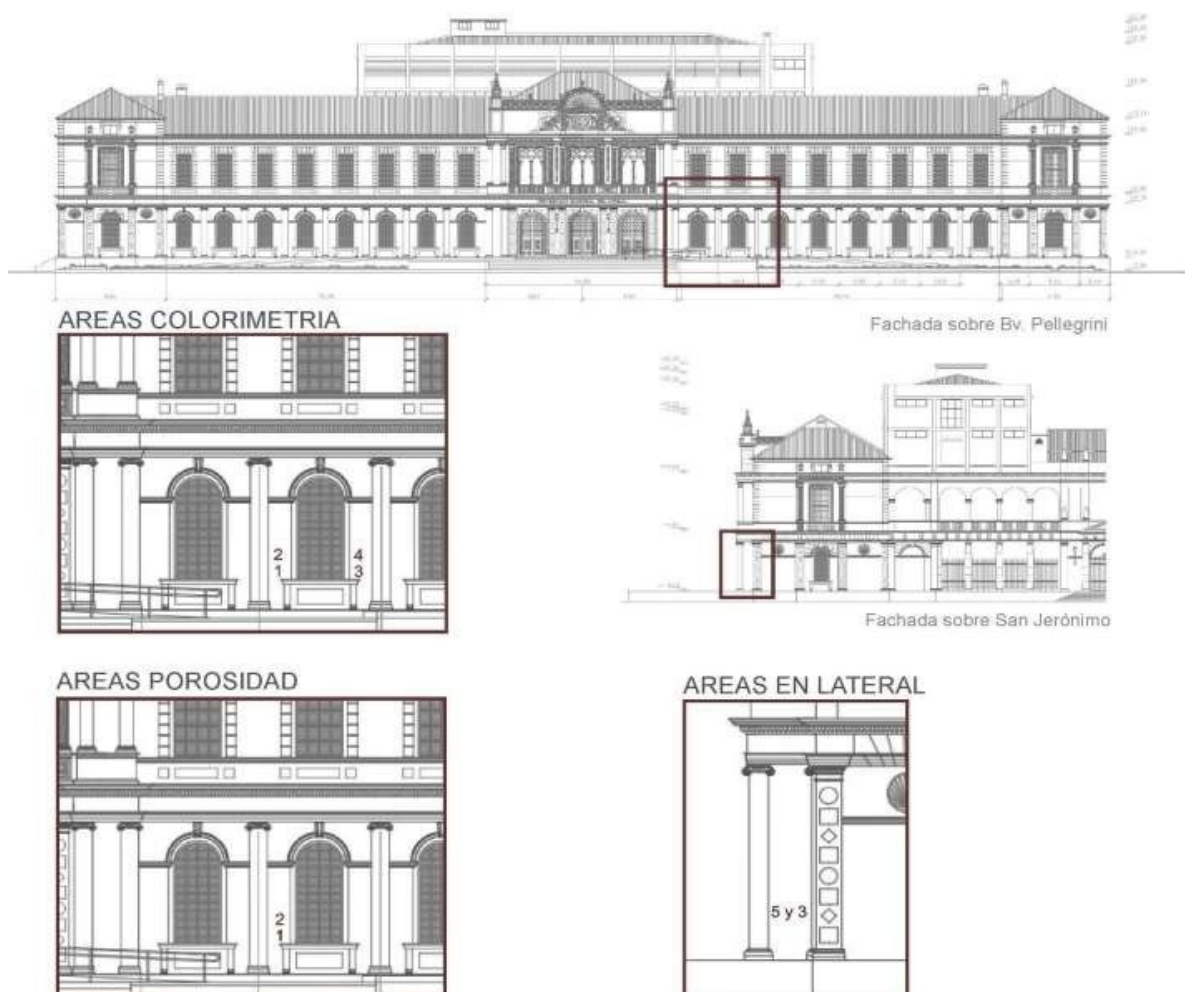
En una primera etapa, se realizó el relevamiento in situ sobre el paramento principal del edificio, seleccionando cinco áreas de estudio según criterios de exposición, heterogeneidad visual y antecedentes de intervención. En cada área se aplicaron procedimientos no destructivos

Para el estudio de porosidad, se emplearon tubos Karsten de absorción, aplicando agua desmineralizada en tres sectores seleccionados. Se registró el volumen de

para el diagnóstico físico y cromático del revestimiento.

Para el estudio de color, se utilizó un espectrofotómetro portátil en condiciones SCI (componente especular incluido) y SCE (componente especular excluido), registrando las coordenadas de color L^* , a^* , b^* en el espacio CIELAB. Se realizaron múltiples mediciones por área y se calcularon los valores promedio, además de las diferencias de color ΔE entre sectores.

agua absorbido cada 10 segundos durante un minuto. Los ensayos fueron filmados y posteriormente analizados mediante extracción de fotogramas, lo que permitió



cuantificar el descenso del nivel de agua con mayor precisión temporal.

Los datos obtenidos fueron procesados en hojas de cálculo y visualizados mediante gráficos de barras, diagramas polares, representación RGB y análisis comparativo cruzado entre las dos variables principales: color y porosidad.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos permiten caracterizar las diferencias materiales entre los sectores analizados del muro. En cuanto a la porosidad superficial, los ensayos con tubos Karsten mostraron una tendencia general a la alta absorción inicial con posterior estabilización. El volumen total absorbido en un minuto fue mayor en el Área 2 (7,0 ml), intermedio en el Área 3 (6,0 ml) y menor en el Área 1 (5,5 ml), lo que sugiere diferencias en la permeabilidad del material. Estas diferencias podrían estar vinculadas a degradación por exposición o a heterogeneidad material producto de restauraciones.

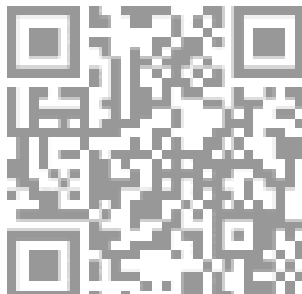
En cuanto a la variable cromática, los valores promedio de L^* , a^* y b^* mostraron variaciones claras entre áreas, tanto en luminosidad como en saturación. Las áreas

1 y 3 presentaron menor luminosidad (L^*), mientras que las áreas 2, 4 y 5 fueron visiblemente más claras. El cálculo de diferencias ΔE evidenció contrastes significativos en la percepción del color, especialmente entre áreas contiguas.

Los gráficos de visualización en modelos RGB, HSV y diagramas polares permitieron representar de manera intuitiva las variaciones cromáticas, reforzando la percepción visual de la heterogeneidad del paramento. Esta herramienta facilitó la interpretación de los datos numéricos, especialmente en relación con la evaluación de posibles intervenciones previas o procesos de envejecimiento diferencial.

Con el objetivo de facilitar la interpretación de las diferencias cromáticas detectadas en las distintas áreas del paramento, se desarrolló un recurso audiovisual que permite observar la variación progresiva de los colores representados gráficamente, a través de una animación secuencial.

Esta herramienta complementa las representaciones gráficas estáticas al permitir una visualización comparada más dinámica e intuitiva. El video puede visualizarse escaneando el siguiente código QR.



Estudios de porosidad en el Rectorado de la Universidad Nacional del Litoral				
Utilizando tubo karsten para ensayo de penetración horizontal				
ubicación	valores registrados			promedios
área	prueba	tiempo [seg]	volumen absorbido [ml]	
1	01	1-10	2	Absorción total en 60 s: 5.5 ml
		10-20	1	
		20-30	1	
		30-40	0.5	Promedio: 0.92 ml / 10 s
		40-50	0.5	
2	02	50-60	0.5	Absorción total en 60 s: 7 ml
		1-10	2	
		10-20	1.5	
		20-30	1	Promedio: 1.17 ml / 10 s
		30-40	1	
3	03	40-50	1	Absorción total en 60 s: 6 ml
		50-60	0.5	
		1-10	2	
		10-20	1	Promedio: 1.00 ml / 10 s
		20-30	1	
		30-40	1	
		40-50	0.5	
		50-60	0.5	

Estudios de color en el Rectorado de la Universidad Nacional del Litoral																		
Utilizando Espectrofotometro CM-700d/600d																		
ubicación		valores del espectrofotómetro										promedios						
área	patrón	SCE	L*	a*	b*	SCI	L*	a*	b*		SCE	L*	a*	b*	SCI	L*	a*	b*
1	01	30.04	74.18	3.00	12.36	30.4	74.38	2.97	12.28									
	02	31.29	74.87	2.49	11.82	31.66	75.07	2.46	11.78									
	03	24.90	71.23	3.98	14.31	25.17	71.39	3.97	14.24									
	04	28.02	72.78	3.22	12.69	28.34	72.96	3.20	12.62									
	05	31.80	75.65	3.05	12.41	32.18	75.85	3.03	12.34									
	06	31.27	75.13	2.54	12.00	31.66	75.34	2.51	11.91	29.55	73.97	3.05	12.60	29.90	74.17	3.02	12.53	
2	07	42.64	83.18	2.33	12.28	43.14	83.41	2.30	12.18									
	08	38.89	81.34	3.14	13.63	38.49	81.08	3.16	13.62									
	09	36.72	79.8	3.26	13.84	37.14	80.02	3.25	13.70									
	10	38.34	80.78	3.09	13.43	38.86	81.03	3.07	13.35									
	11	35.78	79.23	3.43	13.98	36.25	79.46	3.41	13.90	38.47	80.87	3.05	13.43	38.78	81.00	3.04	13.35	
3	12	29.06	73.73	2.94	12.88	29.41	73.94	2.92	12.82									
	13	29.73	73.51	2.81	12.16	30.13	73.74	2.79	12.08									
	14	29.80	73.14	2.48	11.42	30.66	73.69	2.43	11.24									
	15	28.25	73.23	3.29	13.37	28.55	73.41	3.26	13.29									
	16	27.06	73.17	3.64	14.28	27.45	73.39	3.63	14.19	28.78	73.36	3.03	12.82	29.24	73.63	3.01	12.72	
	17	37.12	80.34	2.96	13.95	37.55	80.54	2.95	13.87									
4	18	38.54	80.86	2.81	13.36	38.96	81.04	2.80	13.28									
	19	39.38	81.23	2.67	12.96	39.82	81.43	2.66	12.87									
	20	38.30	80.93	2.85	13.44	38.53	81.01	2.82	13.36									
	21	38.79	81.14	2.97	13.26	40.03	81.78	2.75	13.17	38.43	80.90	2.85	13.39	38.98	81.16	2.80	13.31	
	22	43.96	84.22	2.44	12.52	44.63	84.53	2.42	12.45									
	23	36.42	81.87	3.16	15.67	36.78	82.05	3.14	15.61									
5	24	34.95	80.17	3.16	14.98	37.32	81.75	3.12	14.98									
	25	39.48	82.44	2.89	14.07	40.26	82.84	2.86	13.99									
	26	37.25	81.72	3.05	15.02	37.75	81.99	3.03	14.98	38.41	82.08	2.94	14.45	39.35	82.63	2.91	14.40	
$\Delta E = \sqrt{[(L1 - L2)^2 + (a1 - a2)^2 + (b1 - b2)^2]}$																		
ΔE SCE						$\Delta E = 1-2$						ΔE SCI						
Áreas						Diferencias apenas perceptibles.						Áreas						
1						Diferencias claramente visibles.						1						
2						$\Delta E > 10$:						2						
3						Colores considerados "diferentes"						3						
4						categóricamente						4						
5												5						

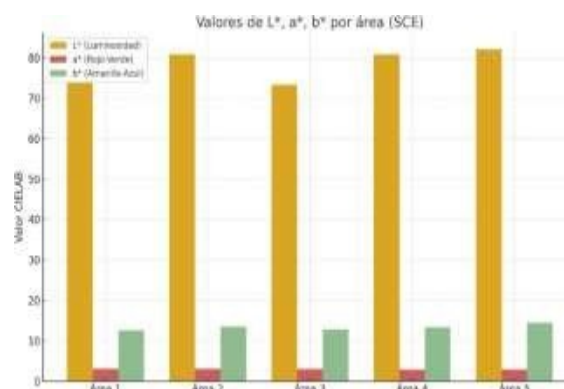
Conclusiones

La investigación desarrollada permitió avanzar en la caracterización material de los revestimientos símil piedra de la Manzana Histórica de la Universidad Nacional del Litoral, incorporando herramientas de medición instrumental y visualización gráfica que fortalecen el análisis técnico y perceptual del paramento.

Los estudios colorimétricos realizados en cinco sectores del muro evidenciaron diferencias notables tanto en los valores individuales de L^* , a^* y b^* , como en las diferencias ΔE entre áreas, resultado que confirma visualmente las heterogeneidades perceptibles a simple vista. A pesar de compartir una gama cromática general cálida (rojos-amarillos), las diferencias en la luminosidad (L^*) y la saturación del color son significativas en ciertos sectores.

Colorimetría por área (condición SCE):

- Área 1: $L^* = 73.97$, $a^* = 3.05$, $b^* = 12.60$
- Área 2: $L^* = 80.87$, $a^* = 3.05$, $b^* = 13.43$
- Área 3: $L^* = 73.36$, $a^* = 3.03$, $b^* = 12.82$
- Área 4: $L^* = 80.90$, $a^* = 2.85$, $b^* = 13.39$
- Área 5: $L^* = 82.08$, $a^* = 2.94$, $b^* = 14.45$

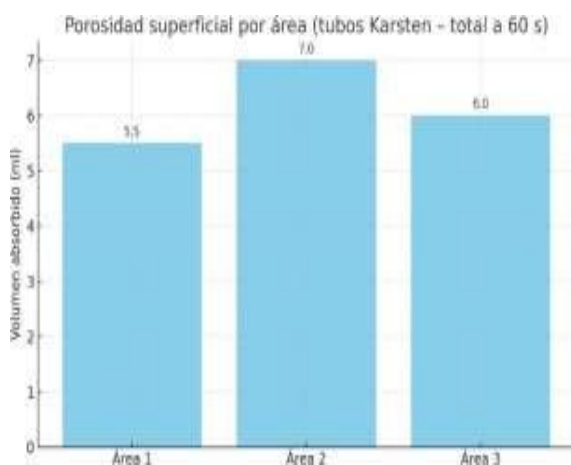


Las áreas 1 y 3 presentan menor luminosidad y saturación, en contraste con las áreas 2, 4 y 5, que son visiblemente más claras. Este contraste puede deberse a diferencias en la exposición solar, procesos de degradación o sectores intervenidos durante la restauración de 2019.

Asimismo, se observaron diferencias sistemáticas entre las mediciones realizadas en condiciones SCI (componente especular incluido) y SCE (componente especular excluido). En todos los casos, los valores de L^* , a^* y b^* obtenidos bajo SCE fueron levemente inferiores en saturación y luminosidad, lo cual es consistente con la exclusión del brillo superficial en la medición. Esta comparación permitió analizar no solo el color real del revestimiento sino también cómo incide la reflectancia en su percepción visual. La inclusión de ambas condiciones en la medición ofrece una herramienta clave para definir criterios cromáticos de intervención con mayor precisión, en especial en contextos donde la textura o el desgaste afectan la percepción del color.

Porosidad por área:

- Área 1: 5.5 ml (promedio: 0.92 ml/10 s)
- Área 2: 7.0 ml (promedio: 1.17 ml/10 s)
- Área 3 (equivalente a Área 5 de colorimetría): 6.0 ml (promedio: 1.00 ml/10 s)

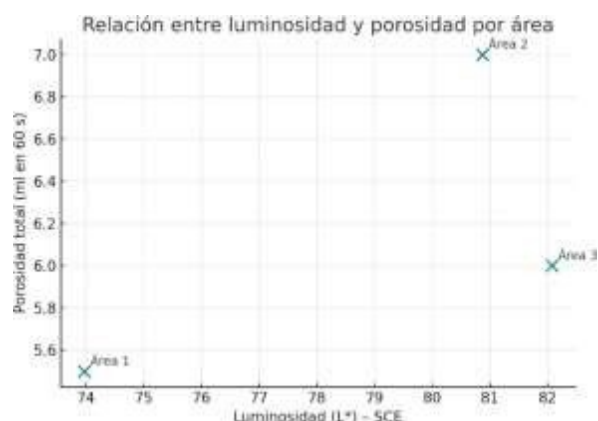


Se observa un patrón compartido de alta absorción inicial, con descenso progresivo, indicativo de un comportamiento poroso medio y tendencia a saturación. Las diferencias cuantitativas permiten pensar ciertas variaciones de porosidad superficial, posiblemente relacionadas con desgaste, morteros repuestos o zonas más expuestas.

Correlaciones observadas:

- En Área 1, la menor luminosidad (L^*) se asocia a menor absorción de agua, lo cual podría vincularse a una superficie más consolidada.

- En Área 2, se combina una alta luminosidad con mayor porosidad, lo cual sugiere una zona más degradada, más expuesta o con materiales más absorbentes. Es una zona donde el ojo humano identifica fácilmente un tono más claro que los demás.
- En Área 5 (colorimetría) / Área 3 (porosidad), los valores son intermedios tanto en color como en absorción, reforzando la idea de un comportamiento material más estable o recientemente intervenido. También se considera un área menos expuesta por ser un lateral del muro.



El cruce de estas variables evidencia la complementariedad entre estudios ópticos y físicos, y aporta un diagnóstico integral de sectores diferenciados del paramento. A su vez, la metodología de análisis mediante registro audiovisual y extracción de fotogramas permitió cuantificar la absorción con precisión temporal, fortaleciendo la validez de los datos.

En conjunto, el trabajo realizado sienta una base objetiva, gráfica y analítica para futuras intervenciones en el edificio, y representa un antecedente técnico valioso para diagnósticos comparativos en revestimientos de características similares. Esta experiencia también demuestra cómo el uso de tecnología accesible puede potenciar el análisis patrimonial desde una mirada integrada.

Referencias Bibliográficas

- Barberot, E. (1927). Tratado práctico de edificación (5.^a ed.). Gustavo Gili.
- Fernández Boan, A., & Alfaro, A. A. (2008). Principios y técnicas de conservación: Patrimonio Arquitectónico Argentino (1850-1950). Editorial Hábitat.
- Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. (2006). Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos. Junta de Andalucía.
- Lorda, J. (s.f.). Ornaments. En Classical architecture. The grand manner.
- Ontiveros Ortega, E. (2006). La ciencia de los materiales. Consejería de Cultura, Junta de Andalucía.
- Paris Benito, F. (2008). El revestimiento símil piedra. Vía S.A.

Zanni, E. (2008). Patología de la construcción y restauro de obras de arquitectura. Editorial Brujas.

Autores varios. (1993). Inventario: 200 obras del patrimonio arquitectónico de Santa Fe. Centro de Publicaciones UNL.

LEMIT. (2006). Estudios e investigaciones realizadas sobre materiales empleados en edificios históricos. En Actas de la V Jornada de Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio.

Agradecimientos

La presente investigación se desarrolló en el marco del proyecto CAI+D “Técnicas y procedimientos para el diagnóstico y restauración de obras de valor patrimonial” y contó con el acompañamiento del Laboratorio de Técnicas y Materiales (LATMAT) de la FADU-UNL. Agradezco especialmente a la directora de beca, Arq. María Laura Tarchini, por su guía y compromiso durante todo el proceso.

Financiamiento

La investigación se realizó en el marco del Programa de Becas de Iniciación a la Investigación para Estudiantes de Carreras de Grado, Cientíbecas., financiadas por la Universidad Nacional del Litoral por una duración de quince meses (febrero 2024-mayo 2025).

9.- Desafíos de biotecnología y bioquímica

Estudio de la fermentación, propiedades fisicoquímicas y sensoriales de vino de mango (*Mangífera indica* L.) elaborado con *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*

Autor: Silvero, Sabina Andrea; email: silvero.andrea@gmail.com

Orientadora: Musmeci Soto, Rossana Mercedes; email: rossanamusmeci@facyt.uni.edu.py

Universidad Nacional de Itapúa / Facultad de Ciencias y Tecnología

Resumen

En el departamento de Itapúa, Paraguay, el mango (*Mangífera indica* L.) es una fruta abundante que se desaprovecha por el desconocimiento de su potencial agroindustrial. A medida que el consumo de vino en Paraguay aumenta cada año, surge la necesidad de explorar nuevas alternativas para aprovechar el mango en la producción de vinos. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el proceso de fermentación, así como las características fisicoquímicas y sensoriales del vino de mango, utilizando diferentes concentraciones de las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*. El diseño experimental fue completamente aleatorio, con un total de ocho experimentos y tres repeticiones, incorporando sacarosa cristalizada refinada y ajustando la acidez total e iónica del mosto. Los experimentos se realizaron a cabo en biorreactores de vidrio color caramelo de un litro de capacidad, inoculados con 1 y 2 gL⁻¹ de *S. cerevisiae* y 1 y 2 gL⁻¹ de *S. bayanus*, fermentándose a 20 °C durante doce días, y luego estacionándose a 25 °C por quince días. Los datos obtenidos se analizaron utilizando el programa Statgraphics®, aplicando el test de Fischer para la comparación de medias y ANOVA. Los resultados indicaron que el jugo de mango presentó buenas características químicas, aunque se requerirían ajustes en los parámetros de fermentación. El experimento W5, con 1 gL⁻¹ de *S. bayanus* y 22 °Bx, mostró las mejores propiedades fisicoquímicas y sensoriales, mientras que los experimentos W4 y W8, con 2 gL⁻¹ de ambas levaduras y 25 °Bx, tuvieron menor aceptación y valores fisicoquímicos alejados de los estándares óptimos para vinos. Se recomienda el uso de *S. bayanus* para la producción de vino de mango, ya que mostró mejores características sensoriales.

Palabras clave: vino, mango, levadura

Introducción

La fermentación alcohólica es un proceso antiguo donde levaduras convierten azúcares en etanol y dióxido de carbono en condiciones anaeróbicas. El vino, producido desde tiempos remotos a partir de mosto de uvas, se ha convertido en un rubro comercial importante, utilizado en eventos especiales y rituales religiosos. La palabra "vino" generalmente se refiere al resultado de la fermentación del mosto de uva, mientras que los vinos de otras frutas se denominan "vino de..." seguido del nombre de la fruta. (COVENIN 3342:1997).

En Paraguay, el mercado del vino muestra un crecimiento esperado del 6% al 10%. Un estudio de 2014 reveló que el 36% de la población compra vino al menos una vez al mes. El mango, abundante en primavera y verano, se desperdicia en gran parte debido al desconocimiento de sus propiedades nutritivas. Aunque se produce jugo y algunas mermeladas, las pérdidas siguen siendo significativas. Pocas empresas se dedican a procesar adecuadamente el mango, lo que limita su consumo a nivel nacional. (MAG, 2015)

El mango tiene un alto potencial para ser transformado en productos derivados. Se estima que de cada tonelada de mango procesado se obtienen aproximadamente 750 kilos de pulpa, rica en azúcares. Esto sugiere que estudiar nuevas alternativas

para su industrialización podría ofrecer productos innovadores y desarrollar nuevos mercados. (MAG, 2015).

Las levaduras del género *Saccharomyces* son las más utilizadas en la fermentación alcohólica por su capacidad de producir alcohol en ausencia de oxígeno (Hidalgo, 2018). Esta investigación se centra en convertir mosto de mango en vino utilizando *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, analizando la variación de acidez y sólidos solubles durante la fermentación. Se evaluaron diferentes concentraciones de levadura y sacarosa para determinar las mejores condiciones para obtener vinos de calidad. También se analizaron las propiedades fisicoquímicas y sensoriales para identificar los vinos más aceptables según los estándares establecidos.

El objetivo es encontrar la combinación ideal que maximice el potencial del mango como materia prima para la elaboración de vinos, contribuyendo así al desarrollo del sector de producción de bebidas alcohólicas fermentadas en Paraguay y aprovechando un recurso natural que actualmente se desperdicia. La investigación busca, además, aumentar la conciencia sobre la importancia de la industrialización del mango, promoviendo su uso en la producción de bebidas alcohólicas.

Objetivos

General

Evaluar el proceso de fermentación, propiedades fisicoquímicas y efecto en los atributos sensoriales del vino de mango elaborado con *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*.

Específicos

1. Analizar cuantitativamente las características químicas del jugo de mango.
2. Cuantificar la variación de acidez iónica (pH) y del contenido de sólidos solubles totales (SST) ocurrida en el proceso de fermentación de los mostos.
3. Identificar las propiedades fisicoquímicas de los vinos.
4. Establecer las propiedades sensoriales de los vinos y el de mayor aceptabilidad sensorial.
- 5.

Materiales y Métodos

El tipo de investigación es aplicada, con enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). El diseño de la investigación es experimental con estudio multifactorial. (Hernández Sampieri, Mendoza, 2018).

El diseño del experimento fue completamente aleatorio, con 8 experimentos estandarizados y 3 repeticiones de cada uno. Las concentraciones de levaduras y azúcares variaron entre los experimentos, siguiendo

las referencias de estudios previos.

Se utilizaron veinticuatro botellas de vidrio de 1 L de capacidad, previamente esterilizadas y de color caramelo, que fueron cerradas con tapones de goma perforados. Estos tapones se equiparon con dispositivos de sello de aire, permitiendo la salida del dióxido de carbono producido durante la fermentación alcohólica, mientras se mantuvieron condiciones anaeróbicas en el interior de los fermentadores.

Se seleccionaron frutas de mango que cumplieran con criterios de calidad establecidos por la Norma Codex Stan 184 (2005), asegurando que estuvieran exentas de malformaciones, marchitamiento y daños. Después de transportarlas al laboratorio, se limpiaron con abundante agua corriente y agua destilada. La cáscara y el carozo se extrajeron manualmente con un cuchillo de acero inoxidable, conservando la pulpa, que luego fue mezclada utilizando una licuadora.

Determinaciones analíticas del jugo de mango.

El jugo se preparó diluyendo 7 kg de pulpa de mango previamente mixturada con agua potable destilada y esterilizada, obteniendo un total de 10,5 L. de jugo, en conformidad con la Norma Codex Stan 247 (2005).

Las determinaciones analíticas incluyeron Sólidos Solubles Totales (SST), Acidez Total Titulable (ATT), Acidez Iónica (pH) y Densidad. Para los SST, se utilizó un refractómetro a 20 °C, realizando el análisis por triplicado. En la determinación de ATT, se empleó el método Codex Stan 247 (2005) descrito por Padín C. y otros (2012) desgasificando la muestra y valorando con hidróxido de sodio. La acidez iónica se midió siguiendo la Norma Venezolana COVENIN (1979) y la densidad se determinó mediante un areómetro, también por triplicado.

Fermentación del mosto

Para los análisis químicos del mosto se utilizaron las metodologías descritas en COVENIN 1157:1977, COVENIN 1315:1979 y COVENIN 1993.

Se preparó el mosto a partir de los 10,5 L de jugo de mango distribuidos en dos recipientes de plástico, cada uno con 5,25 L. Se añadió una solución estéril de sacarosa hasta alcanzar concentraciones de SST de 22 y 25 °Bx, respectivamente. Además, se incorporó ácido cítrico diluido para lograr un contenido de ATT de 5,5 g.L⁻¹ y un pH de 4, utilizando metodologías específicas para estas mediciones. Por último, se agregó 0,15 g.L⁻¹ de metabisulfito de potasio para controlar la actividad microbiana.

Los inóculos de las levaduras

Saccharomyces cerevisiae y *Saccharomyces bayanus* se prepararon siguiendo las indicaciones del proveedor. Las levaduras se activaron con agua destilada a 40 °C y 43 °C, respectivamente, durante 15 minutos, y se añadieron a los mostos en las cantidades necesarias para iniciar la fermentación.

Los biorreactores fueron inoculados con 900 mL de mosto de mango ajustado y se colocaron en una cámara isotérmica a 20 °C en condiciones de oscuridad. La fermentación se llevó a cabo durante 12 días, con muestreo diario para analizar acidez iónica y sólidos solubles totales. La fermentación finalizó cuando no se observó formación de burbujas en los sellos de aire. Los vinos clarificados se trasvasaron a botellas de 750 mL, que fueron esterilizadas y selladas con corchos cilíndricos. Las botellas se almacenaron por 60 días en un lugar oscuro a temperatura ambiente para permitir la maduración y desarrollo de sabores característicos de un vino joven.

Determinaciones analíticas de los vinos de mango

Para el análisis fisicoquímico de los productos (vinos de mango) obtenidos se utilizaron las metodologías descritas en las Normas COVENIN 3042:1993, COVENIN 3342:1997 y COVENIN 3286:1997.

Se llevaron a cabo análisis de Acidez

Total Titulable (ATT), Acidez Iónica (pH), Densidad, Grado Alcohólico, Extracto Seco, Azúcares Reductores, Acidez Volátil y Azúcares Totales, siguiendo métodos estandarizados. Cada uno de estos parámetros se midió con precisión, asegurando replicabilidad y validez en los resultados.

Análisis Sensorial

Para evaluar la aceptación de los ocho productos obtenidos, se utilizó una escala hedónica verbal de 5 puntos, analizando variables como color, aroma y sabor. Los datos obtenidos se procesaron utilizando ANOVA y el software Statgraphics Centurion© XVI, permitiendo una comparación robusta de las características sensoriales de los vinos.

Resultados y Discusión

Determinaciones analíticas del jugo de mango

Se obtuvieron 10,5 L de jugo de mango a partir de 7 kg de pulpa fresca, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Norma Codex Stan 247 (2005). Las determinaciones se realizaron por triplicado, y los resultados promedios se resumen en la Tabla 2.

El contenido de sólidos solubles totales fue de 13,5 °Bx, lo que es inferior a los valores óptimos para vino de uva (21-25 °Bx) pero superior a los reportados para

jugo de tomate (5,2 °Bx) (Álvarez *et al.*, 2009) y melón (8 °Bx) (Padín *et al.*, 2012). Aunque este contenido es adecuado para iniciar la fermentación, la alta pectina del mango puede dificultar el desarrollo de levaduras, como indican Alkorta *et al.* (1998).

Tabla 2. Valores obtenidos en la caracterización química del jugo de mango.

Determinaciones analíticas	Promedio	D.S.	% C.V.
Sólidos Solubles Totales (°Bx)	13,5	0,0000	0,00
Acidez Total Titulable (g.L ⁻¹) ^a	1,67	0,0286	1,70
Acidez Iónica (pH)	3,30	0,0115	0,35
Densidad (g.L ⁻¹)	1,015	0,5774	0,05

Referencia: ^a gramos de ácido cítrico por litro

La acidez total titulable fue de 1,67 g.L⁻¹, menor que en jugo de tomate (5,06 g.L⁻¹) y uva Niagara Rosada (3,18 g.L⁻¹), pero mayor que en vino de melón (0,25 g.L⁻¹). Este valor se ajustó con ácido cítrico para alcanzar el nivel óptimo de 5,5 g.L⁻¹ recomendado por Kolb (2002) para uvas. El pH promedio de 3,30 es favorable para el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* y está dentro de los límites óptimos (3 - 4) mencionados por Kolb (2002). Este ajuste, junto con la adición de

ácido cítrico, permitió preparar un mosto con un pH final de 4. Finalmente, la densidad del jugo fue de 1,015 g.L⁻¹, alineándose con los valores adecuados para la fermentación de jugo de uva, según Kolb (2002).

Estudio de la fermentación

Durante la fermentación isotérmica a 20 °C de los ocho experimentos para la producción de vino de mango, se tomaron muestras diarias por triplicado para determinar pH y sólidos solubles totales (SST) durante 12 días. Los resultados promedios se presentan en las Tablas 3 y 4.

Tabla 3. Valores de Acidez Iónica pH del mosto durante la fermentación

Tiempo (días)	pH							
	<i>S. cerevisiae</i>				<i>S. bayanus</i>			
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
0	4,004,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
1	3,904,14	3,98	4,16	3,94	4,17	3,91	4,06	
2	3,854,11	3,94	4,15	3,89	4,14	3,88	4,02	
3	3,824,09	3,91	4,14	3,85	4,11	3,84	3,99	
4	3,794,05	3,88	4,10	3,82	4,09	3,81	3,95	
5	3,764,03	3,85	4,09	3,80	4,08	3,78	3,91	
6	3,744,01	3,82	4,06	3,78	4,06	3,75	3,88	
7	3,733,98	3,80	4,03	3,75	4,05	3,73	3,83	
8	3,713,97	3,79	3,99	3,74	4,03	3,71	3,80	
9	3,693,95	3,78	3,98	3,73	4,02	3,70	3,78	

10	3,683,93	3,75	3,94	3,73	4,00	3,69	3,76
11	3,683,93	3,72	3,93	3,72	3,99	3,68	3,75
12	3,683,93	3,72	3,91	3,72	3,99	3,68	3,75

Los tratamientos W3, W4 y W8, que utilizaron 2 g.L⁻¹ de levaduras, experimentaron un ligero descenso en pH el primer día, lo que puede atribuirse a la rápida producción de metabolitos por las levaduras, generando un estrés inicial que requiere adaptación al medio (Hidalgo, 2010). Según este autor, la concentración óptima de levaduras para microvinificación es de 1 g.L⁻¹.

Hidalgo (2010), también señala que *S. bayanus* es altamente fermentativa y tolera altas concentraciones de SST y alcohol, mientras que *S. cerevisiae* se desempeña mejor en medios con SST de 22 °Bx o menos.

En el tratamiento W1, *S. cerevisiae* se desarrolló de manera adecuada, mientras que en el tratamiento W7, la mayor concentración de *S. bayanus* mejoró el metabolismo de los azúcares, resultando en un pH similar al tratamiento inicial.

La concentración de SST mostró un comportamiento hiperbólico típico de la fermentación, con una disminución rápida en los primeros días, reflejando el consumo de azúcares por las levaduras (Hidalgo, 2010). Al final de la fermentación, el contenido de SST varió entre 5,27 °Bx y

10,9 °Bx; sin embargo, algunos azúcares presentes, como las pentosas y heptulosa, no son fermentables (Troost, 1987).

Así es que, en el tratamiento W1, el pH final fue de 3,68, mientras que el tratamiento W5 terminó en 3,72, con un contenido de SST de 5,27 y 7,23 °Bx, respectivamente.

Tabla 4. Valores de sólidos solubles totales del mosto durante la fermentación.

Tiempo (días)	SST (°Bx)							
	<i>S. cerevisiae</i>				<i>S. bayanus</i>			
	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈
0	22,0	22,0	25,0	25,0	22,0	22,0	25,0	25,0
1	20,5	20,5	23,3	23,3	20,5	20,5	23,3	23,3
2	18,5	18,5	21,3	21,3	18,5	18,5	21,3	21,3
3	16,6	16,6	19,9	19,9	16,6	16,6	19,9	19,9
4	15,3	15,3	18,3	18,3	15,3	15,3	18,3	18,3
5	13,5	13,5	17,1	17,1	13,5	13,5	17,1	17,1
6	11,6	11,6	15,4	15,4	11,6	11,6	15,4	15,4
7	10,5	10,5	14,3	14,3	10,5	10,5	14,3	14,3
8	8,5	8,5	13,6	12,5	10,4	9,7	14,3	14,2
9	7,4	3,7	11,1	11,1	5,9	5,8	12,8	13,1
10	6,4	0,6	2,7	9,6	3,1	0,1	11,6	12,1
11	5,2	7,5	3,0	8,3	7,8	7,0	10,4	10,9
12	5,2	7,5	3,0	8,3	7,8	7,0	10,4	10,9

Similarmente, el tratamiento W2 finalizó con pH 3,93, en comparación con 3,99 para el tratamiento W6, con SST de 5,30 y 7,07

°Bx. El tratamiento W3 tuvo un pH final de 3,72, ligeramente superior al de W7 (3,68), con SST de 8,37 y 10,4 °Bx. Finalmente, el tratamiento W4 finalizó en 3,75, superando a W8 (3,91), con SST de 8,70 y 10,9 °Bx. Estos resultados indican que la interferencia de fibras y pectinas en el mosto pudo haber influido en las variaciones observadas.

Determinaciones analíticas en los vinos de mango

Para la caracterización fisicoquímica de los productos, se analizaron un total de 24 muestras, distribuidas en 8 grupos correspondientes a los experimentos W1 a W8. Cada grupo consistió en 3 muestras, y se realizó un análisis por triplicado para asegurar la precisión de los resultados. Los valores promedios de las determinaciones fisicoquímicas se presentan en la Tabla 5. El análisis de varianza (ANOVA) para la acidez total reveló diferencias significativas entre los grupos, con un p-valor de 0,0000, lo que indica que existe variabilidad estadísticamente significativa entre los tratamientos. La acidez total se expresó como ácido tartárico, que es crucial para conferir al vino su carácter fresco, una característica distintiva de los vinos blancos.

Según la Norma Mexicana para vinos (1985), los vinos blancos deben tener contenidos de entre 6 y 7 g.L⁻¹ de ácido

tartárico. En este estudio, los tratamientos W3, W4, W7 y W8 se encontraban dentro de este rango, mientras que los tratamientos W1, W2, W5 y W6 no cumplieron con este requisito.

El análisis de pH también mostró diferencias significativas, con un p-valor de 0,0000. Los valores de pH de los vinos deben estar entre 2,7 y 3,9 (Ibar, 1995).

Tabla 5. Valores obtenidos en la caracterización química de los vinos de mango.

	Promedios							
	<i>S. cerevisiae</i>				<i>S. bayanus</i>			
Análisis	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
ATT (g.L ⁻¹)	5,38	5,70	6,21	6,21	5,40	5,75	6,32	6,33
pH	3,70	3,90	3,75	3,92	3,73	4,00	3,70	3,80
Densidad (g.L ⁻¹)	0,994	0,994	0,998	1,003	0,995	0,997	1,001	1,005
Alcohol (% v/v)	9,17	9,00	11,2	11,5	10,0	10,5	11,8	12,0
Extracto Seco (g.L ⁻¹)	18,9	18,7	18,3	19,7	17,6	18,3	18,5	18,6
Azúcares Totales (g.L ⁻¹)	1,88	1,90	3,57	3,60	1,80	1,83	3,30	3,35
Azúcares Reduct. (g.L ⁻¹)	1,88	1,94	2,03	2,57	1,82	1,90	1,95	1,98
Acidez Volátil (g.L ⁻¹)	0,77	0,84	0,93	0,96	0,75	0,81	0,88	0,88

Los tratamientos W1, W2, W3, W4, W5, W7 y W8 cumplieron con los límites establecidos, mientras que el tratamiento W6 se encontró fuera de este rango, lo que

podría afectar su estabilidad y sabor.

En cuanto a la densidad, el ANOVA arrojó un p-valor de 0,0000, indicando diferencias significativas en los puntajes asignados a la densidad de los ocho tratamientos. Los valores de densidad reportados por Miño Valdés (2013) para vino de uva fueron de 0,9932 g.L⁻¹ para fermentaciones con *S. bayanus* y 0,9936 g.L⁻¹ para fermentaciones con *S. cerevisiae*. En esta investigación, solo el tratamiento W1 se acercó a esos resultados, mientras que los demás mostraron valores ligeramente mayores, que aún son aceptables según Hidalgo (2010).

El grado alcohólico también presentó diferencias significativas, con un p-valor de 0,0000. Los valores obtenidos variaron desde 9,00 % en el tratamiento W2 hasta 12,0 % en el tratamiento W8. Este último valor se atribuye a la alta concentración de azúcares en el medio y a las condiciones favorables de pH para el desarrollo de las levaduras. Todos los tratamientos cumplieron con los requisitos establecidos por la Norma COVENIN 3042-93, que establece un mínimo de 7 % y un máximo de 14 % de alcohol.

El análisis de azúcares totales mostró también diferencias significativas, con un p-valor de 0,0000. Los azúcares totales se mantuvieron por debajo de los valores reportados por Padín et al. (2012), que oscilaron entre 20 y 50 g.L⁻¹ para vinos de

melón y semeruco. Según la Norma COVENIN 3342-93, los vinos secos deben contener "trazas" de azúcares, no más de 5 g.L⁻¹, lo que clasifica a los vinos de mango obtenidos en esta investigación como "secos".

Finalmente, el análisis de acidez volátil, que es decisiva para identificar la acción de microorganismos, también mostró un p-valor de 0,0000, indicando diferencias significativas entre los tratamientos. Todos los vinos presentaron valores superiores a los determinados por Miño Valdés (2013), para vino de uva, pero inferiores al límite de 1 g.L⁻¹ establecido por la legislación actual. Esto sugiere un buen control del proceso fermentativo, minimizando la contaminación microbiana y contribuyendo a la calidad del vino de mango producido.

Análisis sensorial de los vinos de mango

Se analizaron 240 muestras de vinos de mango, distribuidas en grupos de ocho para un panel de degustación, donde cada muestra de 20 mL. fue evaluada. Los análisis fisicoquímicos y sensoriales se realizaron en Encarnación, Paraguay, utilizando el programa Statgraphics Centurion© XVII para procesar los resultados.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas en el color, con un p-valor de 0,0000. Los tratamientos W1 y

W3 obtuvieron las mejores puntuaciones (4,60 y 4,53), siendo calificados como de excelentes características. Los tratamientos W2, W4 y W8 tuvieron puntuaciones de 4,23 y 4,20, mientras que W5, W6 y W7 se clasificaron con 4,03, considerados de buenas características, pero con defectos notables. Esto concuerda con la importancia del color en la primera impresión del vino, como indican Padín *et al.* (2012).

El ANOVA para el aroma también reveló diferencias significativas (p-valor de 0,0000). Los tratamientos W1, W2, W3, W5, W6 y W7 destacaron con puntajes entre 3,68 y 4,00, calificados como de buenas características. W4 y W5, con puntuaciones de 3,20 y 3,30, fueron considerados aceptables, pero con defectos notables. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Hidalgo (2010), quien menciona que el aroma es fundamental para la aceptabilidad del vino. El análisis de varianza para el sabor mostró un p-valor de 0,0000, indicando diferencias significativas. Los tratamientos W4 y W5 fueron los mejor valorados, con un promedio de 4,57, calificándolos como de excelentes características. Los tratamientos W2, W6 y W7 tuvieron puntajes de 3,60, 4,00 y 4,17, considerados de buenas características. W3 y W8 obtuvieron las puntuaciones más bajas (2,77 y 2,80), siendo considerados

aceptables con defectos notables. Esto coincide con lo que señala García Barceló (1990), donde un buen equilibrio de sabores es crucial para la calidad del vino.

Tabla 14. Valores obtenidos en la caracterización sensorial de los vinos de mango.

	Promedios							
	<i>S. cerevisiae</i>				<i>S. bayanus</i>			
Parámetro	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈
Color	4,60	4,23	4,53	4,23	4,03	4,03	4,03	4,20
Aroma	3,90	4,00	3,67	3,20	3,86	3,80	3,80	3,30
Sabor	3,73	3,60	2,77	4,57	4,57	4,00	4,17	2,80

Conclusiones

La dilución de la pulpa influyó en las concentraciones de acidez total y contenido de sólidos solubles totales de los experimentos, las determinaciones obtenidas en el jugo de mango, fueron inferiores a los valores óptimos de jugo de uva, por lo que, para fines enológicos, se debe realizar el ajuste correspondiente.

El valor promedio de pH determinado para el jugo de mango se encontró dentro de los valores óptimos mencionados por Kolb (2002) para jugo de uvas viníferas y el buen crecimiento de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (de 3 a 4).

El resultado promedio de las determinaciones químicas de densidad del

jugo de mango fue de 1,015 g.L⁻¹ que se encuentra dentro del rango de los valores factibles para comenzar la fermentación de jugo de uva.

Los tratamientos W3, W4 (*Saccharomyces cerevisiae*), y W8 (*Saccharomyces bayanus*), con 2 g.L⁻¹ de levaduras, tuvieron un ligero descenso de pH el primer día de fermentación. En el segundo día, los valores de pH fueron aumentando conforme al tiempo hasta su estabilización en los días 11 y 12, coincidiendo con el cese de la fermentación, a excepción de los que contenían concentraciones de 25 °Bx, debido al estrés generado en las levaduras por elevado contenido de sólidos solubles totales.

Los valores iniciales de pH de los experimentos fueron todos 4, sin embargo, los tratamientos W1 tratado con 1 g.L⁻¹ de *Saccharomyces cerevisiae* y W7 tratado con 2 g.L⁻¹ de *Saccharomyces bayanus*, con contenidos iniciales de SST de 22 y 25 °Bx, respectivamente, presentaron valores promedios de pH 3,68 al final de la fermentación, debido a la duplicación del contenido de *S. bayanus* que favoreció el metabolismo de los azúcares. El tratamiento W1, finalizó la fermentación con pH 3,68; mientras que el tratamiento W5 finalizó con pH 3,72, valor superior al primer tratamiento. El contenido de SST para estos tratamientos fue de 5,27 y 7,23 °Bx, respectivamente, existiendo una

diferencia aproximada de 2 °Bx entre estos. El tratamiento W2, finalizó la fermentación con pH 3,93 mientras que el tratamiento W6 finalizó con pH 3,99, valor ligeramente superior al segundo tratamiento. El contenido de SST para estos tratamientos fue de 5,30 y 7,07 °Bx, respectivamente, existiendo una diferencia aproximada de 1,5 °Bx entre estos.

El tratamiento W3, finalizó la fermentación con pH 3,72, valor ligeramente superior al tratamiento W7, que finalizó con pH 3,68. El contenido de SST para estos tratamientos fue de 8,37 y 10,4 °Bx, respectivamente, existiendo una diferencia aproximada, entre estos, de 2 °Bx. El tratamiento W4, finalizó la fermentación con pH 3,75, valor superior al tratamiento W8, que finalizó con pH 3,91. El contenido de SST para estos tratamientos fue de 8,70 y 10,9 °Bx, respectivamente, existiendo una diferencia aproximada de 2 °Bx entre estos.

La Norma Mexicana para vinos (1985) establece contenidos de entre 6 y 7 g.L⁻¹ de ácido tartárico para vinos blancos. Ningún vino cumplió con este requisito.

En cuanto a la Acidez lónica, solo el tratamiento W6 (de 22 °Bx y 2 g.L⁻¹ de *Saccharomyces bayanus*) se encontró fuera del rango aceptable de pH (2,7 – 3,9) mencionado por Ibar (1995).

Los valores de densidad de todos los tratamientos, se encontraron dentro del

rango aceptable (0,993 – 1,005 g.L⁻¹) para vinos citado por Hidalgo (2010).

Los valores de grado alcohólico medidos en todos los vinos fueron los esperados de acuerdo a los contenidos de sólidos solubles totales iniciales, y se encontraron dentro del rango establecido por la norma de referencia COVENIN 3042 (1993) para grado alcohólico (7 – 14 %).

Los valores de extracto seco de todos los tratamientos se hallaron dentro del rango aceptable para vinos (15,5 – 20,0 g.L⁻¹) citados por Hidalgo (2010).

Todos los vinos presentaron valores menores a 5 g.L⁻¹ de azúcares totales, establecido por la norma COVENIN 3342 (1997), por lo que se obtuvieron vinos de mango con características de vino seco.

Los valores de azúcares reductores de todos los vinos, se encontraron dentro del rango establecido para azúcares reductores en vino joven (1 – 3 g.L⁻¹) mencionados por Hidalgo (2010).

Los valores obtenidos de acidez volátil para todos los tratamientos, cumplen con el requisito (≤ 1 g.L⁻¹) establecido por la Norma COVENIN b. (1997).

Respecto al color, los vinos de mango de los tratamientos W1 (22 °Bx) y W3 (25 °Bx) tratados con 1 g.L⁻¹ de *Saccharomyces cerevisiae*, fueron los de mejor puntuación, cayendo en la categoría 5, de excelentes

características.

En cuanto al aroma, los tratamientos W4 y W8 (25 °Bx y 2 g.L⁻¹ de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, respectivamente) se ubicaron en la categoría 3, aceptables, con defectos bastante notables; mientras que los demás tratamientos se ubicaron en la categoría 4, buenas características, con defectos notables.

En relación al sabor, los vinos de mango de los tratamientos W4 y W5 (25 °Bx) con 1 y 2 g.L⁻¹ de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, respectivamente, obtuvieron las mejores puntuaciones y se categorizaron como de excelentes características. Los tratamientos W2, W6 (22 °Bx y 2 g.L⁻¹ de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, respectivamente), y W7 (25 °Bx y 2 g.L⁻¹ de *Saccharomyces bayanus*), se ubicaron en la categoría 4, de buenas características, con defectos notables. Los tratamientos W3, y W8 (25 °Bx) con 1 y 2 g.L⁻¹ de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, respectivamente, obtuvieron las menores puntuaciones, y se ubicaron en la categoría aceptables, con defectos bastante notables.

En líneas generales, bajo las condiciones experimentales practicadas, los parámetros fisicoquímicos evaluados

para *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, presentaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, todos los tratamientos cumplen con las características aptas para consumo humano. Respecto a los análisis sensoriales, los tratamientos con ambas levaduras, presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, siendo los tratamientos con *Saccharomyces bayanus*, los de mejor calificación por el público. Por tanto, se recomienda el uso de *Saccharomyces bayanus* para la obtención de vino de mango apto para el consumo humano con buenas cualidades sensoriales.

Aunque esta investigación no tuvo como objetivo la relación costo-beneficio en la adquisición de las levaduras, se debe destacar que el precio de la levadura comercial *Saccharomyces bayanus* es mayor al precio de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, siendo esta última la de mayor disponibilidad para compra en el mercado nacional, por lo que queda a criterio del productor de vino de mango, la elección de la levadura a usar. Cabe destacar que no se encontraron investigaciones anteriores que hayan utilizado *Saccharomyces bayanus* para la producción de vino de mango, por lo que la presente investigación se constituye en una referencia para su utilización en vinos de mango obtenidos de diferentes

variedades, como así también, en vinos de otras frutas que no hayan utilizado esta levadura.

Las levaduras utilizadas fueron de presentación comercial, optimizadas, sin embargo, investigaciones anteriores han aislado *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus* nativas de las cáscaras de diversas frutas, por lo que se recomienda la búsqueda y aislamiento de éstas y otras levaduras vínicas en la cáscara de mango, para estudiar su actividad y rendimiento fermentativo frente a las levaduras de referencia, lo que se puede realizar a nivel molecular, con herramientas biotecnológicas modernas, para conocer de manera exacta, lo que ocurre dentro de las células de éstas levaduras, pudiendo mejorar su eficiencia, aspecto que ayudará a elaborar vino de mango de excelente calidad en función de las condiciones fisicoquímicas del proceso de vinificación.

Referencias Bibliográficas

- Amerine, M. Berg, H. Cruess, W. 1967. The Technology of wine making, Westport: AVI, pag. 797.
- Aquino, C. M. 2015. *Potencial Agroindustrial del mango, banana y piña. Unidad de Estudios Agroeconómicos.* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Paraguay. Folleto Digital.
- Bompard, J. M. y Schnell R. 1997. *Chapter 2. Taxonomy And Sistematics.* R.E. Litz Editorial. The Mango, Botany, Production and Uses. Cab. International.
- Caez, K. Jaraba, N. 2012. Programa de Ingenieria de Alimentos. Universidad de Cartagena Facultad de Ingenieria Cartagena de Indias Colombia.
- Censo Agropecuario Nacional. 2008. *Dirección de Censo y Estadísticas Agropecuarias.* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Paraguay. Formato Digital.
- COVENIN. 1977. *Comisión Venezolana de Normas Industriales. Frutas y productos derivados. Determinación de acidez.* Norma Venezolana COVENIN 1157:1977.
- COVENIN. 1979. *Comisión Venezolana de Normas Industriales. Alimentos. Determinación de acidez iónica.* Norma Venezolana 1315:1979.
- COVENIN. 1983. *Comisión Venezolana de Normas Industriales. Frutas y productos derivados. Determinación de sólidos solubles totales por refractometría*
- COVENIN. 1993a. *Comisión Venezolana de Normas Industriales. Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico.* Norma Venezolana COVENIN 3042:1993.
- COVENIN. 1997a. *Comisión Venezolana de Normas Industriales. Vino y sus*

- derivados. *Requisitos.* Norma Venezolana COVENIN 3342:1997.
- COVENIN. 1997b. *Comisión Venezolana de Normas Industriales. Vino y sus derivados. Determinación de acidez total y acidez volátil.* Norma Venezolana COVENIN 3286:1997.
- De Landa, D. 1985. *Relación de las cosas de Yucatán.* Editorial Historia. México.
- Del Pozo, J. 1998. *Historia Del Vino Chileno.* Editorial Universitaria. Santiago, Chile
- Dengis, J. y Dengis, M. F. 2006. *Vino Argentino Manual Práctico,* Editorial Albatros. Argentina.
- Diario ABC Digital. Noticia *Consumo de Vino se afianza y 10 marcas lideran el mercado.* Consultado el 29 de enero de 2018.
- Diario ABC Digital. Noticia *Estadísticas del Consumo de vino en Paraguay.* Consultado el 29 de enero de 2018.
- Diario InfoNegocios Digital. Noticia *El mango, un negocio sin explotar: aún sobra espacio para emprendimientos que aprovechen su potencialidad.* Consultado el 06 de enero de 2023.
- Dirección de Comercialización. 2015. *Dirección de Censo y Estadísticas.* Ministerio de Agricultura y Ganadería. Paraguay. Formato Digital.
- España, F. 2004. *El Vino: Conózcalo y disfrútelo.* Grupo Editorial Norma. Colombia.
- Fundación Chile. 1991. *Manual del exportador hortofrutícola.* 2da Edición. Departamento Agroindustrial. Santiago. Chile.
- Galán S. V. 2009. *El cultivo del mango,* Mundi-Prensa Libros, Madrid. España.
- García, L. Florez, C. Marrugo, Y. 2016 *Caracterización Físicoquímica y Microbiológica de un vino de borjón (Borjón Patinoi Cuatrec).* Revista Ciencias, Docencia y Tecnología, ISSN 1851-1716. VOL 27, NO 52.
- Gastoni V., W. 2010 *bebidas Alcohólicas.* Vol.1. 1ª Edição. Universidade Estadual de Porto Alegre. Brazil.
- González, B., François, J., Renaud, M., 2002. *A Rapid and Reliable Method for Metabolite Extraction in Yeast Using Boiling Buffered Ethanol.* Laboratoire de Technologie de la Nutrition et de L'alimentation, Clermont-Ferrand, France.
- Hernández R., M., Sastre G. A. 1999. *Tratado De Nutrición.* Editorial Díaz De Santos. España.
- Hidalgo T., J. Ed. 2010. *Tratado de Enología,* Volumen 1. MundiPrensa Libros. España.
- Hidalgo T., J. Ed. 2018. *Tratado de Enología,* Volumen I y II. MundiPrensa Libros. España.
- Huetz De Lempis, A. 1993. *Vignobles Et Vins De L ' Espagne,* Universitaires De Bordeaux, France.

- Kosterman, A. J. G. H. y Bompard, J. M. 1993. *The Mangoes, their Botany, Nomenclature, Horticulture and Utilization* (pp. 55-67). Academic Press. London.
- MERCOSUR. 1996. GMC/RES N° 45/96 *Reglamento Vitivinícola del Mercosur. Requisitos Generales*. MERCOSUR/GMC/RES N° 45/96
- Minaya, A. 2010. *El mango en Perú y sus vínculos con el mercado*. Centro Regional Andino y Agencia de Cooperación Técnica de Perú. Revista Informativa Digital.
- Mujica Paz, H., Valdez, A., López, A., Palou, E., Welty, J. 2003. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure. *Journal of Food Engineering*. Pág. 307.
- Oreglia, F. 1978. *Enología: Teórico-Práctica*, Volumen 1. Ediciones Instituto Salesiano De Artes Gráficas. España
- Ortega, F. Salcedo, E. Arrieta, R. Torres R. 2015. Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins. Artículo de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Sitio web <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v28n2-2015007>
- Padín, C., Goitia, J., Hernández, R., Leal, I. 2012. *Caracterización química y sensorial de vino artesanal de melón* (*Cucumis Melo L. Var. Reticulatus Naud., Cv. Ovation*). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3 (2): 270-284.
- Peñín, J. 2008. *Historia Del Vino*. Espasa Libros. España.
- Popenoe, W. 1920. *Manual Of Tropical and Subtropical Fruit*. Editorial The Macmillan Company.
- Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Ribéreau-Gayon, P., Sudraud, P. 1975. *Traité D'oenologie, Sciences Et Techniques Du Vine*, Volumen. 2. Dunod. France.
- Rodríguez C. M., Guerrero, M. B., Sandoval, R. 2002. *Guía Técnica del Cultivo de Mango*. Centro Nacional de Tecnología Agraria. Colombia.
- Segarra M., O. 2004. *La Cultura Del Vino. Una guía amena para pasar de iniciado a experto en vinos*. Editorial Ammat. Chile.
- Shahidi, F., Naczsk, M. 1995. *Phenolics In Food and Nutraceuticals*. Front Cover. Technology & Engineering. USA.
- Singh, L. B. 1960. *The Mango: Botany, Cultivation, and Utilization*. Portada. Singh. Hill, 1960 – Mango (pp.438). Leonard Hill. Londres.
- Troost, G. 1987. *Tecnología del vino*. Ediciones Omega. Barcelona. España. Oficial Mexicana. NOM-V-12. 1995. Bebidas alcohólicas. Vinos. Especificaciones.

Valmayor. 1961. *The Mango Its Botany and Production*. University Of Philippines, Laguna the Philippines.

Varnam, M. Sutherland. C. 2009. *Bebidas. Tecnología, Química y Microbiología Tema: Cocina*. Editorial Acribia Editorial. España.

Velasco, J. 1974. *The Mango, Its Botany and Production*. University Of the

Philippines. College Of Agriculture, College, Laguna.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Itapúa por su apoyo constante a las iniciativas de investigación de sus estudiantes de grado y posgrado.

Interdisciplinario 5- Inclusión

Salud bucal inclusiva y reducción de desigualdades en personas con discapacidad: experiencia en clínicas universitarias del Paraguay

Autor: Mereles Paniagua, Fabtiana Alejandra; fabty1990@gmail.com

Co-autor(es): Coronel, Jorge Anibal; Caballero, Zoraida Antonia

Orientadores: Landy González; dralanddy@gmail.com; Favio Riquelme;
fav-rique@hotmail.com

Universidad Nacional de Concepción / Facultad de Odontología

Resumen

Introducción: Los pacientes con necesidades especiales (PNE) presentan limitaciones temporales o permanentes para recibir atención odontológica convencional, requiriendo un abordaje inclusivo que reduzca desigualdades y promueva la accesibilidad.

Objetivo: Determinar el estado de salud bucodental mediante el índice CPOD/ceod y cuantificar los tratamientos odontológicos realizados en PNE atendidos en la Clínica Odontológica de la FOUNC en 2024.

Metodología: Estudio descriptivo, observacional de corte transversal en 122 PNE de ambos sexos. Se registraron datos sociodemográficos, diagnóstico, índice CPOD/ceod, higiene oral y procedimientos realizados. Los datos fueron procesados en Microsoft Excel 2013.

Resultados: La muestra estuvo compuesta por 50% mujeres y 50% hombres, con edades de 0 a más de 31 años. Residían principalmente en Concepción (43%), Amambay (26%) y Alto Paraná (31%). Los diagnósticos más frecuentes fueron discapacidades del desarrollo e intelectuales (57%) y trastornos neurológicos/psiquiátricos (15%). El índice CPOD/ceod promedio fue de 7,1 (muy alto), con 526 piezas cariadas, 301 perdidas y 40 obturadas. La higiene oral fue deficiente. En total, se realizaron 665 procedimientos, incluyendo 207 restauraciones, 105 exodoncias, 71 profilaxis, 37 detartrajes, 23 protecciones pulpares, 39 fluorizaciones, 28 sellados y 9 prótesis parciales removibles. El 20% de los pacientes logró rehabilitación completa.

Conclusion: Los PNE presentaron muy alta prevalencia de caries y mala higiene oral, lo que demanda programas preventivos y de atención integral adaptados. El proyecto permitió intervenciones clínicas y educativas que mejoraron la salud oral y fomentaron la inclusión en los servicios odontológicos.

Palabras clave: salud bucal, necesidades especiales, índice CPOD, odontología inclusiva, Paraguay.

Introducción

En odontología, se considera pacientes con necesidades especiales a aquellas personas también denominadas pacientes con necesidades especiales o personas con discapacidad que, debido a una condición física, sensorial, intelectual, mental o médica, presentan limitaciones temporales o permanentes para recibir o colaborar en la atención odontológica convencional. La Organización Mundial de la Salud (2022) define la discapacidad como un fenómeno dinámico que resulta de la interacción entre el estado de salud de una persona y factores contextuales, tanto ambientales como personales; por ello, el abordaje debe priorizar la funcionalidad y la reducción de barreras que dificulten el acceso a los servicios sanitarios (World Health Organization, 2022).

La odontología inclusiva se ocupa de diseñar y aplicar adaptaciones en técnicas, entornos y modelos de atención con el propósito de ofrecer cuidados orales seguros, efectivos y centrados en el respeto de los derechos de estas personas. Este enfoque va más allá de simples modificaciones técnicas, ya que requiere una evaluación exhaustiva de los riesgos médicos, estrategias específicas de manejo conductual, capacitación del personal y políticas que promuevan la accesibilidad física y la comunicación efectiva. En la literatura reciente, diversos

autores subrayan la importancia de integrar estas medidas en la formación odontológica y en la organización de los servicios de salud (Dougall & Fiske, 2008; Dziedzic, 2021).

Clasificación operativa de pacientes con necesidades especiales

La bibliografía especializada propone distintas categorías para agrupar a estos pacientes y facilitar la planificación clínica: Discapacidades del desarrollo e intelectuales: incluyen condiciones como síndrome de Down, trastornos del espectro autista y discapacidad intelectual. Suelen requerir adaptaciones en la comunicación, tiempos de atención más prolongados y técnicas de manejo conductual específicas (Rojas-Guevara & Tovar-Sánchez, 2021).

Trastornos neurológicos y psiquiátricos: abarcan casos de epilepsia, parálisis cerebral y trastornos psiquiátricos graves, donde pueden presentarse dificultades para cooperar, riesgo de crisis y necesidades farmacológicas particulares (Dougall & Fiske, 2008).

Discapacidades físicas o limitaciones de movilidad: comprenden pacientes en silla de ruedas o con enfermedades respiratorias crónicas, lo que exige adecuaciones del mobiliario, rampas y planificación de accesos (Dougall & Fiske, 2008).

Discapacidades sensoriales: como baja

visión, ceguera, hipoacusia o sordera, que requieren medios de comunicación adaptados y apoyo para la higiene bucal (Dougall & Fiske, 2008).

Pacientes médicamente comprometidos o con enfermedades sistémicas: por ejemplo, quienes padecen cardiopatías, trastornos hemorrágicos, inmunosupresión o enfermedades crónicas complejas. En estos casos, es fundamental coordinar con el equipo médico y realizar una evaluación previa al tratamiento (American Academy of Pediatric Dentistry, 2022).

Adultos mayores con polipatología y polifarmacia: grupo caracterizado por un deterioro funcional y xerostomía asociada al uso de medicamentos, que demanda un enfoque preventivo, hidratación oral y adaptaciones protésicas (Liu, McGrath, & Gao, 2020).

Pacientes no cooperadores por ansiedad o fobia dental: incluyen a personas con ansiedad severa o miedo al tratamiento dental, que pueden necesitar desensibilización, sedación o atención en entornos especializados (Armfield & Heaton, 2013).

Este grupo poblacional presenta una mayor prevalencia de caries dental, enfermedad periodontal, traumatismos dentales y alteraciones de la función oral en comparación con la población general, lo que puede deberse a factores como la

dificultad para realizar higiene oral autónoma, la ingesta frecuente de medicamentos con efectos adversos sobre la cavidad oral, y la limitada disponibilidad de profesionales capacitados para su atención (Dougall & Fiske, 2008; Anders et al., 2021).

La atención odontológica inclusiva no solo busca tratar la patología existente, sino también prevenir complicaciones y mejorar la calidad de vida mediante estrategias adaptadas a las necesidades específicas de cada paciente. Esto requiere un abordaje integral que incluya educación para cuidadores, modificaciones en el entorno clínico, planificación interdisciplinaria y protocolos individualizados que garanticen seguridad, confort y eficacia (Dziedzic, 2021; Rojas-Guevara & Tovar-Sánchez, 2021).

En este contexto, el tratamiento bucal en pacientes con necesidades especiales constituye un elemento clave para reducir desigualdades en salud, prevenir enfermedades sistémicas asociadas a infecciones orales y fomentar la inclusión en los servicios de salud. Por lo tanto, fortalecer las competencias de los equipos odontológicos y eliminar barreras de acceso son pasos fundamentales para garantizar el derecho a una atención dental de calidad para todos.

Materiales y Métodos

El diseño del estudio fue descriptivo, observacional de corte transversal.

La población estuvo conformada por 122 sujetos de ambos sexos con necesidades especiales que acuden a la clínica odontológica de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Concepción, a los cuales se les realizó una inspección bucodental que fue asentada en una ficha clínica, previa autorización por escrito de los tutores, respetando los principios éticos en la investigación.

Se consideraron para el estudio las siguientes variables de interés:

- ✓ Demográfica (sexo, edad),
- ✓ Presencia de caries (Índice de CPO- D/CEO),
- ✓ Diagnóstico del paciente,
- ✓ Higiene Oral.
- ✓ Procedimientos odontológicos realizados

Los datos fueron tabulados en una planilla electrónica y analizados con el programa de Microsoft® Excel 2013.

El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la FOUNC. Al concluir la recolección de datos, se entregó a

cada paciente un kit de higiene oral, compuesto por un cepillo y pasta dental, junto con instrucciones adaptadas a sus capacidades motrices o cognitivas para favorecer una adecuada higiene bucal.

Este proyecto se implementó en distintas fases: la primera consistió en la obtención de datos y el diagnóstico de la situación; la segunda correspondió a la etapa de sensibilización; y finalmente, se llevó a cabo la fase de rehabilitación bucal.

Resultados

La población de estudio estuvo conformada por 122 pacientes con necesidades especiales, de ambos géneros, 50% del género masculino y 50% del femenino (Fig1. Sexo), pertenecientes a diversos grupos etarios, los cuales clasificamos de 0 a 10 años, de 11 a 20 años, de 21 a 30 años (Fig. 2 Ead), que acudieron a las clínicas odontológicas universitarias del Paraguay durante el año 2024, el lugar de residencia de los pacientes fue en departamento de Concepción en 43%, departamento de Amambay en 26%, y 31% de los pacientes eran del departamento de Alto Paraná (Fig. 3 Lugar de Residencia)

GÉNERO	
FEMENINO	50%
MASCULINO	50%

Fig. 1 Sexo

EDAD	
0 A 10 AÑOS	35%
11 A 20 AÑOS	29%
21 A 30 AÑOS	15 %
MÁ DE 31 AÑOS	21 %

Fig. 2 Edad de los pacientes

LUGAR DE RESIDENCIA	
CONCEPCION	43%
AMAMBAY	26%
ALTO PARANA	31%

Fig. 3 Lugar de Residencia

El diagnostico de los pacientes fueron discapacidad del desarrollo e intelectuales en un 57%, Trastornos neurológicos y psiquiátricos en un 15%, Discapacidades físicas o limitaciones de movilidad 9%, Discapacidades sensoriales en un 3 %, y pacientes médicamente comprometidos o con enfermedades sistémicas en un 16 %. (Fig 4)

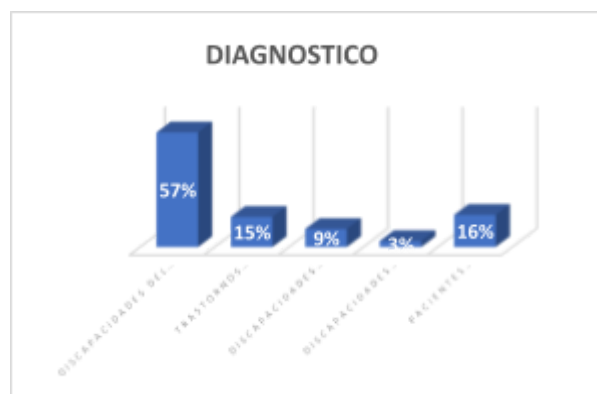


Fig. 4 Diagnostico de los pacientes.

El análisis del estado de salud bucodental evidenció un índice CPOD/ceod promedio de 7,1, valor que se clasifica como muy alto (Fig. 5). De las piezas dentarias examinadas, 526 presentaban caries, 301 se encontraban perdidas o con indicación de extracción y 40 estaban obturadas. En cuanto a la higiene oral se utilizó el Índice de Higiene oral simplificado (OHI-S modificado) dando resultado una mala higiene oral en la población evaluada. (Fig. 6)

Valores índice ceo-d/CPO-D	
Muy Bajo	0-1,1
Bajo	1,2-2,6
Moderado	2,7-4,4
Alto	4,5-6,5
Muy alto	6,6 y más

Fig. 5 Índice CPOD

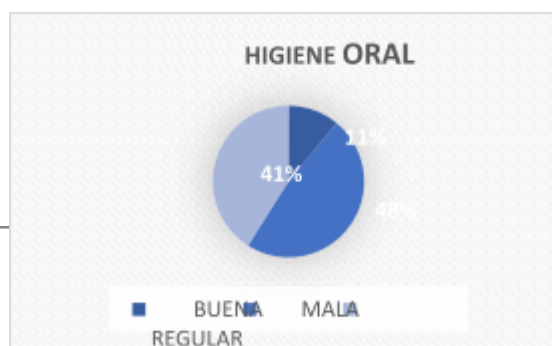


Fig. 6 Higiene Oral.

Respecto a la última consulta odontológica los pacientes refirieron en un 16% que su última consulta fue hace menos de 6 meses, 16% que fue hace menos de 1 año, un 15% hace más de 2 años, 33% refiere no saber cuándo fue su última consulta odontológica, y un 20% afirma nunca haber asistido a una consulta odontológica. (fig 7.)

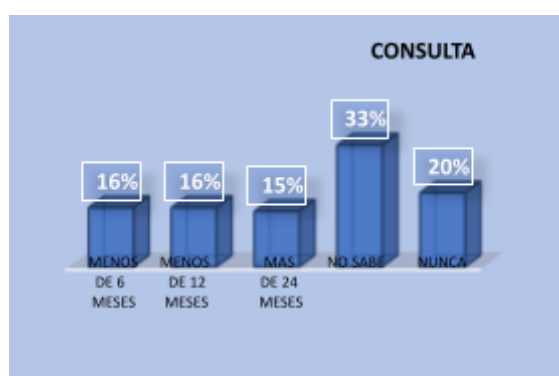


Fig.7 Última Consulta Odontológica

Se atendieron un total de 122 pacientes.

Total de Pacientes atendidos	122
Enseñanza de tecnica de cepillado	122
Restauraciones	207
Exodoncias	105
Profilaxis Dental	71
Detrartraje	37
Proteccion Pulpar	23
Fluorizacion	39
Sellado de fosas y fisuras	28
Protesis Parcial Removible	9
Paciente Totalmente Rehabilitado	24
Total de Procedimientos realizados	665

Fig. 8. Tratamientos realizados

La totalidad de los pacientes recibió instrucciones personalizadas sobre técnicas de cepillado adaptadas a sus

capacidades motrices o cognitivas, además se realizaron 207 restauraciones, 105 exodoncias, profilaxis dental 71, detartraje 37, 23 protecciones pulpares, 39 fluorizaciones, 28 sellados de fosas y fisuras, 9 Protesis parciales removibles, y en total 24 pacientes se encuentran rehabilitados hasta la fecha representando un 20% del total de pacientes atendidos.(Fig. 8)En conjunto, los resultados muestran que los pacientes con necesidades especiales atendidos en el periodo de estudio presentan una muy alta prevalencia de caries y una importante necesidad de tratamiento odontológico integral, lo que subraya la urgencia de fortalecer las estrategias preventivas y rehabilitadoras adaptadas a este grupo poblacional.

Conclusiones

Considerando que el proyecto “Sonrisas Inclusivas”, se han determinado que el estado de salud oral de los PNE atendidos en tres clínicas de universidades del Paraguay en el año 2024, tuvieron una muy alta prevalencia de caries dental por mala higiene oral Se realizaron atención odontológica integral a 122 pacientes, de los cuales a la totalidad se les indico una correcta técnica de cepillado, se realizaron 665 procedimientos entre restauraciones, exodoncias, profilaxis dental, detrartraje, protección pulpar, fluorización, sellado de fosas y fisuras, prótesis parcial removible,

el 20% de los paciente se encuentran totalmente rehabilitados

Referencias Bibliográficas

American Academy of Pediatric Dentistry. (2022). *Management of dental patients with special health care needs*. In *The Reference Manual of Pediatric Dentistry* (pp. 331–338). American Academy of Pediatric Dentistry. <https://www.aapd.org>

Anders, P. L., Davies, E., & McCall, W. (2021). Identifying people requiring special care dentistry: A scoping review. *Special Care in Dentistry*, 41(2), 127–136. <https://doi.org/10.1111/scd.12558>

Armfield, J. M., & Heaton, L. J. (2013). Management of fear and anxiety in the dental clinic: A review. *Australian Dental Journal*, 58(4), 390–407. <https://doi.org/10.1111/adj.12118>

Dougall, A., & Fiske, J. (2008). Access to special care dentistry, part 1. Access. *British Dental Journal*, 204(11), 605–616. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2008.473>

Dziedzic, A. (2021). Getting special care dentistry ready for a foreseeable future. *British Dental Journal*, 231(10), 661–665. <https://doi.org/10.1038/s41415-021-3610-8>

Liu, P., McGrath, C., & Gao, X. (2020). Performance of the oral health impact profile in assessing oral health-related quality of life among elderly Chinese. *Health and Quality of Life Outcomes*, 18(1), 1–8.

<https://doi.org/10.1186/s12955-020-01340-w>

Rojas-Guevara, C. M., & Tovar-Sánchez, M.

I. (2021). Atención odontológica en pacientes con discapacidad intelectual: revisión de la literatura. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, 33(2), 135–150. <https://doi.org/10.17533/udea.rfo.v33n2a07>

World Health Organization. (2022). *Global report on health equity for persons with disabilities*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240063600>

Instituto Nacional de Estadística (INE). (3 de diciembre de 2024). *Datos del Censo 2022 indican que casi 300.000 personas tienen alguna discapacidad en Paraguay* (Boletín). Recuperado de INE Paraguay. ine.gov.py

Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPyBS). (2018). *Encuesta nacional de salud bucodental del Paraguay (ENSABUD PY 2017): Del diagnóstico al diseño y la ejecución* (Informe). Dirección de Salud Bucodental. Recuperado de MSPyBS. bucodental.mspbs.gov.py

Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPyBS). (2021). *Lineamiento técnico de trato adecuado y respetuoso a personas con discapacidad* (Guía / Protocolo). Asunción, Paraguay. Recuperado de MSPyBS. mspbs.gov.py

World Health Organization (WHO). (2022). *Global report on health equity for persons with disabilities / Disability and health — fact sheet*. Ginebra: WHO. Recuperado de

<https://www.who.int.> [Organización Mundial](#)
[de la Salud+1](#)

7.- Desarrollo de la nanociencia – nanotecnología y sus aplicaciones

Desarrollo de Repelentes Basados en Nanotecnología contra Vectores de Arbovirus

Autora: Turrado, Marina Anahí, marinaanahi.turrado@unahur.edu.ar

Coautores: Sanguinetti, Ana Paula, anapaula.sanguinetti@unahur.edu.ar

Orientadores: Lillo, Cristian, cristian.lillo@unahur.edu.ar; Montanari, Jorge, jorge.montanari@unahur.edu.ar

Universidad Nacional de Hurlingham (UNAHUR). Laboratorio de Nanosistemas de Aplicación Biotecnológica (LANSAB). Hurlingham, Argentina.

Resumen

El mosquito *Aedes aegypti* es vector de varias enfermedades virales, incluyendo dengue, zika y chikungunya. Entre las medidas preventivas más efectivas para evitar sus picaduras se encuentra el uso de repelentes, siendo los de origen natural los más prometedores, ya que podrían reemplazar a los repelentes sintéticos convencionales, los cuales pueden resultar tóxicos tras una acumulación prolongada y, además, generar resistencia en los vectores. Sin embargo, la rápida evaporación de los aceites esenciales limita su aplicación con este fin. Además, suelen ser químicamente inestables y pueden causar irritación cutánea al ser absorbidos por la piel.

Con el objetivo de investigar más a fondo estas alternativas naturales, desarrollamos dispersiones de nanopartículas denominadas Transportadores Lipídicos Nanoestructurados (TLNs), que combinan lípidos sólidos y líquidos para proteger y liberar gradualmente los compuestos activos, al tiempo que los retienen en la capa superficial de la piel. Los TLNs fueron sintetizados generando una emulsión utilizando un lípido sólido, un aceite esencial natural como lípido líquido y un surfactante; el proceso de emulsificación se llevó a cabo con el Ultra-turrax® T18 a 15.000 rpm. El objetivo fue encapsular un aceite esencial con actividad repelente reportada. Las formulaciones fueron caracterizadas midiendo el tamaño de partícula mediante Dispersión de Luz Dinámica, determinando la eficiencia de encapsulación, comparando la variación de tamaño a lo largo del tiempo y determinando el potencial zeta de cada formulación, además de comparar la estabilidad de ambas formulaciones por Turbiscan.

Palabras clave: dengue, nanopartículas, repelentes

1. Introducción

El mosquito *Aedes aegypti* es responsable de la transmisión de diversas enfermedades virales, entre las que se incluyen el dengue, zika y chikungunya. Durante el verano 2023-2024, se registró un brote sin precedentes de dengue en Argentina, con una situación particularmente crítica en la Provincia de Buenos Aires [1]. Según datos del Ministerio de Salud provincial, se confirmaron más de 110.000 casos en 56 municipios, con más de 100 muertes y más de 1.000 personas que presentaron síntomas de alarma, cifras que superaron por más de diez veces las registradas en la temporada anterior. A nivel nacional [2], se reportaron más de 500.000 casos distribuidos en 19 provincias y más de 400 fallecimientos. En el plano continental, la Organización Panamericana de la Salud [3] indicó que se notificaron más de 10 millones de casos sospechosos en América, lo que implica un incremento del 233% en comparación con el mismo período del año anterior. Otras enfermedades transmitidas por el mismo vector, como la chikungunya, también mostraron un aumento, con más de 800 casos en el país, de los cuales 86 ocurrieron en la Provincia de Buenos Aires.

Uno de los factores que favoreció esta expansión es la creciente resistencia del mosquito a insecticidas y repelentes convencionales, sumado a cambios

ambientales como la urbanización acelerada, el hacinamiento y la contaminación [4]. Entre las estrategias preventivas más efectivas se destaca el uso de repelentes; sin embargo, durante la temporada estival mencionada anteriormente, la escasez y el alto costo de estos productos dificultaron su acceso para una gran parte de la población. Los repelentes son compuestos químicos que interfieren con el sistema olfativo de los insectos, impidiendo su contacto con los hospedadores. Actúan sobre proteínas clave como las proteínas de unión a olores (PUO) [5]. El DEET (N,N-diethyl-metaltoluamida) es el repelente sintético más utilizado y funciona inhibiendo una PUO específica en insectos. Aunque es considerado bastante seguro, su absorción cutánea puede provocar efectos adversos [6], y ya se documentó la aparición de resistencia en el vector tras su uso prolongado [7].

En este contexto, los repelentes de origen natural despertaron un creciente interés, no solo por su percepción positiva entre los consumidores, sino también por propiedades como su biodegradabilidad. Entre ellos, destacan los aceites esenciales extraídos de plantas [8], muchos de los cuales fueron ampliamente estudiados por su actividad repelente. El aceite esencial de eucalipto [9, 10],

proveniente de una especie común en la región [11], es uno de los más investigados en este sentido.

A pesar de su eficacia, los aceites esenciales presentan limitaciones como su rápida volatilización, lo que reduce su tiempo de acción, y su posible efecto irritante al penetrar la piel [7]. La nanotecnología ofrece soluciones para estas limitaciones mediante el diseño de sistemas que encapsulan los compuestos activos, protegiéndolos de la degradación y controlando su liberación, además de reducir su absorción dérmica más allá del estrato córneo [6]. Entre las distintas plataformas nanotecnológicas disponibles para la formulación de productos repelentes, los TLN resultan especialmente prometedores.

Desarrollados por Müller y colaboradores en 2002, [12] los TLN son nanoformulaciones basadas en lípidos biocompatibles ampliamente investigadas en áreas como la administración de fármacos y la cosmética. Comparados con otras formulaciones lipídicas, como nanoemulsiones, liposomas y nanopartículas lipídicas sólidas (NLS), los TLN ofrecen ventajas como mayor estabilidad física, mejor capacidad de carga y mayor biocompatibilidad [13]. Su alta viscosidad también favorece una mejor adherencia a la piel, lo que los hace especialmente aptos como vehículos para

aceites esenciales [14]. Los TLN están compuestos por una mezcla de lípidos sólidos y líquidos que forman una matriz sólida amorfa a temperatura ambiente; en este caso, los aceites esenciales conforman la fracción líquida lipídica, funcionando tanto como componente estructural como principio activo.

En respuesta al aumento de enfermedades transmitidas por vectores y a las limitaciones de los métodos actuales de prevención, en los últimos años se han desarrollado numerosas investigaciones orientadas a la encapsulación de compuestos bioactivos, tanto sintéticos como naturales, en sistemas micro y nanotecnológicos. Este trabajo propone el desarrollo de formulaciones basadas en TLN que incorporen aceite esencial de eucalipto, con el objetivo de caracterizar sus propiedades fisicoquímicas y evaluar su potencial como repelentes más eficaces y seguros.

2. Objetivos

El objetivo general es contribuir en el desarrollo de un producto repelente de mosquitos cuya eficacia y duración presenten mejoras respecto de los productos que actualmente se consiguen en el mercado.

Como Objetivos Específicos (OE) se señalan los siguientes:

OE1: Obtención de TLN cargados con aceite esencial de eucalipto.

OE2: Caracterización fisicoquímica de las formulaciones obtenidas.

3. Materiales y métodos

3.1. Materiales

El lípido Precirol ATO 5 consiste en ésteres de ácido palmítico (C16) y esteárico (C18), siendo predominante la fracción diester, gliceril diestearato NF y gliceril palmitoestearato, fue obtenido de Bio-Rad (Buenos Aires, Argentina). El Dimetil Sulfóxido (DMSO) usado fue de Biopack (Buenos Aires, Argentina) mientras que el Poloxámero 188 (P188) fue de Sigma-Aldrich (Buenos Aires, Argentina). El aceite esencial de eucalipto (EO) fue obtenido de Aromáticas Alto Valle (Río Negro, Argentina).

3.2. Síntesis de TLN

Se sintetizaron dos combinaciones iguales de lípido sólido, lípido líquido y surfactante con distinto volumen de fase acuosa agregado. El lípido sólido utilizado fue Precirol cuyo rango de fusión se encuentra entre 50-60°C, mientras que el lípido líquido utilizado fue aceite esencial de eucalipto. El surfactante utilizado fue P188 previamente disuelto en 10 ml o 20 ml de agua Mili-Q según la formulación.

Tabla 1. Composición de los TLN obtenidos.

Formulación	Precirol (mg)	Aceite de Eucalipto (mg)	P188 (mg)	Agua Mili-Q (ml)
NP1	800	200	250	10
NP2	800	200	500	20

Para la obtención de ambas formulaciones se fundió el lípido sólido a 10° por encima de su punto de fusión y se le agregó el lípido líquido, en paralelo se disolvió el surfactante en la fase acuosa manteniendo la mezcla a la misma temperatura y se agregó a la fase lipídica. Controlando la temperatura con un baño termostático se utilizó un Ultra-turrax T18 para llevar a cabo una emulsión en caliente dispersando la fase lipídica fundida en la fase acuosa donde se encontraba disuelto el surfactante. Se realizaron tres ciclos de 3 minutos cada uno a 15.000 rpm con 1 minuto de intervalo entre ciclos. Al finalizar la emulsión las formulaciones fueron enfriadas a 4°C durante toda la noche para facilitar la formación de las partículas.

3.3. Caracterización

3.3.1. Determinación de Diámetro Hidrodinámico y Potencial Zeta

Ambas formulaciones fueron medidas dos días después de su síntesis por triplicado a temperatura ambiente usando dispersión dinámica de la luz (DDL) con un Zetasizer Pro Blue (Malvern Panalytical Ltd., Malvern, UK) en primer lugar para identificar el diámetro hidrodinámico (DH) que presentan mayoritariamente las partículas, el índice de polidispersión (IP) y el potencial Zeta (PZ) para cada formulación. Luego se repitieron estas medidas a lo largo de un mes en los días 0, 15 y 30 para comparar la estabilidad coloidal. Los resultados fueron analizados utilizando el software ZS Xplorer v3.2.2.5 (Malvern Panalytical Ltd., Malvern, UK).

3.3.2. *Determinación de la Eficiencia de Encapsulación*

El aceite de eucalipto fue detectado y cuantificado mediante su espectro de transmitancia determinado por FTIR utilizando el equipo IRSpirit® (Shimadzu, Kyoto, Japón). La cuantificación del eucalipto se consiguió confeccionando una curva de calibración midiendo el %Transmitancia a un número de onda de 1085 cm^{-1} con función de apodización Happ-Genzel y un número de escaneos igual a 40, de distintas diluciones de concentración conocida.

Para cuantificar el eucalipto encapsulado inicialmente se separó las partículas de la fase acuosa de la formulación centrifugando a 15.000 rpm durante 1,5 horas. Luego de desechar el

sobrenadante, las partículas fueron fragmentadas agregando DMSO, vortexeando por 1 minuto, sonicando 10 minutos, vortexeando 1 minuto más y centrifugando 25 minutos a 15.000 rpm. Se obtuvo el espectro IR de transmitancia a partir del sobrenadante resultante. Este procedimiento se realizó por triplicado para cada formulación. La eficiencia de encapsulación fue determinada mediante la relación entre la concentración de aceite de eucalipto encapsulado y la concentración de aceite de eucalipto en la formulación, como se indica en la siguiente ecuación:

$$\%EE = AE-E / AE-T \times 100$$

3.3.3. *Análisis de estabilidad por Turbiscan*

La estabilidad de las formulaciones también fue estudiada usando el Turbiscan Lab® Expert (Formulacion SA, Toulouse, France) a 24°C. Se llevaron a cabo 60 mediciones, una por minuto durante una hora, cubriendo el rango desde 2 mm (el fondo de la celda) hasta el menisco de la muestra. Se obtuvieron los perfiles de retrodispersión y transmisión, junto con el índice de estabilidad Turbiscan (IET) que representa la suma de las variaciones de retrodispersión y transmisión a lo largo de la muestra.

4. Resultados y discusión

4.1. Determinación de Diámetro Hidrodinámico y Potencial Zeta

El diámetro hidrodinámico de ambas formulaciones fue medido a lo largo de un mes en los días 0, 15 y 30 siendo el día 0 el siguiente a la síntesis. En la **Figura 1** se observa el diámetro hidrodinámico de cada formulación según su distribución por intensidad, mientras que la **Figura 2** muestra los resultados del índice de polidispersión obtenidos en las mismas condiciones. En cuanto a la **Figura 3**, se observan los resultados del potencial zeta para cada formulación medidos el día siguiente a la síntesis.

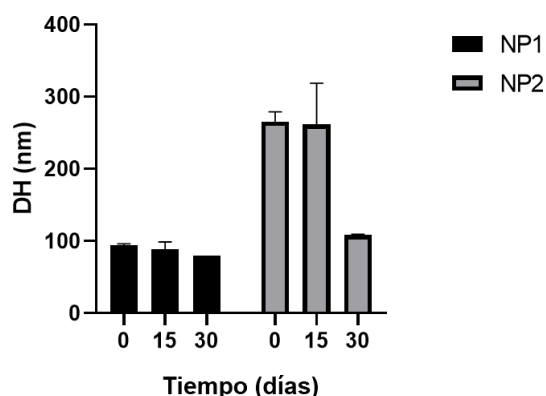


Figura 1. Mediciones por DDL de las dos formulaciones durante un mes. En el eje y se observa el Diámetro Hidrodinámico (DH) expresado en nanómetros.

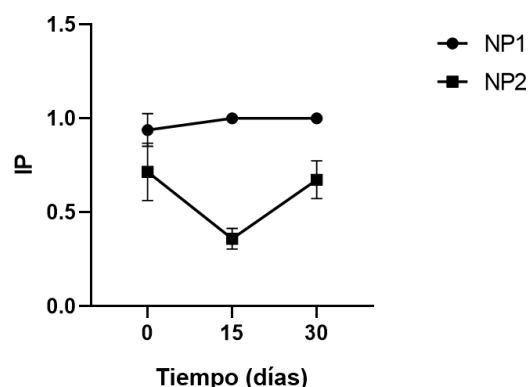


Figura 2. Mediciones por DDL de las dos formulaciones durante un mes. En el eje y se observa el Índice de Polidispersión (IP).

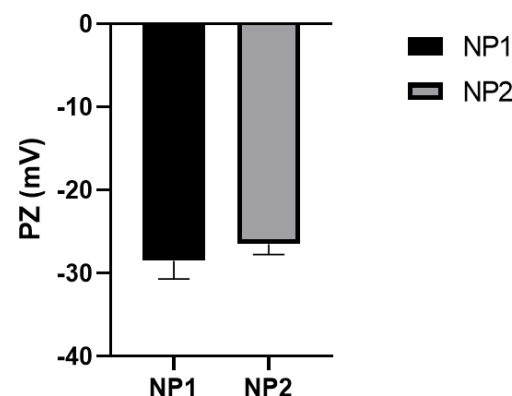


Figura 3. Mediciones por DDL de las dos formulaciones. En el eje y se observa el Potencial Zeta (PZ) para cada formulación expresado en milivoltios.

Se observaron valores de DH cercanos a 250 nm durante los primeros quince días para NP2 disminuyendo a 100 nm aproximadamente en la última medición, mientras que para NP1 se observaron valores de aproximadamente 100 nm que se mantuvieron constantes a lo largo del

mes. Aunque los valores constantes para NP1 sugieren estabilidad, la magnitud de esos valores es menor que la deseada para un producto tópico ya que podría penetrar las capas superficiales de la piel; en ese sentido los valores obtenidos para NP2 son prometedores.

En cuanto al IP, para NP1 estos valores son constantes y cercanos a 1 indicando una distribución de tamaños heterogénea, mientras que en el caso de NP2 se observa una mayor variación pero los valores son cercanos a 0.5 indicando una distribución de tamaños aceptable.

Por último, los valores obtenidos de PZ son similares, siendo -28.53 ± 2.14 mV para NP1 y -26.50 ± 1.23 mV para NP2. Este resultado refleja que ambas formulaciones tienen una baja tendencia a agregarse al encontrarse en suspensión.

4.2. Determinación de la Eficiencia de Encapsulación

En la **Figura 4** se observa la eficiencia de encapsulación para cada formulación medida un día después de la síntesis de las formulaciones, luego del enfriado overnight, mientras que en la **Figura 5** se observa la concentración de aceite de eucalipto para cada formulación en las mismas condiciones.

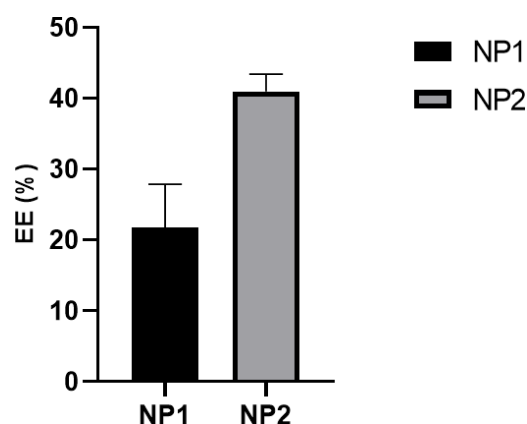


Figura 4. Porcentaje de Eficiencia de Encapsulación (EE) para cada formulación.

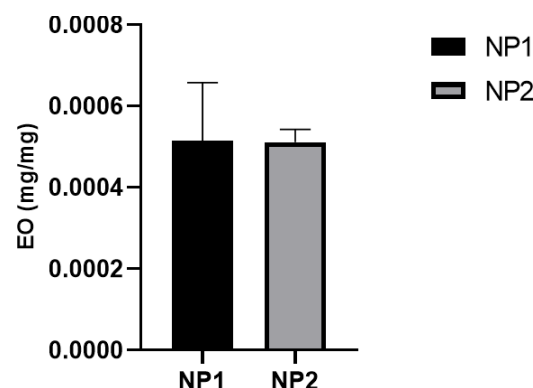


Figura 5. Concentración de EO encapsulado para cada formulación.

La eficiencia de encapsulación fue distinta para cada formulación, siendo superior la correspondiente a NP2 (40.96 ± 2.46) respecto de NP1 (21.77 ± 6.13), con concentraciones de EO de $5.12 \times 10^{-3} \pm 3.081 \times 10^{-5}$ mg/mg y $5.14 \times 10^{-3} \pm 1.437 \times 10^{-4}$ mg/mg, respectivamente. A pesar del desvío estándar, las concentraciones son similares.

Aunque el %EE de NP2 es superior

respecto al de NP1, las concentraciones de EO encapsulado no reflejan una diferencia significativa ya que el volumen final de la segunda formulación es el doble que el de la primera mientras que se mantiene constante la cantidad de principio activo.

4.3. Análisis de estabilidad por Turbiscan

La estabilidad de las formulaciones fue evaluada usando el Turbiscan Lab Expert, que evalúa la estabilidad coloidal relacionando las variaciones de retrodispersión y transmisión durante un periodo de tiempo. En la **Figura 6** se observa el análisis de estabilidad de las formulaciones en suspensión a 24 °C utilizando el Turbiscan Lab Expert. Se realizaron 60 escaneos durante 1 h.

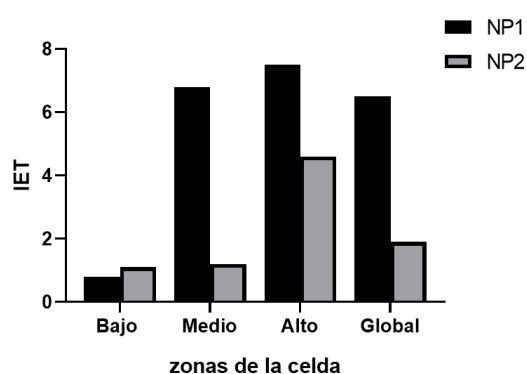


Figura 6. Se observan los valores de Índice de Estabilidad Turbiscan (IET) en la zona baja, media y alta de la celda además del valor global para ambas formulaciones. Se observó que los valores de IET que presenta NP2 son menores a los presentados por NP1 en todas las zonas, indicando una mayor estabilidad coloidal.

Además, el valor de IET global para NP1 es crítico (>3) mientras que no lo es para NP2.

5. Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que los transportadores lipídicos nanoestructurados son una herramienta prometedora para el transporte de aceites esenciales y su potencial aplicación en el desarrollo de productos repelentes más eficaces y seguros.

Bibliografía

- [1] Boletín Epidemiológico del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires, Ed. del 8/8/2024.
- [2] Min. de Salud de la República Argentina. (2024). Boletín Epidemiológico Nacional N°715, SE 30.
- [3] Alerta Epidemiológica: Dengue en la Región de las Américas. 16-2-24. Washington D.C. OPS/OMS
- [4] Tabanca, N. et al., 2016, Curr. Org. Chem. 2016, 20, 2690–2702
- [5] Venthur, H. et al., 2018, Front. Physiol. 2018, 9, 1163

[6] Dubey & Mostafavi, 2023, Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 41:100827

[7] Higuchi et al., 2023, Life, 13, 141.
<https://doi.org/10.3390/life13010141>

[8] Nerio, L. et al., 2010, Bioresour. Technol. 2010, 101, 372–378

[9] Navayan, A. et al., 2017, Jundishapur J Nat Pharm Prod.;12(4):e55626.

[10] Soto-Cáceres et al., 2022, Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú, 33(6), e21018.

[11] Prunell, Y., Trabajo final Carrera Ing. Forestal,
UNLP.

sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/89209

[12] Müller RH et al., 2002 Int. J. Pharm., 242(1-2), 121-128.

[13] Haider M et al., 2020, Pharmaceutics., 12(3), 288.

[14] Raszewska-Famielec M & Flieger J, 2022, Int J Mol Sci 2022, 23, 15980.

Agradecimientos

Los autores le agradecen a MCassab y Gattefossé por la gentil provisión de los reactivos necesarios para este trabajo.

6.- Innovación en el ámbito alimentario

ADECUACIÓN DE LA INGESTA DE MICRONUTRIENTES (CA, MG, P) Y ESTADO NUTRICIONAL EN ADULTOS MAYORES AMBULATORIOS DE OCTUBRE A NOVIEMBRE DEL 2024

Autor: Rolón, Andrea; andrearolonaranda@gmail.com

Orientador/a (es): Meza, Johana; jmeza@qui.una.py

Velázquez, Patricia; pvelazquez@qui.una.py

Universidad Nacional de Asunción / Facultad de Ciencias Químicas

Resumen

Introducción: La malnutrición es un problema endémico que afecta a las personas mayores, destacándose las deficiencias proteico-calóricas y de micronutrientes; estas pueden alterar la respuesta al estrés, disminuir las defensas inmunológicas, afectar negativamente la función cognitiva y la capacidad de autocuidado. **Objetivo:** Determinar el nivel de adecuación de la ingesta de micronutrientes (Ca, Mg, P) y el estado nutricional de adultos mayores no institucionalizados de octubre a noviembre del 2024. **Materiales y métodos:** Diseño observacional descriptivo, de corte transversal con datos primarios, se incluyeron a 141 adultos mayores de 65 años de edad en adelante, de ambos sexos. Se midieron datos sociodemográficos, adecuación de la ingesta de micronutrientes a través de registro dietético de tres días y se evaluó el estado nutricional a través del Mini Nutritional Assessment (MNA). El trabajo de investigación fue aprobado por el Comité de Ética de la FCQ (Código 1152/2024) **Resultados:** se percibió que el 99,3% de los participantes presentaba ingestas inadecuadas de calcio; el 92,9 % de magnesio y solo el 10,6% presentó ingestas inadecuadas de fósforo de acuerdo a los RDA por edad y sexo. Se evidenció que el 78% se encontraba en un estado nutricional normal. **Conclusión:** La ingesta alimentaria de micronutrientes señaló medias de consumo de calcio y magnesio por debajo de los niveles recomendados, mientras que el fósforo se mantuvo por encima de estos niveles sin alcanzar los límites superiores tolerables de ingesta. Se observó un predominio del estado nutricional normal.

Palabras clave: adultos mayores, micronutrientes, estado nutricional.

Introducción

La esperanza de vida humana ha ido en aumento en forma sostenida, tal es así, que las tendencias indican que la población de personas mayores de 60 años se duplicará a nivel global para el año 2050. En Paraguay, la población de adultos mayores constituye uno de los sectores más vulnerables del país, la misma representa el 9,5% de la población total (Echagüe, y otros, 2023).

Debido al crecimiento exponencial de este grupo etario, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propuso organizar la década del envejecimiento saludable 2020-2030 (Echagüe, y otros, 2023).

El envejecimiento se entiende, en principio, como un proceso de cambios físicos y cognitivos en el individuo, desde que nace hasta que muere; mientras que la vejez se presenta como la etapa final de la vida, cuyo inicio -convencionalmente- se señala a partir de los 60 años constituyéndose en epílogo del proceso de envejecimiento (Ekmeiro-Salvador & Arévalo-Vera, 2023). Desde una visión más holística, el envejecimiento conlleva modificaciones en el comportamiento social e incluso en la caracterización del perfil psicológico de los individuos, configurando de esta manera un nuevo estilo de vida que repercute en el sistema social y económico de la comunidad y país en general (Ekmeiro-Salvador & Arévalo-

Vera, 2023). Los cambios psicosociales y ambientales, tales como el aislamiento, la soledad, la depresión y la falta de ingresos influyen de manera importante en la dieta del adulto mayor y aumentan el riesgo de un desequilibrio nutricional (Cedeño Pincay & Delgado López, 2019). La malnutrición representa una situación endémica en las personas mayores, y son, más concretamente las deficiencias proteico-calóricas y de micronutrientes, las que implican potencialmente, una alteración de la respuesta al estrés, así como una disminución de las defensas inmunológicas, de la función cognitiva y de la capacidad para el autocuidado (Andrés Gines, Ramos Tascón, & Turón Ríos, 2012).

De todo ello, surge la notable relevancia de la alimentación como un factor condicionante del estado de salud de las personas de la tercera edad, así como la ascendente frecuencia de la aparición de afecciones relacionadas con hábitos alimentarios inadecuados o dietas carentes de algunos nutrientes, tales como: la malnutrición proteico-energética, la deficiencia de micronutrientes, la obesidad, las enfermedades cardíacas, la osteoporosis y el cáncer (Andrés Gines, Ramos Tascón, & Turón Ríos, 2012).

Objetivos

-Objetivo General

Determinar el nivel de adecuación de la ingesta de micronutrientes (Ca, Mg, P) y el estado nutricional de adultos mayores no institucionalizados de octubre a noviembre del 2024.

-Objetivos Específicos

- Describir las características sociodemográficas de la muestra estudiada.
- Estimar la ingesta alimentaria promedio de micronutrientes en la muestra.
- Identificar el porcentaje de adecuación del consumo alimentario de micronutrientes en la muestra.
- Evaluar el estado nutricional de los adultos mayores no institucionalizados a través del Mini Nutritional Assessment.

Materiales y Métodos

Estudio observacional descriptivo de corte transversal, realizado en 141 adultos mayores de 65 años en adelante, de ambos sexos, que acudieron a la Unidad de Salud Familiar “San Ramón” durante octubre y noviembre del 2024. Se excluyeron a adultos mayores con discapacidad física y motora o amputaciones que no permitieron la medición objetiva de los parámetros antropométricos de peso, talla, circunferencia braquial y de pantorrilla; con patologías renales diagnosticadas, que

consumían suplementos de calcio, magnesio y fósforo que implicaban una variabilidad para la estimación de los micronutrientes en la muestra y a quienes decidieron abandonar la investigación antes de la finalización del relevamiento de datos. El tipo de muestreo fue no probabilístico a conveniencia.

Se asignó una ficha individual a cada adulto mayor, en donde se recolectaron datos sociodemográficos y se determinó el estado nutricional empleando el Mini Nutritional Assessment (MNA), a través del método de entrevista. Se utilizó una balanza digital de marca OMRON®, modelo HB514C, un tallímetro de marca SECA® 213 y una cinta métrica de marca Lufkin® para la medición de parámetros antropométricos de peso, talla, circunferencia braquial y de pantorrilla, respectivamente. Así también, para la estimación de la ingesta dietética de micronutrientes, se utilizó un registro alimentario de 3 días incluyendo dos días de semana y uno del fin de semana, aplicado de manera autoadministrada. Los datos fueron digitalizados en una planilla de Microsoft Office Excel® versión 2010, teniendo en cuenta previamente, la estimación de la ingesta de micronutrientes

(mg/día) utilizando el software NutriSurvey2007® (Alemania) y la Tabla de

Composición de Alimentos de

Centroamérica (INCAP). El análisis de datos se realizó mediante el Software SPSS® versión 30. Se aplicó estadística descriptiva, los datos cualitativos se expresaron en frecuencias absolutas (n) y porcentajes (%) y para los cuantitativos se utilizó la prueba estadística KolmogorovSmirnov a fin de explorar la normalidad, finalmente los datos que siguieron una distribución normal se presentaron en forma de promedio y desvío estándar; mientras los que no, se presentaron en forma de mediana y percentiles (p25-p75). El protocolo de investigación fue sometido al Comité de Ética de la Investigación de la institución y aprobado (Código 1152/2024).

Resultados

En la investigación participaron 141 adultos mayores, con una mediana de edad de 71 años. Respecto a las características sociodemográficas, el 61,7% (n=87) fue del sexo femenino, el 43,3% (n=61) no habían concluido la primaria; el 39,7% (n=56) se dedicaban a las tareas del hogar; seguido por 34,8% (n=49) que trabajaban de manera independiente; en referencia al estado civil se encontró que el 46,8% (n=66) eran casados y el 25,5% (n=36) habían enviudado.

Tabla 1. Características sociodemográficas de adultos mayores no institucionalizados de octubre a noviembre del 2024

<i>Variables</i>	<i>Total (n= 141)</i>	
	Mediana	p25-p75
Edad (años)	71	66-74
Sexo	n	%
-Masculino	54	38,3
-Femenino	87	61,7
Nivel educativo		
-Sin estudios	7	5,0
-Primaria inconclusa	61	43,3
-Primaria concluida	36	25,5
-Secundaria	14	9,9
inconclusa -	6	4,3
Secundaria	5	3,5
concluida -Nivel	12	8,5
Técnico		
-Nivel Terciario		
Ocupación		
-Ama de casa -	56	39,7
Trabajador	49	34,8
independiente -	31	3,5
Trabajador		22,0
dependiente -		
Jubilado		
Estado civil		
-Soltero	25	17,7
-Casado	66	46,8
-Divorciado	36	5,0
-Viudo	7	25,5
-Unión libre		5,0
Nivel socioeconómico -	123	87,2
Menor a sueldo	9	6,4
mínimo vigente -Igual	9	6,4
a sueldo mínimo		
vigente -Mayor a		
sueldo mínimo		
vigente		
Condición de residencia	20	14,2
-Vive solo	121	85,8
-Vive acompañado		

Acerca del nivel socioeconómico se pudo observar que el 87,2% (n=123) percibían salarios menores al valor mínimo vigente y sobre la condición de residencia que el 85,8% (n=121) vivían acompañados. Los resultados se presentan detalladamente en la tabla 1. Según lo estimado por el registro de 3 días, la media de consumo de calcio fue de 628,57 mg, de magnesio 236,04 mg, y de fósforo de 1031,80 mg. Se presentan también las medias segmentadas por sexo en la tabla 2.

Tabla 2. Ingesta alimentaria promedio de micronutrientes (Ca, Mg, P) en adultos mayores no institucionalizados de octubre a noviembre del 2024

<i>Consumo de micronutrientes</i>	<i>Total (n=141)</i>
<i>Promedio ± (DE)</i>	
Calcio mg/día	
<i>Promedio total</i>	628,57±211,00
Masculino	649,26±231,58
Femenino	615,73±197,45
Magnesio mg/dl	
<i>Promedio total</i>	236,04±76,79
Masculino	266,11±81,40
Femenino	217,38±67,80
Fósforo mg/dl	
<i>Promedio total</i>	1031,80±257,99
Masculino	1130,75±264,36
Femenino	970,38±235,19

Al determinar la adecuación del consumo de micronutrientes, se observó que el 99,3% de los participantes (n=140)

presentaban una ingesta inadecuada de calcio de acuerdo a los RDA por edad y sexo; el 92,9 % (n=131) una ingesta inadecuada de magnesio y solo el 10,6% (n=15) presentaron una ingesta inadecuada de fósforo.

Se observa detalladamente en la tabla 3.

Tabla 3. Adecuación de la ingesta de micronutrientes (Ca, Mg, P) en adultos mayores no institucionalizados de octubre a noviembre del 2024

<i>Variable</i>	<i>Sexo</i>		
<i>Adecuación de la ingesta</i>	<i>Femenino n (%)</i>	<i>Masculino n (%)</i>	<i>Total n (%)</i>
Calcio			
-Adecuado	-	1 (1,9)	1 (0,7)
-Inadecuado	87 (100)	53 (98,1)	140 (99,3)
Total	87 (100)	54 (100)	141 (100)
Magnesio			
-Adecuado	8 (9,2)	2 (3,7)	10 (7,1)
-Inadecuado	79 (90,8)	52 (96,3)	131 (92,9)
Total	87 (100)	54 (100)	141 (100)
Fósforo			
-Adecuado	73 (83,9)	53 (98,1)	126 (89,4)
-Inadecuado	14 (16,1)	1 (1,9)	15 (10,6)
Total	87 (100)	54 (100)	141 (100)

Con respecto al porcentaje de adecuación del consumo de micronutrientes, se encontró que los promedios de porcentajes de cobertura de las RDA, eran del 54%, 65% y 147% para el calcio, magnesio y fósforo, respectivamente. Se presentan además los promedios de porcentaje de cobertura para cada

micronutriente clasificados por sexo en la tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje promedio de cobertura del consumo de micronutrientes

Adecuación del consumo de micronutrientes		Total (n=141)
	Porcentaje (DE)	±
Porcentaje Ca		
Masculino	54±18	
Femenino	58±21	
	51±16	
Porcentaje Mg	65±21	
Masculino	61±19	
Femenino	67±21	
Porcentaje P	147±37	
Masculino	161±38	
Femenino	138±33	

En relación al Estado Nutricional, a través del indicador Mini Nutritional Assessment; que se clasifica en estado nutricional normal, riesgo de malnutrición y malnutrición, se observó que el 78% de los participantes (n=110) se encontraban en un estado nutricional normal, seguido por un 20,6% (n=29) con riesgo de desnutrición, de estos últimos, se observó una mayoría de casos en el sexo femenino. Los resultados se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Estado nutricional en adultos mayores no institucionalizados de octubre a noviembre del 2024

Variable	Sexo		
	Femenino n (%)	Masculino n (%)	Total n (%)
Normal	66 (75,9)	44 (81,5)	110 (78)
Riesgo de Malnutrición	19 (21,8)	10 (18,5)	29 (20,6)
Malnutrición	2 (2,3)	-	2 (1,4)
Total	87 (100)	54 (100)	141 (100)

Discusión

La adecuación nutricional se define como satisfacer las necesidades de nutrientes, según las cantidades dietéticas recomendadas (RDA) o las ingestas adecuadas (IA); su importancia recae en que valores inadecuados a menudo se asocian con una mayor incidencia y gravedad de las ECNT y diversas patologías, comúnmente diagnosticadas en la población adulta mayor, la misma tiene una menor resiliencia y capacidad para mantener una homeostasis saludable de nutrientes en general (Inui, y otros, 2021). La desnutrición en esta etapa es de gran impacto para la evolución y pronóstico de diversas condiciones clínicas asociadas al envejecimiento, generando una mayor probabilidad de reingresos hospitalarios y un aumento de la mortalidad (Yeguez Marin & Sánchez Jaeger, 2019).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el nivel de adecuación de la ingesta de micronutrientes (Ca, Mg, P) y el estado nutricional de los adultos mayores no institucionalizados.

Las características principales observadas fueron, una mayor cantidad de participantes del sexo femenino (61,7%), coincidente con otros estudios en poblaciones similares (Durán A, Ulloa A, & Reyes G, 2014), 4 de cada 10 adultos mayores no habían concluido la primaria indicando bajos niveles de alfabetización; 8 de cada 10 percibían salarios menores al mínimo vigente, los ingresos pudieron ser adquiridos a través de sus labores, pensiones de jubilación o gubernamentales; 3 de cada 10 se dedicaban a tareas del hogar o trabajaban de manera independiente en oficios formales y no formales, en mayoría se encontraban casados y respecto a la condición de residencia se encontró que predominaban quienes vivían acompañados.

Estos resultados son afines a lo encontrado por Lara Jaque et al. (2012), en donde el 36,3% de los adultos no concluyeron la educación básica, por Espinosa et al. (2019) en donde el 74,4% de los adultos mayores presentaron bajos o nulos ingresos económicos y son semejantes a lo advertido por Bernui & Delgado-Peréz (2022) en donde el 89%

vivía en compañía, según la encuesta sociodemográfica empleada.

Las variables como el nivel educativo de una persona, los ingresos económicos, la ocupación y el estado civil, son factores determinantes desde el punto de vista alimentario; por ello, el estado nutricional de un grupo de individuos nos permite conocer de manera aproximada acerca de las condiciones de vida y el grado de desarrollo económico y social de una población (Chavarría Sepúlveda, Barrón Pavón, & Rodríguez Fernández, 2017). El bajo nivel educativo y socioeconómico mencionado pudo influir en las decisiones alimentarias de los adultos mayores, destacando de esta forma la susceptibilidad de los mismos a sufrir carencias.

En lo que se refiere a la adecuación de la ingesta de micronutrientes hallada en los adultos mayores, el 99,3% y el 92,9% ha demostrado ingestas inadecuadas de calcio y magnesio de acuerdo a los RDA, respectivamente. Durán et al. de la Revista Médica de Chile (2014) obtuvieron resultados similares en adultos mayores no institucionalizados; mencionando que independientemente del estado nutricional existieron bajas ingestas de estos minerales. De esta manera pudo haberse evidenciado que el consumo de alimentos fuentes de calcio y magnesio, tales como lácteos, vegetales y cereales integrales, fueron incluidos de manera mínima en la

dieta de los adultos estudiados influyendo en los valores de ingestas diarias; pues los adultos indicaron desayunos bajos en lácteos, porciones medias de almuerzos sin ensaladas y omitían las meriendas. Se percibió una disminución del apetito, situación dada comúnmente en este grupo etario; asociada con alteraciones biológicas, fisiológicas, así también con determinantes relacionados a los aspectos psicológicos, sociales, culturales y económicos durante el proceso de envejecimiento (De Souto Barreto, y otros, 2022)

Los porcentajes de adecuación fueron de 58% para el sexo masculino y de 51% para el femenino en referencia al calcio. En relación a este punto, Durán et al. observaron un 68% para el sexo masculino y un 65% para el femenino, superiores al presente estudio; diferencias que podrían deberse al uso de una encuesta de tendencia de consumo semanal de alimentos que brinda relevancia a ciertos alimentos o nutrientes específicos, mientras que el registro dietético tiende a subestimar alimentos, pues requiere del compromiso del paciente para indicar minuciosamente cada alimento consumido, es decir, el adulto mayor o sus cuidadores pueden omitir algunos detalles acerca de cantidades e ingredientes (Durán A, Ulloa A, & Reyes G, 2014) & (Troncoso-Pantoja, Alarcón-Riveros,

Amaya-Placencia, Sotomayor-Castro, & Maury-Sintjago, 2020)

Los valores de la adecuación del magnesio fueron de 61% para los hombres y de 67% para las mujeres, en cambio Muñoz et al. (2024) obtuvieron porcentajes entre 90-110% en el consumo de magnesio (Mg) en mujeres y hombres; cabe resaltar que el instrumento utilizado en este último fue el recordatorio de 24 hs. aplicado de manera similar con respecto a los días, sin embargo, mediante el método de entrevista (Muñoz Castillo, Reboredo Bilbao, & Ortega González, 2024).

El recordatorio de 24 hs. es de fácil comprensión entre individuos de distintas edades, diferente nivel socio-económico o años de escolaridad alcanzados, no requiere demasiado tiempo ni interfiere en las actividades cotidianas y aplicada de manera repetida brinda resultados acerca de las ingestas usuales; ante el registro dietético diario que, a pesar de ser un método fiable, precisa de mayor comprensión y dedicación, de este modo algunos datos pudieron ser infravalorados al ser autoadministrados en una población no apta.

El porcentaje de adecuación de la ingesta de fósforo fue del 161% para el sexo masculino y de 138% para el femenino, relacionados con lo descrito por Muñoz et al., quienes indicaron un 159% para hombres y por encima del 110% para las mujeres. Los valores de fósforo superiores

a los RDA pudieron darse a causa de la ingesta considerable de carnes y alimentos de origen animal indicada por los participantes; así como por la presencia de aditivos de fósforo incluidos en diversos productos de uso culinario, bebidas y alimentos ultra procesados de consumo habitual.

El promedio de la ingesta de fósforo fue de 1131 mg y 970 mg para hombres y mujeres, respectivamente; en relación a los datos de la Encuesta Nacional de Examen de Salud y Nutrición (E.E.U.U-NHANES III 19881994) se demostró una asociación entre ingesta elevada de fósforo en la dieta (>1400 mg/día) y mortalidad por todas las causas en adultos estadounidenses, al superar este umbral se sugiere un efecto negativo del alto contenido de fósforo en la dieta sobre la longevidad humana y ha sido involucrado en varios procesos relacionados con el envejecimiento acelerado porque aumenta el riesgo de fracturas, la proliferación del cáncer, la disfunción del músculo cardíaco/esquelético y la calcificación vascular (Serna & Bergwitz, 2020). La evaluación del estado nutricional fue realizada a través del Mini Nutritional Assessment, un método sencillo, eficaz y confiable para detectar el riesgo de desnutrición y malnutrición proteico-calórica en el adulto mayor. El 78% de los participantes se encontraba en un estado nutricional normal y el 20,6% en

riesgo de desnutrición, percibido especialmente en el sexo femenino; comparable a lo descubierto por Deossa-Restrepo et al. (2016), en donde el 52% de los participantes se encontraba en estado nutricional normal, ante valores menores pero significativos de riesgo de desnutrición del 33,7%; también observados principalmente en mujeres (Deossa-Restrepo, Restrepo-Betancurt, Velásquez-Vargas, & Varela-Álvarez, 2016) & (Giraldo Giraldo, Paredes Arturo, Idarraga Idarraga, & Aguirre Acevedo, 2017).

Los adultos mayores autónomos no institucionalizados, aunque aparentemente estén sanos, pueden alcanzar cifras moderadas de malnutrición y significativas de riesgo nutricional; como las expuestas en el estudio de Giraldo et al. (2017), que obtuvieron valores del 60,1% para el riesgo de desnutrición, mayores que el estado nutricional normal; probablemente dados por los niveles de dependencia funcional y síntomas de depresión indicados a través del MNA. Igualmente se presentó una mayor frecuencia de desnutrición o riesgo de desnutrición en adultos mayores de género femenino Giraldo et al. (2017) y Montejano Lozoya et al. (2014).

Se argumenta que esta prevalencia en la mujer tiene un nexo con la cultura y el rol femenino en la sociedad: un mayor protagonismo en las labores domésticas,

que las convierte en responsables directas de la alimentación y del enfrentamiento a los problemas de salud y cuidados de la familia. A diario, se someten a altos niveles de estrés y poseen mayor susceptibilidad a sufrir depresión que a su vez las predispone a la desnutrición (Luis-Pérez, Hernández-Ruíz, Merino-López, & NiñoMartín, 2021) & (Castañeda Abascal & Ramírez Macías, 2013).

Así mismo, demuestran más preocupación y cuidado de salud, lo que las lleva a buscar atención médica para no abandonar a su familia y sus quehaceres, indicando que la detección temprana de riesgo de malnutrición o malnutrición en las mismas se observó probablemente por una mayor asistencia de las mismas a los centros asistenciales, que puede ser constatada en las cifras de participantes femeninas de cada estudio mencionado (Luis-Pérez, Hernández-Ruíz, Merino-López, & NiñoMartín, 2021) & (Castañeda Abascal & Ramírez Macías, 2013).

Las limitaciones que se han dado durante la toma de datos fueron la asistencia de los adultos mayores para la devolución del registro dietético de tres días y garantizar la comprensión de la utilización del instrumento.

Así también durante el procesamiento de los datos, la adecuación de la ingesta fue dificultosa, pues se requirió de la estimación de los valores a través de diversas herramientas; tales como el

software Nutri Survey, la tabla de composición de Alimentos de Centroamérica y la realización de la comprobación de las cantidades adecuadas de los micronutrientes en contraste a los niveles máximos de ingesta tolerable de los mismos, precisando de esta manera de un tiempo considerable para la gestión de los datos.

Dentro de las fortalezas, se menciona que a nivel nacional el trabajo es novedoso y puede ser utilizado como punto de partida para investigaciones futuras con el fin de generar una atención considerable para este grupo etario y llevar a cabo intervenciones fructíferas que mejoren su calidad de vida. Así también, la predisposición del personal de salud y la participación de los adultos mayores fue esencial para culminar el trabajo de campo favorablemente logrando completar la totalidad de la muestra calculada.

Conclusiones

Los hallazgos indican un consumo inadecuado para el calcio y el magnesio, sin representar diferencias significativas por sexo; sin embargo, el consumo diario de fósforo fue adecuado en ambos sexos en su mayoría, con leves disparidades para el sexo femenino en cuanto a los valores inadecuados. Del mismo modo, se observaron medias de consumo de calcio y magnesio por debajo de los niveles recomendados, mientras que el

fósforo se mantuvo por encima de los niveles de ingesta diaria recomendada sin alcanzar los niveles superiores límites de ingesta. En lo que concierne al porcentaje de adecuación, el nivel de cobertura promedio fue ligeramente superior a la mitad para los valores recomendados de ingesta diaria de calcio, por encima del nivel medio para el magnesio, y para el fósforo por encima de los niveles requeridos.

Con relación al estado nutricional evaluado a través del MNA, prevaleció el estado nutricional normal.

Referencias bibliográficas

Andrés Gines, L., Ramos Tascón, B., & Turón Ríos, A. (2012). Aplicación en ancianos de la encuesta Mini Nutritional Assessment (MNA) en una planta de medicina interna por parte de los profesionales de enfermería.

doi:[https://doi.org/10.1016/S0212-5382\(12\)70061-4](https://doi.org/10.1016/S0212-5382(12)70061-4)

Bernui, I., & Delgado-Pérez, D. (2022). Factores asociados al estado y al riesgo nutricional en adultos mayores de establecimientos de atención primaria. *Anales de la Facultad de Medicina*. doi:<https://doi.org/10.15381/anales.v82i4.20799>

Castañeda Abascal, I. E., & Ramírez Macías, M. F. (2013). Elderly Men

and Women Health Related Differences. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 281-296. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252013000300006

Cedeño Pincay, M. J., & Delgado López, D. (2019). Factores psicosociales y estado nutricional del adulto mayor. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1668>

Chavarría Sepúlveda, P., Barrón Pavón, V., & Rodríguez Fernández, A. (2017). Estado nutricional de adultos mayores activos y su relación con algunos factores sociodemográficos. *Revista cubana de Salud Pública*, 361-372. Obtenido de <https://www.scielosp.org/pdf/rcsp/2017.v43n3/361-372/es>

De Souto Barreto, P., Cesari, M., Morley, J. E., Roberts, S., Landi, F., Cederholm, T. Fielding, R. (2022). Appetite Loss and Anorexia of Aging in Clinical Care: An ICFSR Task Force Report. *The Journal of Frailty & Aging*, 129-134. doi:<http://dx.doi.org/10.14283/jfa.2022.14>

Deossa-Restrepo, G. C., RestrepoBetancurt, L. F., Velásquez-Vargas, J. E., & Varela-

- Álvarez, D. (2016). Evaluación nutricional de adultos mayores con el Mini Nutritional Assessment: MNA. Universidad y Salud, 494-504. doi:
<http://dx.doi.org/10.22267/rus.161803.54>
- Durán A, S., Ulloa A, A., & Reyes G, S. (2014). Nutrient intake of Chilean older people according to body mass index. Revista médica de Chile, 1594-1602. doi:
<http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872014001200013>
- Echagüe, G., Sosa, L., Funes, P., Díaz, V., Ferrero, M., Cardozo, O. Franco, R. (2023). Estado de salud y nutrición del adulto mayor que concurre al Hospital Geriátrico del Seguro Social en la Asunción. Paraguay. doi:
<https://doi.org/10.54817/IC.v64n1a05>
- Ekmeiro-Salvador, J. E., & Arévalo Vera, C. R. (2023). Caracterización sociodemográfica, antropométrica y dietética de adultos mayores venezolanos. Horizonte, 477-488. doi:
<https://doi.org/10.19136/hs.a22n3.5470>
- Espinosa E, H., Encalada T, L., & Abril-Ulloa, V. (2019). Prevalence of malnutrition and associated factors among the elderly of Gualaceo, Ecuador. Revista chilena de nutrición. doi:
<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182019000600675>
- Ferrari, M. (2013). Estimación de la Ingesta por Recordatorio de 24 Horas. Diaeta, 20-25. Obtenido de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73372013000200004&lng=es
- Giraldo Giraldo, N. A., Paredes Arturo, Y. V., Idarraga Idarraga, Y., & Aguirre Acevedo, D. C. (2017). Factores asociados a la desnutrición o al riesgo de desnutrición en adultos mayores de San Juan de Pasto, Colombia: un estudio transversal. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética. doi:
<https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.21.1.288>
- Inui, T., Hanley, B., Tee, S. E., Nishihira, J., Tontisirin, K., Van Dael, P., & Eggersdorfer, M. (2021). The Role of Micronutrients in Ageing Asia: What Can Be Implemented with the Existing Insights. Nutrients, 1-27. doi:
<https://doi.org/10.3390/nu13072222>
- Lara Jaque, R. A., López Espinoza, M. Á., Espinoza Lavoz, E. C., & Pinto Santuber, C. (2012). Instrumental activities of daily living of older people cared for at the Primary Health Care network in the commune of Chillan Viejo-Chile. Index Enfermería, 23-27.

- doi:<https://dx.doi.org/10.4321/S1132-12962012000100006>
- Luis-Pérez, C., Hernández-Ruíz, Á., Merino-López, C., & NiñoMartín, V. (2021). Factores de riesgo asociados a desnutrición en personas mayores que viven en la comunidad: una revisión rápida. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 166-176.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.regg.2021.02.008>
- Montejano Lozoya, R. A., Ferrer Diego, R. M., Clemente Marín, G., Martínez-Alzamora, N., Sanjuan Quiles, Á., & Ferrer Ferrándiz, E. (2014). Factores asociados al riesgo nutricional en adultos mayores autónomos no institucionalizados. *Nutrición Hospitalaria*, 858-869.
doi:<http://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.4.7829>
- Muñoz Castillo, A. T., Reboredo Bilbao, T. J., & Ortega González, J. A. (2024). Calidad de la dieta, ángulo de fase y cronotipo en personas mayores. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/f80deb29-2a8f-4ef1-9f5665aea91bd22e/content>
- Serna, J., & Bergwitz, C. (2020). Importance of Dietary Phosphorus for Bone Metabolism and Healthy Aging. (3001, Ed.) *Nutrients*.
doi:<https://dx.doi.org/10.3390/nu12103001>
- Troncoso-Pantoja, C., AlarcónRiveros, M., Amaya-Placencia, J., Sotomayor-Castro, M., & MaurySintjago, E. (2020). Practical guide for applying the dietary method for integrated nutritional diagnosis. *Revista chilena de nutrición*, 493- 502.
doi:<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182020000300493>
- Yeguez Marin, F. A., & Sánchez Jaeger, A. (2019). Estado nutricional, masa muscular, fuerza y riesgo cardiometabólico en adultos mayores no institucionalizados. 8-17. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/3759/375967530003/html/>

Agradecimientos

A las Lic. Johana Meza y Lic. Patricia Velázquez, por su apoyo, paciencia y sabiduría al brindarme su orientación, muy valiosa desde el inicio hasta la finalización de este proyecto, y también, por todas las enseñanzas compartidas durante la carrera que forman parte de una base sólida para mi futuro profesional.

Al Dr. David Grance, por su amable recibimiento en la Unidad de Salud Familiar San Ramón, su hospitalidad y su generosa disposición a colaborar en la investigación durante el proceso de

reclutamiento para la toma de muestras de la investigación.

A todos los docentes de la carrera de Nutrición, por concederme las herramientas necesarias para alcanzar los objetivos académicos y permitirme de esta manera desarrollar las habilidades y competencias para llegar a la culminación de la misma.

Finalmente agradezco a mis compañeros de carrera, que iluminaron mi camino con su amistad y solidaridad, evitando que me rindiera en momentos difíciles. A amigos y familiares, por su comprensión y motivarme a crecer para superar obstáculos.

9.- Desafíos de la biotecnología y bioquímica

Valorización de la coronta de maíz como residuo agrícola para la producción de esporas de *Trichoderma sp.* mediante fermentación en estado sólido

Autor: Casilla, Solangel Wendy; swcasilla@umsa.bo

Orientador/a: Crespo Melgar, Carla Fabiana; cfcrespo@umsa.bo

Universidad Mayor de San Andrés / Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas,
Instituto de Investigaciones Fármaco Bioquímicas

Resumen

La valorización de residuos agrícolas representa una estrategia en biotecnología ambiental para la producción de microorganismos benéficos para la agricultura. En este estudio, se evaluó la coronta de maíz como sustrato para la producción de esporas viables de *Trichoderma sp.* mediante fermentación en estado sólido. Alternativamente, se utilizó arroz como sustrato referencial. Se aplicaron ocho tratamientos que combinaron hidrólisis alcalina (NaOH 2,4 % 30 min), tratamiento térmico (90°C por 10 min) y suplementación de micronutrientes (KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, urea y CaCl_2) para optimizar la esporulación. Se evaluó la colonización de *Trichoderma sp.* sobre coronta de maíz (50–55 % de humedad) como sustrato, inoculando suspensiones de esporas de *Trichoderma sp.* a ($2 \cdot 10^7$ esporas/mL), e incubados en bolsas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$). Se evaluaron curvas de crecimiento con muestreos a los días 3, 7 y 10, cuantificando la producción de esporas mediante recuento. El tratamiento térmico con micronutrientes mostró el mayor rendimiento ($p < 0.05$), alcanzando $2,7 \cdot 10^{10}$ esporas /g, viabilidad de 99,6 %, El peso seco de la biomasa obtenida fue de 2,55 g, lo que corresponde a un rendimiento del 12 % respecto al sustrato inicial. En contraste, otros tratamientos tanto con hidrólisis alcalina como sin ella y con o sin adición de micronutrientes presentaron valores inferiores con diferencia significativa ($p > 0.05$). Los resultados demuestran que la coronta de maíz tratada térmicamente y suplementada con micronutrientes constituye un sustrato eficiente para producir esporas de *Trichoderma sp.*, con aplicación potencial como biocontrolador en programas de manejo agroecológico, evitando el uso de sustratos que implican mayor costo o competencia con alimentos.

Palabras clave: Residuos agrícolas, *Trichoderma sp.*, bioinsumos

Introducción

La producción biotecnológica de bioinsumos agrícolas a partir de hongos filamentosos de rápida colonización y notable capacidad de adaptación del género *Trichoderma* ha cobrado creciente importancia por su efectividad como agente de control biológico, promotor del crecimiento vegetal y mejorador del suelo. (Contreras-Cornejo et al., 2016). Su efectividad se debe a mecanismos como el micoparasitismo, la producción de metabolitos antifúngicos y la competencia por nutrientes y espacio (Zin & Badaluddin, 2020). Estas propiedades convierten a *Trichoderma sp.* en una herramienta prometedora para el desarrollo de bioinsumos sostenibles.

En la producción masiva de conidios, la fermentación en estado sólido (FES) ha demostrado ser una estrategia eficiente, al ofrecer un entorno que imita las condiciones naturales de crecimiento del hongo y permite altos rendimientos de esporulación. No obstante, el éxito de esta técnica depende en gran medida del tipo de sustrato empleado, su composición química, granulometría, contenido de humedad y tratamientos previos. El arroz precocido ha sido utilizado comúnmente como sustrato control en diversos estudios por su composición rica en almidones y facilidad de colonización, sin embargo, su costo limita su viabilidad para aplicaciones comerciales a gran escala. (Michel-Aceves et al., 2008)

Ante esta situación, se ha incrementado el interés de valorizar residuos agrícolas como sustratos alternativos. La coronta de maíz, un subproducto abundante y de bajo costo, representa una opción atractiva debido a su disponibilidad y contenido lignocelulósico, aunque su uso requiere de pretratamientos que mejoren la accesibilidad a los nutrientes para el hongo (Ramos et al., 2008). Algunos estudios han reportado que la aplicación de tratamientos térmicos o alcalinos, así como la suplementación con micronutrientes, puede favorecer la colonización del sustrato y aumentar significativamente la producción de conidios (Moreno, 2024).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la coronta de maíz como sustrato alternativo para la producción de esporas viables de *Trichoderma sp.* mediante fermentación en estado sólido (FES), bajo condiciones controladas de humedad, suplementación de nutrientes y pretratamiento térmico y/o químico.

Objetivos específicos

- Analizar el efecto del pretratamiento térmico y químico sobre la coronta de maíz y su influencia en la colonización micelial de *Trichoderma sp.* durante la fermentación en estado sólido.
- Evaluar la eficiencia de la suplementación con micronutrientes (KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, urea y CaCl_2) en la promoción de la esporulación fúngica y la viabilidad

conidial.

- Determinar el rendimiento final de esporas de *Trichoderma sp* mediante la cuantificación del peso seco de esporas y la estimación de la productividad biológica por gramo de sustrato tratado.

Materiales y Métodos

Material vegetal y cepa fúngica

La coronta de maíz fue recolectada de mercados de la ciudad de La Paz, lavada, secada, triturada de forma mecánica (partícula > 0.2cm) y almacenada en condiciones secas hasta su procesamiento. Como sustrato de referencia, se utilizó arroz precocido hidratado (precocción de 5 minutos), siguiendo procedimientos descritos por Allori et al. (2017).

Se empleó un cultivo criopreservado de *Trichoderma sp.*, perteneciente al cepario del IIFB. Para su reactivación, se sembró en placas Petri con medio Papa dextrosa agar (PDA) y se incubó a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 7 días. Para la producción de inóculo, se cultivó por 10 días a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, se recolectaron conidios en agua estéril y se ajustó la concentración a $2 \cdot 10^7$ conidios/mL mediante recuento en hemocitometro (Allori et al. 2017; Moreno,2024).

Tratamientos experimentales

Se evaluaron ocho tratamientos combinando tres variables: 1. hidrólisis alcalina con

NaOH al 2,4%, 2. tratamiento térmico (ebullición a 90°C por 10 min) y 3. suplementación de 125 mL de solución de micronutrientes, esta última estuvo compuesta por: 1,5 g/L KH_2PO_4 , 3,0 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,75 g/L urea y 2,0 g/L CaCl_2 , siguiendo modificaciones al protocolo de Moreno. (2008).

El diseño experimental consistió en un arreglo factorial de tres factores: Factor A (tratamiento de hidrólisis alcalina del sustrato), Factor B (suplementación con micronutrientes) y Factor C (tratamiento térmico: ebullición a 90°C). Se emplearon dos tipos de sustratos: coronta de maíz triturada y arroz precocido como sustrato referencial.

Tabla 1. Diseño experimental para la evaluación de la producción de esporas de *Trichoderma sp.* en diferentes sustratos y condiciones de tratamiento.

Sustrato	Factor A	Factor B	Factor C
Coronta	Si	Con	—
Coronta	Si	Sin	—
Coronta	No	Con	—
Coronta	No	Sin	—
Coronta	—	Con	Si
Coronta	—	Sin	Si
Arroz	—	Con	Si
Arroz	—	Sin	si

Preparación del sustrato

Cada sustrato (25 g) fue humedecido con 125 mL de la solución correspondiente (agua o micronutrientes) por 2 horas luego se drenó, colocó en bolsas y esterilizó en autoclave a 121 °C durante 1 hora, y para su posterior ajuste de humedad al 50–55 %, determinada por análisis gravimétrico con termobalanza. Este valor de humedad se seleccionó en función de la literatura, que sugiere que valores entre 60 % y 80% son óptimos para el crecimiento de *Trichoderma sp.* (Pineda-Insuasti, 2010; Perdomo et al., 2021). Luego, se inocularon asépticamente con 5 mL del inóculo preparado ($2 \cdot 10^7$ esp/mL).

Condiciones de fermentación

La fermentación en estado sólido (FES) se llevó a cabo a 25 ± 2 °C. El cultivo se monitoreó durante 10 días, realizándose muestreos a los días 3, 7 y 10 para evaluar el crecimiento y la esporulación.

Cuantificación de conidios y curva de crecimiento

Para cada muestreo, se tomaron 1 g de sustrato, se suspendieron en 10 mL de agua destilada estéril, y se agitó durante 1 minuto. Se realizó el recuento mediante un hemocitometro bajo microscopio óptico para estimar la concentración de esporas por gramo de sustrato y se graficaron curvas de crecimiento fúngico a lo largo del tiempo

Evaluación de la viabilidad conidial

Se evaluó la viabilidad mediante la técnica de recuento directo de conidios germinados. Se sembró 1 mL de diluciones en placas Petri con agar agua, y posteriormente se añadió PDA fundido a 45°C, para luego incubarlas a 25 ± 2 °C durante 48 h. El criterio de viabilidad se expresó por la presencia de conidios germinados en porcentaje (Serpa, 2015).

Recolección y cuantificación de esporas

Una vez concluida la incubación, las bolsas se abrieron dentro de sobres de papel y se mantuvieron en estufa a 40 °C durante 28 días hasta obtener humedad <15%. El sustrato seco se sometió a tamizado manual utilizando tamices plásticos. El material retenido fue recolectado, y por diferencia de masa se calculó el peso seco de esporas (Elosegui et al., 2009).

Resultados y Discusión

Evaluación comparativa de tratamientos

La cinética de esporulación de *Trichoderma sp.* cultivado sobre coronta de maíz tratada bajo distintas condiciones experimentales fue monitoreada durante un periodo de 10 días. Los datos obtenidos permiten establecer el efecto de cada tratamiento sobre la capacidad del hongo para colonizar

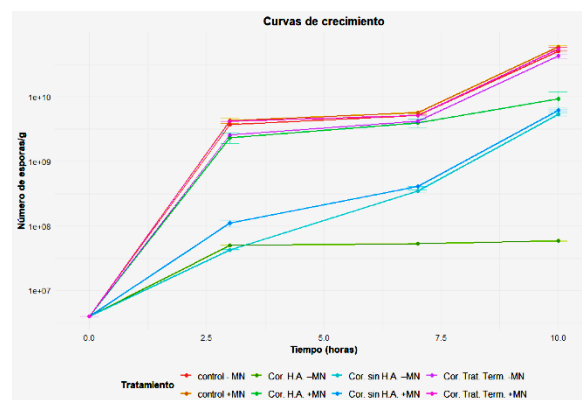
el sustrato, multiplicarse y producir estructuras reproductivas, en comparación con el sustrato de arroz utilizado como referencia.

En la Figura 1 se muestra la evolución temporal del crecimiento de *Trichoderma sp.* expresado en esporas por gramo de sustrato (esporas/g). Todos los tratamientos fueron inoculados con una concentración inicial de $4 \cdot 10^6$ esporas/g. A partir del día 3, se observó un patrón de incremento en la mayoría de los tratamientos, destacándose particularmente aquellos que involucraron tratamiento térmico de la coronta y suplementación con micronutrientes.

Figura 1: Curvas de crecimiento de *Trichoderma sp.* en los diferentes tratamientos. Cor (coronta de maíz); H.A (hidrolisis alcalina); MN (micronutrientes); Trat. Term (Tratamiento térmico)

Particular atención se atribuye al efecto del tratamiento térmico de coronta con micronutrientes, el cual alcanzó un promedio de $5,51 \cdot 10^{10} \pm 0,29 \cdot 10^{10}$ esporas/g superando a la coronta con hidrolisis alcalina y nutrientes que presentó valores en el rango de $9,2 \cdot 10^9 \pm 0,25 \cdot 10^9$ esporas/g, mientras que la coronta con hidrolisis

alcalina sin nutrientes apenas alcanzó valores cercanos a $5,85 \cdot 10^7 \pm 0,07 \cdot 10^7$ esporas/g. Por otro lado, la coronta sin hidrolisis alcalina, pero con nutrientes mostró un promedio de aproximadamente $6,20 \cdot 10^9 \pm 0,14 \cdot 10^9$ esporas/g, y sin nutrientes $5,30 \cdot 10^9 \pm 0,14 \cdot 10^9$ esporas/g. Estos resultados evidencian que la combinación de cocción con suplementación mineral maximiza la colonización y esporulación del sustrato, superando significativamente los otros tratamientos. El tratamiento de coronta tratada térmicamente sin micronutrientes también mostró un rendimiento elevado, con valores de $4,00 \cdot 10^{10}$ y $4,50 \cdot 10^{10}$ esporas/g, lo cual demuestra que el solo tratamiento térmico



ya representa una mejora significativa respecto a los tratamientos sin procesamiento.

En cuanto a los al sustrato referencial de arroz precocido, los resultados confirmaron su eficacia. El tratamiento con micronutrientes alcanzó $6,10 \cdot 10^{10}$ esporas/g, mientras que sin micronutrientes llegó a $5,10$

· 10^{10} esporas/g. Estos resultados son comparables con los estudios de García, Riera, Zambrano y Gutiérrez (2006) que reportan valores de hasta $2 \cdot 10^{10}$ ufc/g en arroz.

El comportamiento superior de los tratamientos térmicos también puede atribuirse a una mayor desestructuración de la matriz vegetal, mejorando la aireación. En contraste, los tratamientos con hidrólisis alcalina sin micronutrientes mostraron una esporulación prácticamente nula, con valores máximos de apenas $5.9 \cdot 10^7$ esporas/g al día 10, lo cual sugiere una posible inhibición del crecimiento micelial por residuos de NaOH no neutralizados

Análisis comparativo por día

Para analizar la variabilidad intra-tratamiento y la distribución de esporulación por día, se elaboraron diagramas de cajas para la variable dependiente esporas en función de los diferentes tratamientos aplicados. Las letras sobre cada caja indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El diagrama muestra las primeras diferencias notables en la dinámica de esporulación de *Trichoderma sp.* en los distintos tratamientos evaluados.

Como se observa en la Figura 2, los tratamientos con coronta tratada térmicamente con micronutrientes y el

sustrato de referencia con micronutrientes y sin micronutrientes que es el control presentaron los valores más altos de producción de esporas, con medias cercanas a los $4,2\text{--}4,5 \cdot 10^9$ esporas/g, lo que confirma que fueron estadísticamente superiores respecto a los demás.

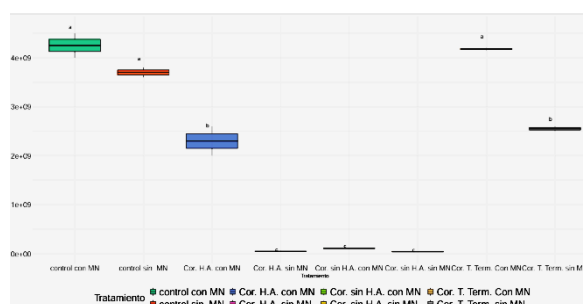


Figura 2. Producción de esporas de *Trichoderma sp.* al día 3

Por el contrario, los tratamientos de coronta con hidrólisis alcalina sin micronutrientes y coronta sin hidrólisis ni nutrientes mostraron valores considerables de producción de esporas, aunque inferiores a los obtenidos con otros tratamientos. Si se establece una escala de rendimiento, el orden decreciente sería: sustrato referencial con micronutrientes > coronta tratada térmicamente con micronutrientes > sustrato referencial sin micronutrientes correspondiente a la producción convencional (López et al., 2022) > coronta tratada térmicamente sin micronutrientes > coronta con hidrólisis alcalina con micronutrientes > coronta sin hidrólisis

alcalina con micronutrientes > coronta sin hidrólisis alcalina sin micronutrientes > coronta con hidrólisis alcalina sin micronutrientes. Estos resultados reflejan la relevancia de la disponibilidad inicial de nutrientes esenciales y de un sustrato con estructura física favorable para la colonización micelial y la conidiogénesis

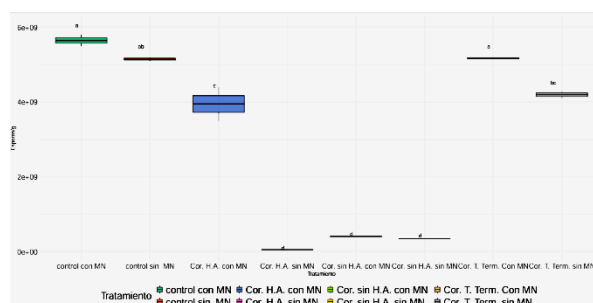


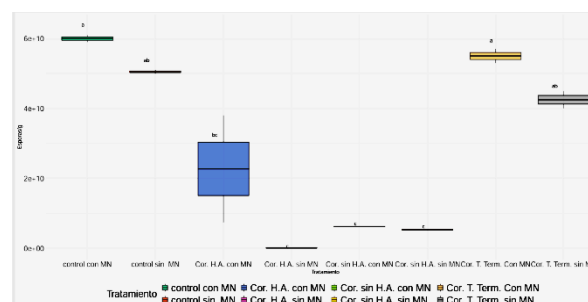
Figura 3. Producción de esporas de *Trichoderma sp.* al día 7

El segundo diagrama correspondiente al día 7 post-inoculación, evidencia una tendencia ascendente en la producción de esporas en la mayoría de los tratamientos, destacándose nuevamente el grupo conformado por coronta tratada térmicamente con micronutrientes y el control positivo con micronutrientes, siendo ambos clasificados dentro del grupo estadísticamente más alto.

La gráfica muestra una disminución de la variabilidad intra-tratamiento en comparación con el día 3, lo que sugiere una

estabilización del crecimiento micelial. Por otra parte, el tratamiento coronta con hidrólisis alcalina sin micronutrientes continuó siendo el menos efectivo

Al décimo día de incubación (Figura 4), se observó una marcada intensificación en la producción de esporas en todos los tratamientos, alcanzando sus valores máximos. Los tratamientos que incluyeron arroz precocido con micronutrientes y sin micronutrientes presentaron las concentraciones más altas. De manera destacable, el tratamiento de coronta tratada térmicamente con micronutrientes mostró una producción comparable, sin diferencias estadísticamente significativas respecto al control positivo. En contraste, el tratamiento de coronta con hidrólisis alcalina y micronutrientes, a pesar de mostrar un incremento importante respecto al inicio se indica una menor eficiencia significativa en comparación con los mejores tratamientos, pero superior a los tratamientos sin



suplementación ni tratamiento térmico.

Figura 4. Producción de esporas de *Trichoderma sp.* al día 10

Este resultado sugiere que la hidrólisis alcalina no aportó una ventaja sustancial sobre el tratamiento térmico simple.

Los valores de esporulación obtenidos en el presente estudio para los tratamientos coronta tratada térmicamente con suplementación de micronutrientes y arroz con micronutrientes ($5.7 \cdot 10^{10}$ y $6.1 \cdot 10^{10}$ esporas/g, respectivamente) no solo superan los reportados por Moreno (2024) para coronta de maíz con hidrólisis alcalina al 2,4% ($2,09 \times 10^7$ esporas/mL), sino que también indican que la coronta de maíz tratada térmicamente constituye un sustrato potencialmente más eficiente, con ventajas ecológicas al tratarse de un residuo agrícola.

La cinética de esporulación también concuerda con estudios como los de Serpa. (2009), quien observa picos de conidiación entre los días 7 y 10, y sugieren que este es el periodo óptimo para la cosecha en FES.

Viabilidad de conidios y cuantificación de esporas viables

La evaluación de la viabilidad de los conidios representa un criterio fundamental en la caracterización de bioproductos, dado que determina la proporción de esporas funcionales capaces de germinar y colonizar un nuevo sustrato (Perdomo et al., 2021). En este estudio, se observó una amplia variabilidad en el porcentaje de viabilidad

entre los distintos tratamientos, con valores que oscilaron entre un mínimo del 42,7 % y un máximo aparente del 108,6 %, este último valor potencialmente explicado por una sobreestimación en el conteo de esporas germinadas.

Los tratamientos más destacados fueron aquellos que emplearon coronta de maíz con tratamiento térmico con y sin micronutrientes, así como el control con arroz precocido, con o sin nutrientes. Estos tratamientos no solo exhibieron viabilidades superiores al 90 % en la mayoría de las réplicas, sino que también produjeron las concentraciones más altas de esporas viables por gramo de sustrato

El tratamiento de coronta tratada térmicamente con micronutrientes alcanzó un rango de $2,70 \cdot 10^{10}$ a $2,74 \cdot 10^{10}$ esporas viables/g, mientras que el control positivo arroz con micronutrientes alcanzó hasta $2,94 \cdot 10^{10}$ esporas viables/g. Es importante destacar que, si bien los controles con arroz superaron levemente en concentración de esporas viables, el uso de un residuo agrícola como la coronta de maíz representa una alternativa más sostenible, local y de menor costo para la producción a escala de biocontroladores.

En contraste, los tratamientos que no recibieron tratamiento térmico o que carecieron de suplementación presentaron

tanto una viabilidad reducida como concentraciones considerablemente menores de esporas viables.

Adicionalmente, se observó una coherencia general entre el porcentaje de viabilidad y la cantidad absoluta de esporas viables/g. (Figura 5) Esto sugiere que la formulación del sustrato no solo afecta la producción total de conidios, sino también su calidad fisiológica.

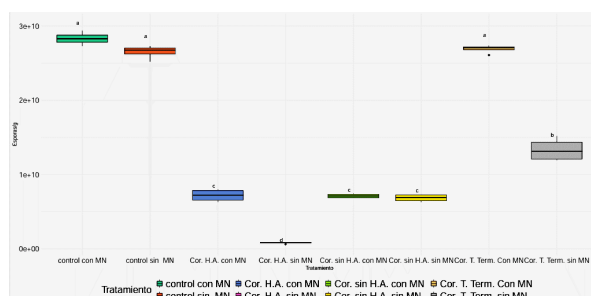


Figura 5. Producción de esporas viables de *Trichoderma* sp.

La suplementación con micronutrientes, basada en una solución con fosfato monopotásico, sulfato de amonio, urea y cloruro de calcio, parece haber potenciado la esporulación y germinación, al mejorar la disponibilidad de nutrientes clave para la generación de estructuras reproductivas

Producción de biomasa fúngica

La biomasa fúngica recolectada tras el proceso de tamizado constituye un indicador directo de la productividad del sistema de fermentación en estado sólido (FES),

especialmente cuando se evalúa en función de la cantidad de sustrato utilizado y la eficiencia del proceso de separación (Perdomo et al., 2021). En este estudio, la cantidad de esporas secas recolectadas corresponde al material producido a partir de 21 g de sustrato esporulado por tratamiento, una cantidad uniforme que permite la comparación directa entre condiciones.

Los tratamientos más exitosos en términos de peso seco de esporas recolectadas fueron nuevamente los que utilizaron coronta de maíz tratados térmicamente, con micronutrientes obteniendo 2,55 g con un rendimiento de 12% , seguidos por los tratamientos con coronta sin hidrólisis alcalina con nutrientes y coronta con hidrólisis alcalina con nutrientes, es importante destacar que el peso seco recolectado no refleja exclusivamente la biomasa esporulada, sino también una fracción de material particulado proveniente del sustrato. En este sentido, el sustrato de coronta de maíz, al haber sido triturado previamente para mejorar su manejabilidad y homogeneidad, presentó un contenido apreciable de polvo y partículas finas. Durante el proceso de tamizado manual, parte de este polvo pasó a través del tamiz junto con las esporas, incrementando artificialmente el peso seco recolectado. Este fenómeno es especialmente relevante para tratamientos donde el contenido de esporas viables fue elevado, pero el peso

seco podría estar parcialmente sesgado por la carga de material inerte.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la coronta de maíz, un residuo agrícola subutilizado, constituye un sustrato eficiente para la producción masiva de conidios de *Trichoderma* sp. mediante fermentación en estado sólido (FES). En particular, los tratamientos que incluyeron tratamiento térmico de la coronta, tanto con cómo sin suplementación de micronutrientes, mostraron una capacidad de esporulación comparable al sustrato referencial, alcanzando conteos máximos de $5,71 \cdot 10^{10}$ esporas/g, viabilidades mayores al 98% y rendimiento de esporas obtenida de 12 % respecto al sustrato inicial

Adicionalmente, se observó que el tratamiento térmico favorece el desarrollo micelial y la esporulación incluso en ausencia de suplementación, lo que sugiere un efecto positivo en la descomposición de componentes estructurales y la mejora de la disponibilidad de nutrientes del sustrato. Esto es consistente con otros trabajos que resaltan la importancia del pretratamiento físico-químico para mejorar la eficiencia en el uso del sustrato lignocelulósico

En contraste, los tratamientos con hidrólisis alcalina presentaron menor esporulación y viabilidad, especialmente en ausencia de nutrientes, lo cual indica que este tratamiento podría inducir modificaciones estructurales desfavorables o dejar residuos que inhiben el crecimiento fúngico. Además, se identificó que el contenido de polvo generado por la trituración de la coronta afecta el peso seco de esporas recolectadas, generando posibles sobreestimaciones al no representar exclusivamente biomasa viable, lo cual debe considerarse al interpretar esta variable como indicador de rendimiento.

En conjunto, este trabajo demuestra que la coronta de maíz tratada térmicamente, sin necesidad de sofisticados pretratamientos químicos o costosas suplementaciones, es una alternativa biotecnológica altamente prometedora para la producción de esporas viables de *Trichoderma* sp. en sistemas FES. Su implementación podría contribuir significativamente al desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades en la agricultura sostenible, con base en biocontroladores de alta calidad y bajo costo.

Referencias Bibliográficas

Allori, E., Yasem, M., & Ploper, L. (2017). Evaluación de sustratos para la producción de esporas de *Trichoderma* y estudio del crecimiento en arroz de

- las cepas antagonistas TPT03, TPT02, MRT35 y MRT40. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 37(1), 57-66. Recuperado de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2017000100006&lng=es&tlng=es
- Contreras-Cornejo, H., Macías-Rodríguez, L., Del-Val, E., & Larsen, J. (2016). Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology*, 92(4). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw036>
- Elósegui, O., Fernández-Larrea Vega, O., Ponce, E., Borges, G., Rovesti, L., & Jiménez, J. (2009). Colecta de esporas de *Trichoderma harzianum* Rifai cepa A34 por lecho fluidizado y ciclón dual y por tamizaje vibratorio. *Fitosanidad*, 13(4), 265–270. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000400007
- García, R., Riera, R., Zambrano, C., & Gutiérrez, L. (2006). Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *trichoderma harzianum* proveniente de la región andina venezolana. *Fitosanidad* 10 (2) 115-121 Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116102005>
- López, T., Aguilera, L., & Silva, H. (2022). Reproducción masiva de hongos *trichodermas* previamente identificados de suelos Nicaragüenses en diferentes sustratos orgánicos. *Nexo Revista Científica*, 35(03), 700-712. <https://doi.org/10.5377/nexo.v35i03.15000>
- Michel-Aceves, A., Otero-Sánchez, M., Martínez-Rojero, R., Rodríguez-Morán, N., Ariza-Flores, R., & Barrios-Ayala, A. (2008.). Producción masiva de *Trichoderma harzianum* Rifai en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(2), 185-191. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200012
- Moreno, R (2024). *Efecto de desechos agroindustriales utilizados como sustratos en la producción de esporas de Trichoderma harzianum por fermentación en sustrato sólido* (Tesis de maestría), Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/86b6582d-f099-42f2-b9fc-7cb531292d6d/content>

- Perdomo, C., Villamizar, L., Báez, F., Viera, W., & Jackson, T. (2021). Evaluación de la estabilidad de cuatro sistemas de liberación para la formulación de conidios de *Trichoderma asperellum*. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 47(2), 249–258. Recuperado de <https://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v47n2/0325-8718-RIA-47-02-00249.pdf>
- Pineda-Insuasti, J. A. (2008). Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp.: Una revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 40(2), 115–128. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223153894008.pdf>
- Ramos, E., Navarro, R., Zumaqué, L., & Violeth, J. (2008). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. *Revista Colombiana de Biotecnología* X(2) 23-34. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77610204>
- Serpa, M (2015). *Eficiencia de crecimiento del hongo Trichoderma harzianum Rifai para la producción de bioplaguicida, aprovechando el residuo agroindustrial de cáscara de haba (Vicia faba L.)* (Tesis de licenciatura), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Zin, N., & Badaluddin, N. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals Of Agricultural Sciences*, 65(2),168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.003>

5. Inclusão

Currículo e Formação Docente em Letras-Libras na Amazônia: Caminhos para uma perspectiva amazonizada

Autora: Mendonça, Carla Andréa Sampaio; E. mail: carla.mendonca@estudante.ufscar.br

Orientador/a: Santos, Lara Ferreira dos; E. mail: lfsantos@ufscar.br

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Programa de Pós-Graduação em Educação Especial- PPGEes

Resumo

O presente estudo é um recorte de uma pesquisa de doutoramento em desenvolvimento, cujo objetivo é investigar os avanços e desafios na formação docente promovida pelos cursos de Licenciatura em Letras-Libras, ofertados por universidades federais da Amazônia, com ênfase na incorporação das dimensões socioambientais regionais no processo formativo. Parte-se do pressuposto de que a formação de professores para o ensino de surdos na Amazônia requer um currículo sensível às especificidades culturais, linguísticas, geográficas e sociais dos territórios amazônicos. A pesquisa, de abordagem qualitativa, foi desenvolvida por meio da técnica de grupo focal (GATTI, 2012) com participação de 04 (quatro) coordenadores de cursos de Letras-Libras de quatro universidades da região norte. As discussões foram mediadas por roteiros temáticos e analisadas com base na técnica de associação de ideias e produção de sentido de Spink (2010). A análise evidenciou dois eixos: dificuldades na construção de uma identidade pedagógica própria e aspectos que relacionam o currículo às especificidades amazônicas. Os dados revelam que fatores como a criação recente dos cursos, a influência de modelos tradicionais, a formação restrita do corpo docente e a ausência de disciplinas específicas comprometem um currículo contextualizado. Apesar disso, identificaram-se experiências como TCCs de discentes surdos de comunidades locais com enfoque regional, uso de bibliografias amazônicas e pesquisas sobre línguas de sinais indígenas e práticas quilombolas. Tais iniciativas evidenciam o potencial de uma formação docente ancorada no território e comprometida com a inclusão dos sujeitos surdos amazônicos.

Palavras chave: Educação Especial, Formação de Professores para Amazônia, Cursos de Letras-Libras.

Introdução

Por debaixo do imenso tapete verde que se mistura às curvas das águas, encontram-se cidades, metrópoles, taperas, vilarejos, malocas e palafitas que abrigam aquilo que o visitante, ao chegar pelo alto, não pode ver – o homem da Amazônia. De acordo com Marilene Freitas (Freitas, 2009), professora e pesquisadora do Departamento de Ciências Sociais da Universidade Federal do Amazonas, a Amazônia é composta de diversos grupos sociais urbanos e rurais incluindo sociedades e comunidades indígenas de distintas etnias; grupos humanos decorrentes do processo de colonização e de fricções interétnicas e de arranjos próprios de sobrevivência com a sociedade colonial; grupos e contingentes populacionais resultantes de processos de migrações fomentadas por políticas governamentais e/ou grupos privados e confessionais, bem como por migrações da dinâmica social.

O espaço geográfico que compõe a Amazônia guarda em si a maior biodiversidade do planeta, agregando um terço das reservas mundiais de floresta tropical e um quinto da água doce superficial de toda Terra (Carvalho, 2019). Essa intensidade não passa despercebida por aqueles que nascem e vivem na região, uma vez que as experiências de vida, o ambiente social, cultural, geográfico e econômico amazônico, são obviamente

ingredientes chave para a constituição dos sujeitos que habitam esse espaço geográfico.

Compreende-se, portanto, que a docência na Amazônia não se realiza em um vácuo cultural, social, geográfico ou econômico. Ao contrário, está profundamente imbricada nas múltiplas dimensões que configuram a realidade vivida pelos estudantes — surdos e ouvintes — da região. Assim, a inserção dessas especificidades no currículo de formação docente não deve ocorrer de forma superficial. É preciso, portanto, compreender a realidade amazônica como componente estruturante da formação, e não como elemento acessório.

À vista disso, a formação de professores para o ensino de surdos na Amazônia demanda um diálogo contínuo entre os saberes tradicionais, as práticas culturais regionais e o conhecimento acadêmico, articulado em uma perspectiva de construção coletiva e colaborativa. Tal processo formativo deve considerar, de maneira estruturante, as realidades socioambientais que permeiam os diversos territórios amazônicos, onde os estudantes surdos estão inseridos. Nesse contexto, é imprescindível reconhecer que, na Amazônia, as questões linguísticas não podem ser dissociadas dos fatores culturais, geográficos e históricos que conformam o modo de vida das populações locais. Essa indissociabilidade

exige uma abordagem formativa sensível às especificidades da região, capaz de integrar práticas pedagógicas que dialoguem com a diversidade linguística e os desafios socioambientais presentes no cotidiano dos sujeitos surdos amazônicos. A partir dessas reflexões, passa-se a abordar aspectos diretamente relacionados à educação de surdos, à legislação vigente que regulamenta esse direito e à forma como os cursos de Letras-Libras têm sido implementados. É oportuno, portanto, examinar como o arcabouço legal brasileiro moldou a criação dos cursos de Letras-Libras na região amazônica.

Em 2002 foi promulgada no Brasil a Lei nº 10.436, conhecida como Lei de Libras, que reconheceu a Língua Brasileira de Sinais como “sistema linguístico de natureza visual-motora, oriundo de comunidades de pessoas surdas do Brasil” (Brasil, 2005). Em 2005, essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº 5.626, o qual determinou a obrigatoriedade da disciplina de Libras nos cursos de Pedagogia, Licenciaturas e Fonoaudiologia (Brasil, 2005).

Para se fazer cumprir essa legislação, diversos cursos de formação de professores de Libras foram implementados no Brasil, sendo, o primeiro, o Curso Letras-Libras da Universidade Federal de Santa Catarina,

na modalidade a distância (Cerny, Quadros & Barbosa, 2009).

O primeiro Curso Letras-Libras na modalidade presencial foi, em seguida, oferecido pela mesma Universidade. A titulação da primeira turma do curso por meio do ensino a distância da UFSC ocorreu em 2010 e a titulação da segunda turma, em 2012, com polos em 16 (dezesseis) estados brasileiros.

Em 2012, foi lançado o Plano Viver Sem Limites do Governo Federal, que se dispôs a apoiar a implementação de 01 (um) Curso Letras-Libras em cada estado da Federação. As Universidades Federais Amazônicas, de pronto, se disponibilizaram para a oferta do referido curso na Amazônia. Com esses cursos, de acordo com o marco referencial do Projeto Político Pedagógico do Curso de Libras-Libras da Universidade Federal do Amazonas (2023), pretendia-se atender às demandas impostas pela necessidade de mudar a realidade da educação de surdos nos estados da região norte, realidade caracterizada por insucesso educacional e pela evasão de surdos e de deficientes auditivos da escola comum (Campelo, Oliveira & Holanda, 2020).

Assim, os Cursos de Letras-Libras projetados para a Amazônia, foram criados com a responsabilidade de promover formação de Professores de Libras para o atendimento de alunos surdos amazônicos nas séries finais da Educação

Fundamental, para o Ensino Médio, e para o ensino da disciplina Libras em cursos de educação superior.

Seguindo essas diretrizes, a formação de professores oferecida em território amazônico, deve prover ao profissional formado nos Cursos Letras-Libras, conhecimentos teóricos dos componentes fonológicos, morfológicos, sintáticos, semânticos e discursivos da Libras como primeira e segunda língua e capacidade de compreender os fatos da língua e de conduzir investigações aplicadas a problemas de ensino e de aprendizagem de Libras como primeira língua (L1) e como segunda língua (L2). E ainda, a compreensão da complexidade da sociedade amazônica, suas singularidades humanas, culturais, geográficas e econômicas, aspectos estes que se manifestam no universo dos surdos amazônicos em diferentes modos de linguagem, os quais o profissional deverá entender para se posicionar (Ufam, 2023).

Após as proposições observadas sobre a formação de docentes para Educação de surdos na Amazônia, cabe reflexão sobre avanços, desafios e possibilidades de melhoria na formação docente, com ênfase nas dimensões socioambientais amazônicas que permeiam esse processo formativo. Nesse sentido apresenta-se neste texto um recorte de pesquisa de tese, no qual serão apresentados resultados parciais das

discussões realizadas em grupo focal com coordenadores de cursos de licenciatura em Letras-Libras na Amazônia.

Visa-se, com esta proposta, apresentar contribuições que possibilitem identificar avanços, desafios na formação docente oferecida nos cursos de Letras-Libras na Amazônia, partindo do entendimento de que tal iniciativa poderá subsidiar a construção de um currículo que dialogue com as distintas realidades linguísticas, culturais, geográficas e sociais em que os estudantes surdos estão inseridos.

Objetivo

Investigar os avanços e desafios presentes na formação docente promovida pelos cursos de Licenciatura em Letras-Libras ofertados por universidades federais da Amazônia, com ênfase na incorporação das dimensões socioambientais regionais no processo formativo.

Materiais e Métodos

Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, cuja execução respeitou rigorosamente as diretrizes éticas estabelecidas para estudos com seres humanos. O desenvolvimento da investigação seguiu etapas sistemáticas, iniciando-se com a submissão e aprovação do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa. Em seguida, estabeleceram-se os primeiros contatos com universidades situadas na Amazônia brasileira que ofertam cursos de Licenciatura em Letras-

Libras, por meio de e-mail institucional, com o objetivo de divulgar a proposta da pesquisa. Posteriormente, foram enviados aos coordenadores de cursos de Licenciatura em Letras-Libras o convite à participação, disponibilizado tanto em formato textual quanto em vídeo com janela em Libras, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e instruções relativas às etapas da investigação.

A coleta de dados foi conduzida por meio da técnica de grupo focal, conforme a proposta de Gatti (2012), que enfatiza a seleção intencional de participantes com características comuns e experiência no tema investigado. Devido às distâncias geográficas e à dificuldade de deslocamento entre os estados da região amazônica, optou-se por realizar os encontros em ambiente virtual, utilizando a plataforma Google Meet. As reuniões foram previamente autorizadas pelos participantes e gravadas em vídeo, com o objetivo de subsidiar a análise posterior.

Participaram do estudo 04 (quatro) coordenadores de cursos de Licenciatura em Letras-Libras vinculados a universidades da Amazônia, sendo elas: Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e Universidade Federal do Tocantins (UFT). O grupo focal ocorreu em um único encontro, cuja duração foi de

duas horas e cinquenta minutos. Como critérios de inclusão, definiu-se que os participantes deveriam ser coordenadores com vínculo efetivo de, no mínimo, dois anos na função, além de autorizar formalmente a participação e demonstrar disponibilidade para colaborar com a pesquisa.

Para a análise dos dados, utilizou-se a técnica denominada por Spink (2010) como “mapa de associação de ideias e produção de sentido”, com foco na identificação de categorias, padrões e relações emergentes nos discursos. Foram elaborados roteiros temáticos, utilizados para mediar as discussões no grupo focal, organizados em um bloco: (1) análise do currículo atual, considerando as dimensões socioambientais amazônicas; Além do roteiro com as questões disparadoras, foi elaborado um texto e um vídeo em Libras (https://www.youtube.com/watch?v=jy49NK8_hOs) no qual constava a interpretação do conteúdo abordado no referido texto. O material produzido foi utilizado para a contextualização e entendimento da temática a ser discutida nos Grupo Focal.

A mediação das sessões foi conduzida pela pesquisadora, com apoio de duas auxiliares, responsáveis por tarefas técnicas, e de um observador, que registrou as interações e aspectos não verbais do grupo.

Resultados e Discussões

Com o propósito de investigar de que maneira as dimensões socioambientais amazônicas se manifestam nos currículos dos cursos de Licenciatura em Letras-Libras, iniciaram-se as discussões com o Grupo Focal composto por coordenadores desses cursos, vinculados a universidades federais situadas na região amazônica. Tal escolha metodológica considerou o entendimento de que, nesse território, as questões linguísticas estão profundamente entrelaçadas a fatores socioambientais, o que exige uma abordagem formativa sensível às especificidades culturais, geográficas e históricas da Amazônia. A discussão inicial foi orientada pela seguinte questão norteadora: “Em que momento o currículo atual dos cursos de Letras-Libras incorpora as especificidades socioambientais da região amazônica no processo formativo dos docentes?”. A partir desse questionamento, emergiram duas categorias analíticas centrais: Categoria I: Dificuldades na construção de uma Identidade própria nos cursos de Letras-Libras na Amazônia; e Categoria II: Aspectos que relacionam o Currículo atual dos cursos de Letras-Libras com as Dimensões Socioambientais Amazônicas.

Conforme compreendido nos eixos temáticos discutidos a seguir, as categorias, surgidas das experiências institucionais relatadas, descrevem, com

maior precisão tanto os desafios enfrentados pelos cursos de Licenciatura em Letras-Libras na consolidação de uma identidade curricular própria quanto os elementos que indicam esforços no sentido de estabelecer articulações entre as práticas formativas e as especificidades socioculturais, ambientais e linguísticas da região amazônica.

Dessa forma, associados à categoria I, “Dificuldades na Construção de uma Identidade Própria nos Cursos de Letras-Libras na Amazônia”, surgiram os seguintes eixos temáticos: a recente criação dos cursos, ainda em fase de consolidação; a predominância de profissionais com formação restrita à graduação; a influência dos cursos tradicionais de Letras (Português, Espanhol e Francês); o processo de criação do curso conduzido por uma comissão de professores de outras áreas; a composição do colegiado com professores oriundos de outras regiões do país; e o foco excessivo em questões gerais, com pouca atenção às particularidades regionais. Esses eixos indicam elementos que podem estar implicados na ausência de uma identidade curricular mais consolidada nos cursos da região, como se observa com maior nitidez nas discussões a seguir.

No eixo temático: A recente criação dos cursos, ainda em fase de consolidação, a criação recente dos cursos

de Letras-Libras na Amazônia é apontada como um fator que dificulta a consolidação de uma identidade própria. Conforme os relatos dos coordenadores, esses cursos ainda se encontram em fase de estruturação, sem uma trajetória histórica consolidada que favoreça o desenvolvimento de um currículo capaz de atender integralmente às demandas locais.

Os excertos a seguir apresentam trechos das falas dos coordenadores que corroboram essa assertiva.

Excerto I: "Por ser uma graduação nova, e o fato da equipe que componho também ser muito nova do ponto de vista acadêmico e institucional [...] isso dificultou sim a construção de um currículo que reflita a nossa realidade " (Coordenador B).

Excerto II: "O PPC do nosso curso foi construído somente em 2013, final de 2013, 2014...esse fato certamente dificultou a consolidação de nossa identidade." (Coordenador E).

Os cursos de Letras-Libras das universidades federais investigadas iniciaram seu funcionamento com base nas normativas oficiais vigentes voltadas à formação de professores nessa área, bem como nas diretrizes estabelecidas pelas próprias instituições e seus respectivos conselhos universitários. Trata-se, portanto, de cursos relativamente novos, criados entre os anos de 2013 e 2014.

A recente implementação dos cursos evidencia uma fase ainda inicial de

estruturação institucional e pedagógica, marcada por desafios no que se refere à consolidação de uma identidade curricular própria. Tal contexto revela uma lacuna temporal e histórica significativa em relação a outros cursos mais consolidados, o que repercute diretamente na capacidade de os cursos responderem às demandas formativas específicas da região. A ausência de uma tradição acadêmica consolidada aprofunda as dificuldades para o desenvolvimento de propostas curriculares que articulem de forma coerente as dimensões linguísticas, socioculturais e territoriais amazônicas. Esses elementos, quando considerados em conjunto, sinalizam a importância de exercícios de retrospectão que possibilitem reflexão sobre o tempo histórico necessário para a maturação dos projetos político-pedagógicos e para a emergência de uma proposta formativa mais sintonizada com a complexidade dos contextos amazônicos (Sánchez, 2021).

Sobre o eixo temático: A predominância de profissionais com formação restrita à graduação. A limitação na formação dos professores, em sua maioria com apenas o nível de graduação, foi mencionada como um dos desafios enfrentados pelos cursos no período de sua criação. Esse cenário teria impedido o desenvolvimento de currículos mais alinhados às complexidades da educação

de surdos na Amazônia. Vejamos, a seguir, os relatos dos participantes.

Excerto III: "Na época do início dos cursos, todos professores entraram no nível de graduação [...] hoje temos 5 doutorandos, mas na época entraram todos a nível de graduação, essa era a realidade dos cursos ..." (Coordenador E).

Excerto IV "Quando o curso começou, a maior parte dos professores tinha apenas a graduação. Aos poucos, alguns foram buscando se qualificar, mas naquele momento inicial essa era a formação disponível para compor o corpo docente" (Coordenador A).

Subentende-se com essas falas que a predominância de docentes com formação restrita à graduação pode ser compreendida como um fator que influenciou os rumos tomados pelos cursos de Letras-Libras em sua fase inicial. Essa limitação formativa inicial do corpo docente evidencia a fragilidade estrutural enfrentada pelos cursos de Letras-Libras em sua gênese, especialmente no que tange à construção de um projeto pedagógico coerente com as exigências da região. A ausência de professores com formação *stricto sensu*, à época, pode ter restringido o aprofundamento teórico e metodológico necessário à elaboração de propostas curriculares que dialogassem com as realidades sociolinguísticas, culturais e geográficas da Amazônia. Além disso, o reduzido repertório de pesquisas

na interface entre Libras e os contextos amazônicos, aliado à escassez de experiências acumuladas, revela um cenário desafiador que tende a se refletir diretamente na qualidade e pertinência da formação docente oferecida. Nesse contexto, torna-se pertinente refletir sobre a importância da qualificação continuada dos profissionais e do fortalecimento de redes de pesquisa que potencializem a construção de saberes pedagógicos situados, capazes de responder às especificidades regionais de forma crítica e transformadora (Mesquita, 2017).

No eixo temático: A influência dos cursos tradicionais de Letras (Português, Espanhol e Francês). De acordo com os coordenadores, os cursos de Letras-Libras, em seu processo de criação, teriam sido fortemente influenciados pelas estruturas curriculares dos cursos de Letras tradicionais, como Português, Espanhol e Francês. Essa influência inicial teria resultado na adoção de propostas pouco conectadas à realidade sociolinguística dos estudantes surdos da Amazônia. Seguem abaixo as falas dos coordenadores.

Excerto V: "Nós tomamos como referência os cursos de Letras Português ou curso de Letras Língua Estrangeira e substituímos as disciplinas [...] e isso tem dificultado a consolidação de um processo identitário" (Coordenador S).

Excerto VI: “A estrutura curricular foi pensada inicialmente espelhando os cursos de Letras já existentes, como os de Português e Espanhol, o que trouxe impactos na definição de uma identidade própria para o curso.” (Coordenador B).

Posto isso, ao analisar os relatos sobre a influência dos cursos de Letras tradicionais (Português, Espanhol, Francês) na estruturação dos cursos de Letras-Libras é possível observar um problema ainda mais amplo. A influência de currículos tradicionais não é uma particularidade exclusiva dos cursos de Letras-Libras da região, mas sim uma característica recorrente em diversas licenciaturas na Amazônia, ou seja, muitas licenciaturas na Amazônia, ao serem criadas, seguiram modelos previamente estabelecidos (Lima & Doziart, 2021). Esse processo impediu a consideração das particularidades regionais e contextuais, dificultando a adaptação dos currículos às necessidades específicas de cada área de formação. No caso dos cursos de Letras-Libras, essa adaptação seria crucial para atender adequadamente à formação de professores que atuarão em contextos amazônicos, com uma população surda que possui necessidades linguísticas e realidades culturais específicas.

Essa tendência é resultante de um processo de homogeneização curricular, no qual os cursos de licenciatura, em vez de valorizarem as diversidades regionais,

replicam conteúdos e estruturas de currículos já consolidados em outras áreas. Esse cenário corrobora a dificuldade observada pelos coordenadores dos cursos de Letras-Libras em consolidar uma identidade própria, desvinculada dos modelos generalistas, e reflete um desafio amplamente presente nas licenciaturas da região amazônica, afetando diretamente a formação dos docentes e limitando a capacidade desses profissionais de atuarem em contextos mais diversos e complexos da Amazônia.

No eixo temático referente ao processo de criação do curso conduzido por comissão de professores de outras áreas, observa-se, conforme os excertos VII e VIII, que a elaboração inicial dos cursos de Letras-Libras foi conduzida majoritariamente por docentes oriundos de campos distintos, como Educação Inclusiva e Letras-Francês. Essa composição foi apontada pelos coordenadores como um fator limitador para a construção de um currículo contextualizado, uma vez que a ausência de especialistas na área de Libras teria dificultado a incorporação das especificidades linguísticas, culturais e pedagógicas necessárias à formação docente voltada para a realidade amazônica.

Excerto VII: “O processo de criação foi feito por professores que tinham uma aproximação com a área de educação

inclusiva e professores do curso de Letras Francês" (Coordenador A).

Excerto VIII: "A comissão responsável pela criação do curso não era composta por especialistas em Libras, mas por professores de outras áreas, o que influenciou diretamente na estrutura curricular e dificultando uma abordagem mais alinhada com as realidades regionais." (Coordenador B).

As falas dos coordenadores permitem levantar reflexões acerca das implicações da constituição das comissões responsáveis pela criação dos cursos de Letras-Libras na Amazônia. A presença predominante de professores oriundos de outras áreas, como Educação Inclusiva e Letras-Francês, teria influenciado os rumos iniciais da organização curricular, especialmente no que tange à sensibilidade frente às especificidades da formação em Libras. Tais contextos suscitam questionamentos sobre os efeitos dessa configuração na definição de diretrizes pedagógicas e no alinhamento à complexidade sociolinguística amazônica.

No que se refere ao eixo temático "A composição do colegiado com professores de outras regiões do país", os relatos evidenciam que a presença majoritária de docentes oriundos de outras localidades brasileiras tem sido percebida como um fator que contribui para o distanciamento entre a proposta formativa dos cursos de Letras-Libras e a realidade

sociocultural amazônica. Essa configuração, segundo os participantes, pode favorecer a reprodução de perspectivas externas e generalistas sobre a região, dificultando o enraizamento de uma proposta formativa sintonizada com as realidades sociolinguísticas locais.

Excerto IX: "Nosso colegiado inicialmente era composto em sua grande maioria por pessoas de outros estados e outras regiões que em suas práticas acabavam por vezes reforça uma visão equivocada em relação à nossa realidade local." (Coordenador B).

Excerto X: No início do curso, a maioria dos professores vinha de fora da Amazônia [...] e, mesmo com boas intenções, muitas vezes aplicavam uma lógica pedagógica que não dialogava com nosso contexto." (Coordenador E).

A predominância de professores oriundos de outras regiões, ainda que possa agregar experiências acadêmicas diversas, levanta questões importantes no que tange à construção de um currículo sensível às demandas locais. A formação docente, especialmente no campo da educação bilíngue para surdos, exige não apenas domínio teórico, mas também um profundo conhecimento do contexto em que se atua. Quando o corpo docente não compartilha das vivências regionais e culturais do território amazônico, tende-se à reprodução de modelos formativos descolados da realidade local, o que

compromete a formação crítica e situada dos futuros professores (Feldmann; Silva, 2018). Nesse sentido, as falas dos coordenadores revelam uma tensão entre universalização de práticas e a necessidade de valorização dos saberes territoriais, evidenciando que o desafio não está apenas na presença de professores de outras regiões, mas na ausência de um compromisso institucional com a construção coletiva de uma proposta formativa que reconheça e integre as vozes, culturas e especificidades da Amazônia no currículo dos cursos de Letras-Libras.

Sobre o eixo temático: O foco excessivo em questões gerais, com pouca atenção às particularidades linguísticas regionais.

A ênfase desproporcional em conteúdos de caráter generalista, em detrimento de abordagens que contemplem as especificidades linguísticas da Amazônia — profundamente imbricadas a fatores socioambientais e culturais — configura-se como um aspecto recorrente nos currículos dos cursos em questão. Os relatos dos coordenadores evidenciam que as singularidades regionais são frequentemente abordadas de forma periférica ou superficial, o que compromete a construção de uma formação docente contextualizada e sensível às realidades amazônicas. Como apontam os excertos a seguir:

Excerto XI: "A gente está preocupado ainda muito com questões mais gerais, atreladas a um campo de conhecimento jovem que envolve a formação de professores de Libras [...] questões mais locais talvez tenham ficado com um olhar um pouco mais periférico." (Coordenador A).

Excerto XII: "Ainda seguimos um modelo curricular muito voltado para aspectos amplos da área de Letras-Libras, mas pouco se discute sobre as particularidades linguísticas e culturais do nosso território. Falta um direcionamento mais firme para aquilo que é próprio da realidade amazônica." (Coordenador E).

Com vista em tais relatos, evidencia-se uma tensão entre a necessidade de consolidar um campo de conhecimento ainda em desenvolvimento — a formação de professores de Libras — e a urgência de territorializar esse processo, considerando as dinâmicas culturais e linguísticas específicas da Amazônia. A recorrente segregação das particularidades regionais não apenas fragiliza a relevância do currículo frente às demandas locais, mas também pode perpetuar modelos pedagógicos que ignoram os contextos plurilíngues e multiculturais em que vivem os estudantes surdos amazônicos. Nesse sentido, emerge o desafio de conciliar diretrizes nacionais com práticas formativas enraizadas na realidade do território,

superando a lógica de adaptação superficial e caminhando para uma efetiva valorização das línguas de sinais emergentes, saberes comunitários e práticas educativas situadas (Vasconcelos & Albarado, 2023).

Na Subcategoria II — Aspectos que relacionam o currículo atual dos Cursos de Letras-Libras com as Dimensões Socioambientais Amazônicas — foram identificados diversos elementos que, ainda que evidenciam esforços dos cursos de Licenciatura em Letras-Libras para estabelecer relações entre suas práticas formativas e as especificidades socioculturais, ambientais e linguísticas da Amazônia. Tais relações se manifestam por meio de ações pedagógicas pontuais, experiências formativas enraizadas nos territórios, inserções transversais de conteúdos e produções acadêmicas que dialogam com as realidades locais. Os eixos temáticos emergentes dessa subcategoria são: Inserção de conteúdos sobre diversidade étnico-racial e identitária; Práticas pedagógicas vinculadas a territórios locais; Produção discente voltada à realidade regional; Inserção indireta de conhecimentos produzidos na região; Ações formativas fundamentadas em pesquisas desenvolvidas por docentes e discentes; Potencialização da transversalidade curricular como espaço de reflexão crítica sobre a Amazônia.

No eixo temático Inserção de conteúdos sobre diversidade étnico-racial e identitária, observa-se que disciplinas optativas como “Reflexões Étnico-Raciais”, “História da África” e “Educação Escolar Indígena” figuram como alguns dos poucos espaços curriculares voltados à abordagem de aspectos identitários e culturais da Amazônia. Embora relevantes, tais conteúdos são inseridos de forma transversal, sem que se configure uma sistematização efetiva no currículo. Essa abordagem revela uma tentativa de incorporar as especificidades regionais, indicando que a dimensão étnico-racial, sobretudo aquela ligada às singularidades amazônicas, ainda carece de maior intencionalidade e enraizamento nas diretrizes formativas dos cursos.

Excerto I: “Hoje temos uma disciplina em relação à educação escolar indígena, à questão da história da África [...] mas não se atentamos, por exemplo, a questões identitárias locais a nível de grade curricular [...] temos uma disciplina chamada reflexões étnico-raciais na qual o professor sempre tenta trazer as questões da Amazônia, dessa particularidade linguística, cultural e geográfica da nossa região para o diálogo.” (Coordenador S).

Excerto II: “Apesar de algumas disciplinas que tratem sobre diversidade, ainda falta uma abordagem mais direta sobre a Amazônia em si [...] são conteúdos que aparecem de forma transversal,

dependendo muito da iniciativa do professor para estabelecer esse diálogo com a realidade regional.” (Coordenador E).

A partir dos relatos, torna-se perceptível esforços pontuais de docentes comprometidos com a inserção de conteúdos sobre diversidade étnico-racial e identitária nos currículos dos cursos de Letras-Libras, essa inclusão ainda ocorre de maneira periférica e fortemente dependente da atuação individual dos professores. Para Feldmann (2018), a ausência de uma política curricular sistemática e institucionalizada que contemple a complexidade das identidades amazônicas revela uma fragilidade estrutural no enfrentamento das desigualdades históricas e epistemológicas que atravessam o território. Tal lacuna dificulta a construção de uma formação docente que reconheça e valorize as múltiplas linguagens, saberes e experiências das populações indígenas, ribeirinhas e quilombolas da região. Nesse contexto faz-se necessário repensar o lugar dessas temáticas no currículo como componentes estruturantes e não apenas acessórios da formação.

Eixo temático: Práticas pedagógicas vinculadas a territórios locais. Em algumas instituições, observa-se o esforço de integrar o currículo às realidades sociogeográficas e linguística da região por meio de atividades

pedagógicas que se desdobram em práticas territorializadas, como a realização de seminários em diferentes cidades do estado. Essa estratégia, embora não formalizada em componentes curriculares específicos, permite o contato direto dos estudantes com escolas e alunos surdos de comunidades diversas, contribuindo para sua formação crítica e contextualizada, como apontam os excertos a seguir.

Excerto III: “A gente tenta fazer esse deslocamento enquanto prática componente curricular, de fazer seminário em diferentes cidades do estado [...] são cidades muito pequenas e próxima da capital que conseguimos levar os alunos para ter contato com escola e alunos surdos dessas localidades.” (Coordenador B).

Excerto IV: “Buscamos integrar os estudantes à realidade regional por meio de ações como visitas técnicas e atividades em escolas de municípios do interior, onde eles podem conhecer de perto as especificidades das comunidades onde os surdos vivem. Essa experiência contribui para uma formação mais sensível às singularidades amazônicas.” (Coordenador S).

A territorialização da formação docente, nesse caso, surge como uma alternativa para suprir a ausência de conteúdos voltados diretamente para a realidade amazônica nos planos de ensino,

revelando uma pedagogia situada e sensível ao contexto local (Vasconcelos & Albarado, 2023).

No eixo temático "Produção discente voltada à realidade local", observa-se que uma das formas pelas quais o currículo se articula, ainda que de modo incipiente, às dimensões socioambientais amazônicas é por meio da valorização das trajetórias e experiências dos próprios estudantes surdos. Destacam-se, nesse contexto, trabalhos de conclusão de curso (TCCs) que se ancoram em investigações situadas em territórios específicos — como comunidades rurais, indígenas ou quilombolas —, revelando iniciativas acadêmicas que conferem protagonismo ao discente surdo na produção de saberes contextualizados e socialmente relevantes. Essas experiências indicam possibilidades de aproximação entre a formação docente e as realidades culturais e linguísticas da região. Os excertos a seguir corroboram com essa perspectiva.

Excerto V: “Ele [aluno surdo] desenvolveu o TCC [...] fez um levantamento de itens lexicais que ele utilizava na comunidade quilombola onde morava [...] fez uma comparação com os sinais da Libras” (Coordenador B).

Esse tipo de produção representa uma forma de resistência à homogeneização curricular, na medida em que reconhece os saberes oriundos de

territórios amazônicos historicamente marginalizados e contribui para a ampliação dos referenciais teórico-metodológicos do curso.

No eixo temático "Inserção indireta de conhecimentos produzidos na região", observa-se a utilização de dissertações, artigos e livros publicados na Amazônia como recursos bibliográficos complementares em algumas disciplinas dos cursos de Letras-Libras. Embora essas produções regionais ainda não integrem oficialmente os currículos de forma sistematizada, seu uso por iniciativa dos docentes revela um movimento de valorização dos saberes locais e de aproximação entre o conteúdo acadêmico e as realidades socioculturais amazônicas. Tal prática indica uma preocupação com a construção de uma formação mais contextualizada, alinhada às especificidades da educação de surdos na região (Vasconcelos, Albarado & Hage, 2025).

Excerto VI: “Mesmo sem estar previsto diretamente no PPC, alguns professores fazem questão de trazer produções da região, como dissertações e artigos sobre educação de surdos na Amazônia. Isso ajuda os alunos a entenderem melhor nossa realidade e amplia o debate sobre a formação docente no nosso contexto.” (Coordenador B).

Essas iniciativas revelam ainda o potencial de ressignificação do currículo a

partir de produções acadêmicas regionais, contribuindo para o fortalecimento da identidade amazônica nos cursos de formação de professores para o atendimento de surdos.

No eixo temático “Ações formativas com base em pesquisas locais de professores e alunos”, os relatos evidenciam iniciativas relevantes conduzidas por docentes e discentes dos cursos de Letras-Libras voltadas ao estudo de línguas de sinais indígenas e práticas linguísticas emergentes em comunidades isoladas da Amazônia. Essas investigações, indicam uma potencialidade formativa significativa. Ao dialogarem com a diversidade linguística e cultural da região, tais ações constituem-se como importantes vetores para a construção de um currículo mais enraizado no território, sensível às singularidades sociolinguísticas amazônicas e comprometido com a ampliação epistemológica da educação de surdos.

Excerto VII: “Alguns professores e alunos têm se envolvido em pesquisas sobre línguas de sinais usadas em comunidades indígenas [...] são iniciativas importantes que, mesmo sem estarem no currículo, ajudam a pensar a formação a partir da nossa realidade local.” (Coordenador B).

No eixo temático “Potencialização da transversalidade curricular como espaço de reflexão amazônica”, a ausência

de componentes curriculares sistematizados voltados às especificidades da Amazônia tem levado os cursos de Letras-Libras a recorrerem à transversalidade como estratégia formativa alternativa. Disciplinas como “Educação de Surdos”, “Estudos Surdos” e “Estudos Culturais” têm se configurado como espaços nos quais os docentes, por iniciativa própria, inserem reflexões sobre a realidade amazônica — seja por meio da leitura de dissertações regionais, seja pela análise de experiências vivenciadas em projetos de extensão ou estágios supervisionados. Apesar de constituir uma abordagem relevante para promover o diálogo entre currículo e território, essa transversalidade ainda se mostra pontual, dependente do engajamento individual dos professores, e carece de sistematização institucional. Tal cenário evidencia a urgência de incorporar de forma estruturada e intencional as dimensões socioambientais amazônicas aos currículos, a fim de fortalecer a formação crítica e contextualizada dos futuros docentes.

Excerto VIII: “Ainda não temos uma disciplina voltada diretamente para a realidade amazônica [...] então a gente tenta inserir isso nas aulas de Estudos Surdos ou de Educação de Surdos, discutindo textos e experiências locais com os alunos.” (Coordenador C).

A transversalidade, enquanto recurso didático-pedagógico, permite mobilizar conteúdos de distintas áreas a partir de perspectivas contextualizadas (Silva & Benetti, 2015). No entanto, no caso dos cursos de Letras-Libras da Amazônia, sua adoção como via principal para tratar das especificidades regionais pode indicar mais uma limitação estrutural do que uma escolha curricular intencional. Quando temas centrais ao território — como as dinâmicas linguísticas, culturais e socioambientais amazônicas — são abordados apenas de maneira transversal, sem respaldo em componentes obrigatórios, corre-se o risco de que tais discussões se tornem eventuais, fragmentadas e descontinuadas ao longo da formação. Nesse sentido, embora os relatos revelem esforços individuais louváveis por parte dos docentes, a ausência de diretrizes curriculares que institucionalizem essa inserção reforça a fragilidade de um projeto formativo que, para ser de fato transformador, precisa reconhecer a Amazônia não como pano de fundo, mas como ponto de partida epistemológico e pedagógico.

Conclusões

Os dados indicam que, embora ainda restrita, a presença das dimensões socioambientais amazônicas no currículo atual dos cursos de Letras-Libras se manifesta por meio de práticas pedagógicas localizadas, iniciativas

individuais dos docentes, ações de pesquisa e produções discentes. A falta de sistematização e institucionalização dessas práticas, contudo, demonstra a necessidade de avanços concretos na reformulação curricular dos cursos da região.

Portanto, é possível afirmar que há aspectos que relacionam os currículos atuais às especificidades amazônicas, ainda que de forma fragmentada e pouco estruturada. Tais aspectos refletem tanto as limitações históricas dos processos formativos na região quanto a potência das ações locais que resistem à homogeneização e afirmam a importância de uma formação docente ancorada nos territórios em que se atua.

A análise das falas dos coordenadores de cursos de Licenciatura em Letras-Libras vinculados a universidades federais da Amazônia revela que, embora os cursos tenham sido criados em resposta a uma legislação nacional voltada à inclusão da população surda, sua estrutura curricular ainda carece de uma articulação efetiva com as realidades socioambientais da região. A ausência de uma tradição acadêmica consolidada, a predominância de currículos modelados a partir de licenciaturas tradicionais em línguas orais e a composição inicial de colegiados por professores oriundos de outras regiões do país dificultaram a construção de uma

identidade pedagógica própria e alinhada às especificidades amazônicas.

O conjunto de obstáculos identificados reflete um processo de homogeneização curricular que desconsidera os contextos culturais, geográficos, linguísticos e sociais da Amazônia. As dimensões regionais, quando presentes, aparecem de forma periférica, transversal e pouco sistematizada, sendo incorporadas, em grande parte, a partir de iniciativas individuais de docentes comprometidos com uma formação crítica e situada. Destacam-se, nesse contexto, ações como a realização de seminários em comunidades interioranas, o uso de bibliografias regionais, a orientação de pesquisas discentes voltadas às realidades locais e a condução de investigações sobre línguas de sinais indígenas e práticas linguísticas emergentes em comunidades quilombolas e rurais.

Essas experiências, ainda que pontuais, sinalizam o potencial transformador da valorização dos saberes produzidos no território amazônico e da inserção dessas vivências no interior dos cursos. Contudo, a dependência de esforços isolados por parte dos professores evidencia a necessidade urgente de institucionalizar essas práticas nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs), conferindo-lhes caráter sistemático e contínuo. A transversalidade

curricular, embora relevante como estratégia provisória, não é suficiente para garantir uma formação que dialogue de forma profunda com a complexidade da região.

Nesse cenário, torna-se imperativo que as universidades amazônicas avancem na construção de currículos mais contextualizados, que reconheçam a Amazônia como referência epistemológica e formativa. A consolidação de um currículo amazonizado nos cursos de Letras-Libras implica não apenas em atender às demandas técnicas da formação docente em Libras, mas também em promover uma educação enraizada nas realidades dos sujeitos surdos da região, considerando seus modos de vida, suas territorialidades e suas formas próprias de resistência e produção de saber.

Conclui-se, portanto, que a formação de professores de Libras na Amazônia demanda um processo de reconstrução curricular que seja capaz de romper com modelos normativos homogêneos e de incorporar, com intencionalidade e compromisso político-pedagógico, os conhecimentos e experiências que brotam do próprio território. Essa transformação requer o fortalecimento das políticas institucionais, o investimento na formação continuada dos docentes e a ampliação do diálogo entre universidades da região, visando à construção de um projeto formativo plural,

crítico, participativo e comprometido com a inclusão linguística e cultural dos sujeitos surdos amazônicos.

Referências Bibliográficas

Brasil. (2002). Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências. Brasília. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10436.htm.

Acessado em: 07 jun. 2025.

Brasil. (2005). Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18 da Lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Brasília: MEC. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2005/decreto-5626-22dezembro-2005-539842publicacaooriginal-39399-pe.html>. Acessado em: 07 jun. 2025.

Brasil. Plano Viver sem Limite. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7612.htm>.

Acesso em: 23 maio 2025

Carvalho, M.T.S. (2019). A contextualização no currículo de

cursos de licenciatura da área das ciências naturais: uma análise no contexto amazônico. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC), Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá.

Campelo, W. N. M., Oliveira, L. A., & Holanda, S. A. O. (2020). Políticas públicas voltadas para a inclusão escolar: contribuições da implementação do curso de Letras-Libras na UFRA. Trama, 16(37), 60–70.

<https://doi.org/10.48075/rt.v16i37.23680>

Cerny, R. Z., Quadros, R. M., & Barbosa, H. (2009). Formação de professores de Letras-Libras: construindo o currículo. Revista e-Curriculum, 4(2). <https://www.redalyc.org/pdf/766/76613022009.pdf>

Feldmann, L. M., & Silva, A. M. (2018). Currículo relacional na Amazônia: A desnaturalização da orfandade educativa na diversidade. Revista e-Curriculum, 16(1), 216–237. <https://doi.org/10.23925/1809-3876.2018v16i1p216-237>

Freitas, M.C.S. Os amazônidas contam sua história: territórios, povos e populações. In: Oliveira, J.S. e

- Scherer, E. (Org.). (2009). *Amazônia: territórios, povos tradicionais e ambiente*. Manaus: Adua.
- Gatti, B. A. (2012). Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas (Vol. 10, 2ª ed.).
- Lima, L. P., & Dorziat, L. S. (2021). Projeto pedagógico do curso de Letras-Libras: o bilinguismo em questão. *Revista Educação Especial*, 34, e53.
<https://doi.org/10.5902/1984686X55379>
- Mesquita, J. A. de. (2017). *Formação continuada de professores de Ciências e Química na Amazônia: Uma proposta a partir de questões sociocientíficas* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Amazonas.
<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6133>
- Sánchez, L. M.C. (2021). *Formação de professores indígenas no ensino superior: Potencialidades e desafios políticos e epistemológicos da Licenciatura em Educação Básica Intercultural – UNIR* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Amazonas. Repositório TEDE UFAM.
<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/8132>
- Silva, J. B. S. da, & Benetti, L. B. (2015). Interdisciplinaridade e transversalidade na geografia: uma estratégia de ensino-aprendizagem. *Revista Monografias Ambientais*, 14, 107–120.
<https://doi.org/10.5902/2236130820642>
- Spink, M. J. (2010) *Linguagem e produção de sentidos no cotidiano*. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais.
- UFAM, (2023). *Pedagógico do Curso de Letras-Libras*. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2023.
- Vasconcelos, M. M., & Albarado, A. P. (2023). Educação, formação docente e territorialidades amazônicas. *Revista Espaço Acadêmico*, 23(276), 93–106.
<https://doi.org/10.4025/espacoacademico.v23i276.54489>
- Vasconcelos, M. E. O., Albarado, E. D. C., & Hage, S. A. M. (2025). Puxirum, currículo e formação de professores nas Amazônias. *Revista Práxis Pedagógica*, 11, e8338.
<https://doi.org/10.69568/2237-5406.2025v11e8338>
- Financiamento**
- Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Amazonas (FAPEAM)

Agradecimientos

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Especial (PPGEEs/UFSCar), pelo compromisso com a formação de pesquisadores e pelo apoio à produção de conhecimento voltado às realidades amazônicas e à educação bilíngue.

3.- Interculturalidade

Fábricas de conocimiento: tipologías emergentes de instituciones culturales no século XXI em diálogo com a gestão integrada dos territórios

Autor: Nogueira, Claudia da Silva; cs.nogueira@yahoo.com

Orientador/a: Michelon, Francisca Ferreira; fmichelon.ufpel@gmail.com

Universidade de origem / Universidade Federal de Pelotas

Resumo

Se, historicamente, museus, arquivos e bibliotecas foram concebidos como instituições destinadas à preservação e transmissão de saberes, observa-se hoje a emergência de arranjos culturais que atuam menos como depositários de acervos e mais como espaços de produção coletiva de conhecimento. Essas experiências assumem diferentes formas — museus comunitários, associações culturais, centros comunitários e espaços híbridos de educação patrimonial —, mas compartilham práticas que tensionam os limites da institucionalidade cultural tradicional. O problema que se coloca é: de que maneira essas experiências podem ser compreendidas como um novo modelo de instituição cultural e quais elementos as caracterizam enquanto fábricas de conhecimento? No entendimento desta pesquisa, as fábricas de conhecimento constituem um modelo emergente de instituição cultural, distinto dos formatos tradicionais, pois priorizam a produção e circulação coletiva de saberes em vez da centralidade no acervo. E isso pode ser observado, apesar da diversidade tipológica, porque tais instituições compartilham características comuns determinantes, a saber: gestão participativa, transversalidade entre patrimônio material e imaterial, e hibridização entre práticas físicas e digitais. Sob tal perspectiva, a gestão cultural integrada é condição de possibilidade para a consolidação das fábricas de conhecimento, ao articular interesses, conflitos e recursos entre comunidade, poder público e universidade. Apresentam-se alguns exemplos nos quais se reconhecem as fábricas de conhecimento como modelo institucional, como vetores de ampliação de horizontes para políticas públicas culturais e para práticas de preservação e inovação social.

Palabras clave: instituições culturais, interculturalidade, gestão cultural integrada

Introdução

Historicamente, instituições como bibliotecas, arquivos e museus foram concebidas para preservar, classificar e difundir saberes, desempenhando papel central na formação das identidades nacionais e na legitimação de projetos políticos e culturais. A partir do século XIX, especialmente no contexto republicano e imperial, essas instituições assumiram a função de instrumentos cívicos e ideológicos, vinculados à construção de narrativas coletivas e à consolidação do Estado-nação. No entanto, a crítica desenvolvida ao longo do século XX – marcada pela Nova Museologia, pelas demandas de democratização cultural e pelas reflexões pós-coloniais – revelou os limites de um modelo elitista e centralizador, incapaz de contemplar a diversidade de sujeitos, práticas e memórias.

No início do século XXI, observa-se a emergência de arranjos culturais que tensionam as fronteiras do modelo tradicional. Em vez de funcionarem apenas como depositários de acervos, essas experiências se organizam como espaços de produção coletiva de conhecimento, em diálogo direto com as comunidades em que se inserem. Museus comunitários, associações culturais, centros culturais comunitários e espaços híbridos de

educação patrimonial assumem protagonismo na gestão participativa da memória e na criação de práticas inovadoras de circulação de saberes. Essa transformação acompanha tendências internacionais, expressas, por exemplo, nas convenções da UNESCO de 1972 e 2003 e na nova definição de museu aprovada pelo ICOM em 2022, que incorporam a participação social e a diversidade cultural como dimensões estruturantes da institucionalidade contemporânea.

O problema que orienta esta pesquisa consiste em compreender de que maneira essas experiências emergentes podem ser caracterizadas como um novo modelo de instituição cultural e quais elementos as definem como “fábricas de conhecimento”. Propõe-se que esse conceito, inicialmente empregado de forma metafórica em diferentes campos, seja aqui sistematizado como categoria teórico-analítica capaz de interpretar práticas participativas, híbridas e comunitárias de produção de saberes.

Assim, o objetivo geral é definir e analisar o conceito de fábricas de conhecimento como modelo emergente de instituição cultural, em diálogo com a gestão cultural integrada. Pretende-se, de forma específica, revisar criticamente a trajetória histórica das instituições culturais, identificar e caracterizar tipologias

emergentes, e discutir as potencialidades e limites de sua consolidação como paradigma institucional. A relevância da pesquisa se afirma em três níveis: científico, ao transformar uma metáfora em conceito estruturado; social, ao oferecer subsídios para políticas culturais inclusivas; e institucional, ao dialogar com universidades e centros culturais que buscam repensar seu papel na produção e circulação do conhecimento.

Metas (Objetivos)

O objetivo geral desta pesquisa é definir e analisar o conceito de fábricas de conhecimento como modelo emergente de instituição cultural, a partir da observação de diferentes tipologias institucionais e em diálogo com a gestão cultural integrada.

De forma específica, busca-se:

1. Revisar criticamente a trajetória histórica das instituições culturais modernas e os debates sobre memória, patrimônio e museologia.
2. Investigar o uso do termo *fábricas de conhecimento* em diferentes contextos e propor sua sistematização como conceito teórico-analítico.
3. Identificar e caracterizar tipologias emergentes de instituições culturais que operam como fábricas de conhecimento — museus comunitários, associações

culturais, centros culturais comunitários e espaços híbridos de educação patrimonial.

4. Analisar, em perspectiva comparativa, práticas, atores e metodologias que configuram a produção coletiva de saberes nessas instituições.
5. Discutir a gestão cultural integrada como chave metodológica que sustenta a consolidação dessas experiências enquanto modelo institucional.
6. Avaliar as contribuições potenciais do conceito de fábricas de conhecimento para o campo do patrimônio cultural e para a formulação de políticas públicas.

Materiais e Métodos

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e exploratória, adequada para compreender processos culturais e institucionais em sua complexidade (MINAYO, 2007). O foco está na análise comparativa de tipologias emergentes de instituições culturais que operam como espaços de produção coletiva de conhecimento, articulando dimensões históricas, conceituais e empíricas.

A primeira etapa consistiu em uma revisão bibliográfica interdisciplinar, abarcando contribuições da museologia, da memória social, da antropologia e da sociologia do

patrimônio. Nesse eixo, foram mobilizados autores clássicos como Pomian (2003), Burke (2003), Anderson (2008), Le Goff (1990) e Foucault (2008), além de aportes contemporâneos sobre museologia social (VARINE, 2012; BRUNO, 2010; CHAGAS, 2003) e patrimônio cultural em perspectiva crítica (CANCLINI, 2009; HARVEY, 2003; BAUMAN, 2001). Essa revisão fundamenta a formulação do conceito de fábricas de conhecimento, distinguindo-o da metáfora até aqui utilizada em diferentes campos. Na segunda etapa, foram mapeadas tipologias institucionais consideradas representativas do modelo emergente proposto:

- **Museus comunitários** (ex.: Museu Grupelli), caracterizados pela gestão participativa e pelo protagonismo identitário;
- **Associações culturais** (ex.: Associação OTROPORTO Indústria Criativa), juridicamente estruturadas como associações civis, mas que desempenham funções de produção, circulação e preservação de saberes;
- **Centros culturais comunitários** (ex.: Centro de Convívio dos Meninos do Mar – FURG), que articulam cultura, educação e inclusão social em espaços de convivência;
- **Espaços híbridos de educação patrimonial** (ex.: projeto *Mestres*

Doceiros do Futuro), que funcionam como instituições de transição entre universidade, comunidade e patrimônio.

A seleção dos casos seguiu critérios de diversidade tipológica e potencial de análise comparativa, buscando abarcar experiências em que a participação social e a hibridização de práticas se apresentam de modo estruturante.

Como instrumentos de coleta de dados, prevê-se a realização de entrevistas semiestruturadas com atores-chave (membros da comunidade, gestores institucionais e representantes de universidades e poder público), complementadas por questionários exploratórios, de modo a ampliar a percepção sobre práticas, expectativas e limites. Também serão utilizadas observação participante e análise documental (estatutos, relatórios de atividades, registros visuais), o que permite triangulação metodológica e maior consistência interpretativa (MINAYO, 2007).

A análise dos dados seguirá uma perspectiva comparativa e temática, organizada em torno de categorias previamente definidas a partir da literatura e dos objetivos da pesquisa: gestão participativa, transversalidade entre patrimônio material e imaterial, hibridização físico-digital e inserção em redes sociais/comunitárias. Essa

abordagem busca compreender as convergências e singularidades das experiências selecionadas, bem como seus limites e desafios, em diálogo com a noção de **gestão cultural integrada** (OOSTERBEEK, 2019).

Resultados e Discussão

A genealogia das *fábricas de conhecimento* está diretamente vinculada à transição da museologia tradicional para a denominada “museologia social” ou “nova museologia”, movimento que questionou o museu como instituição enclausurada em prédios e centrada na coleção, propondo uma prática voltada ao território e à população. No livro *Território, Museus e Sociedade* (2018), o museólogo Mario Chagas destaca que a museologia social surge como resistência aos museus-espetáculo e como contraponto ao alinhamento entre Estado e capital financeiro, sendo caracterizada por práticas “perspectivistas”, ancoradas em um ponto de vista situado na luta e na defesa da comunidade. Essa museologia é descrita como social, comunitária, popular ou informal e se diferencia da museologia tradicional, conservadora, por sua dimensão política e participativa.

Chagas resgata a trajetória da Mesa Redonda de Santiago do Chile (1972) e do Movimento Internacional para uma Nova Museologia (MINOM), criado em 1984, como marcos da virada museológica.

Nessa virada, os museus passaram a ser considerados veículos de educação e comunicação integrados ao desenvolvimento comunitário, especialmente em experiências ibero-americanas, como a *Casa del Museo* no México e os museus locais em Portugal, cujas intervenções valorizaram a localidade, fomentaram o emprego e reforçaram a educação. Varine (2014) equipara o museu tradicional ao novo museu ao destacar que enquanto um museu “normal” tem como objetivo servir ao conhecimento e à cultura, o “museu comunitário” tem o propósito de servir à comunidade e ao seu desenvolvimento. Essa perspectiva coloca o território e as questões sociais no centro do museu, configurando-o como agente de desenvolvimento e espaço de luta.

As fábricas de conhecimento seguem a linha da museologia social, que entende o acervo de um museu como algo que vai além dos objetos. Para essa abordagem, o acervo também engloba os desafios e questões da comunidade onde o museu está inserido. Ao valorizar o patrimônio como processo e não apenas como coleção, essas experiências aproximam museu, centro de memória, biblioteca comunitária, laboratório de inovação e espaço educativo, rompendo fronteiras institucionais.

A análise empírica concentrou-se em quatro objetos representativos de modelos

emergentes de instituições culturais: Museus comunitários, Associações culturais, Centros culturais comunitários e Espaços híbridos de educação patrimonial. Por essa pesquisa observada por meio de 4 experiências ao sul do Brasil : Museu Grupelli, Associação OTROPORTO Indústria Criativa, Centro de Convívio dos Meninos do Mar, Projeto mestres do futuro UFPel.

Museu Grupelli - preservação de memórias rurais

localizado na zona rural de Pelotas, embora no 7º distrito, o Museu Gruppelli foi inaugurado em outubro de 1998 a partir de ações coletivas dos moradores locais, capitaneadas pela família Gruppelli. O museu funciona em uma antiga adega do início do século XX e tem seu acervo formado majoritariamente por objetos doados pelas famílias locais, que retratam o modo de vida da zona rural, as diversas manifestações do trabalho (campo, armazém, afazeres domésticos) e a importância do esporte regional (Cardoso, 2012).

Desde 2008, o Museu Gruppelli mantém vínculo com a UFPel por meio de projetos de extensão e conservação, o que garante apoio técnico-científico e fomenta

atividades de educação patrimonial e sensibilização cultural junto à comunidade. Ao dialogar de forma contínua com os moradores, o Grupo de Gestão do Museu passa a documentar vivências e percepções que, por sua vez, alimentam novas reflexões e reconfiguram o próprio acervo. Exposições temporárias, como as dedicadas à costura, ao futebol ou à enchente que afetou tanto o museu quanto a vida cotidiana dos habitantes, constituem exemplos do processo de produção de saberes em conjunto com a comunidade, consolidando a relevância do Museu Grupelli como um espaço de pesquisa e de fortalecimento da identidade local (Maschke et al., 2023).

Mesmo em período pandêmico, o museu nunca deixou de comunicar. No ano de 2020, em razão de uma dinâmica global de saúde pública o museu precisou fechar, obedecendo até então as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), no entanto, “(...) o Museu esteve ativo nas redes sociais, em especial no Facebook e Youtube produzindo materiais de comunicação sobre o acervo” (Taranti et al., 2022, p.2). O que reforça o comprometimento com a difusão do conhecimento como uma característica inerente ao museu.

Associação OTROPORTO - economia criativa e revitalização portuária

A associação surgiu como resposta a um contexto de degradação do bairro Porto. A definindo a como um ente sem fins lucrativos que apoia projetos de arte, educação e sustentabilidade. A sua apresentação institucional digital destaca, que a entidade acredita numa sociedade mais justa baseada na relação harmoniosa entre comunidade, economia e meio ambiente e que suas ações se espalham como ondas, conectando orlas históricas e estimulando o fazer criativo. Essa metáfora da onda inspira iniciativas que reverberam para além do bairro.

Nos últimos anos, OTROPORTO executou 17 projetos, incluindo biblioteca comunitária, laboratório de alfabetização, galeria de arte, reciclagem de resíduos e doçaria escolar. A Biblioteca OTROPORTO empresta mais de três mil títulos e promove eventos literários; o Laboratório Faber Sapiens alfabetiza crianças e adolescentes; a Galeria OTROPORTO Connexion reúne 167 obras de artistas locais e de outras regiões, com visita gratuita; o projeto Recicle reaproveita uniformes, fardas e cordas portuárias para confeccionar novas peças; a Doçaria Escola oferece cursos gratuitos de confeitaria. Essas iniciativas valorizam o patrimônio marítimo e portuário, criam oportunidades de formação e renda e integram comunidade, universidades e setor privado.

A associação se destaca por articular economia criativa e educação patrimonial. Seus projetos promovem cidadania, sustentabilidade e memória portuária. A associação assume a gestão de espaços públicos (galerias, bibliotecas) sem substituir o Estado, mas complementando políticas de revitalização. Os impactos incluem o fortalecimento do bairro Porto como polo cultural, a criação de empregos e a disseminação de práticas de economia circular. Como afirma a página “Quem Somos”, as iniciativas da OTROPORTO valorizam o ser humano, a integração com o meio ambiente e o acolhimento das diferenças, com disciplina ética e responsabilidade social

CCMar: inclusão social e mentalidade marítima

O CCMar foi instituído como centro de inclusão e formação profissional. O projeto atende jovens entre 14 e 17 anos de comunidades carentes em Rio Grande e busca “promover educação plena” articulando ciências, artes, letras e desenvolvimento humano. Sua missão de acordo com o portal oficial, é “ratificar a educação plena” por meio da formação integral de jovens em situação de vulnerabilidade, com ênfase na mentalidade marítima e na inserção no mundo do trabalho. A metodologia incorpora princípios de educação

ambiental – solidariedade, cooperação, respeito e diálogo – visando ao desenvolvimento de competências técnicas e à construção de valores sociais. Os objetivos gerais do CCMar incluem: atender jovens vulneráveis, desenvolver a mentalidade marítima, favorecer a aprendizagem de ofícios e a profissionalização, e contribuir para o desenvolvimento das competências pessoal e social. Objetivos específicos, como educar para relações interpessoais, incentivar a permanência escolar e formar jovens para o mercado de trabalho, mostram a amplitude das ações. O público-alvo é composto por meninos e meninas de 14 a 17 anos expostos a riscos sociais – marginalidade, drogas, prostituição, abandono familiar – provenientes de famílias de baixa renda

O modelo dialoga com a museologia social ao valorizar o território e o patrimônio cultural marítimo, articulando ensino técnico e práticas de cidadania.

Projeto de Extensão Mestres Doceiros do Futuro: salvaguarda e inovação das tradições doceiras

O projeto “Mestres Doceiros do Futuro” insere-se no contexto da salvaguarda do patrimônio alimentar da região de Pelotasm

(registradas pelo IPHAN em 2018). Concebido como extensão universitária, o programa objetiva desenvolver um sistema de transmissão do conhecimento da produção do doce colonial a jovens e adultos. A proposta combina saberes tradicionais e perspectivas de sustentabilidade.

O projeto oferece módulos de capacitação que abrangem produção, gestão e comercialização do doce colonial tradicional a jovens e famílias de zonas rurais, visando formar novos mestres e empreendedores. A participação universitária inclui estudantes de gastronomia e pesquisadores de memória e patrimônio; a iniciativa promove oficinas e aulas-show.

O que se iniciou como um projeto de impacto na zona rural, através de uma parceria pública com a Secretária e educação do município de Pelotas, pode inferir algumas atividades pontuais “aulas-shows”, em jovens em idade escolar correspondendo ao fim do fundamental, da zona urbana da cidade.

O projeto mostra como a salvaguarda de saberes alimentares enraizados no território em que estão inseridos pode gerar inovação social e inclusão produtiva.

Análise comparativa e transversal parcial

Apesar de atuarem em tipologias distintas, as quatro experiências convergem em princípios fundamentais da museologia social e da gestão integrada. Em primeiro lugar, **gestão participativa e protagonismo comunitário** aparecem como traço comum. No Museu Grupelli, a família e os moradores do 7º distrito tomam decisões sobre o acervo e a programação. OTROPORTO é governada por uma equipe multidisciplinar que se articula com comunidade, universidades e empresas; as iniciativas surgem de demandas locais e são desenvolvidas de forma colaborativa. O CCMar convoca a comunidade escolar, famílias e jovens a participarem da gestão e das ações pedagógicas. O projeto Mestres Doceiros do Futuro envolve mestres doceiros tradicionais, universidades e jovens em co-criação de cursos e produtos. Essa participação promove um sentimento de pertencimento e legitima as ações

Em segundo lugar, toda as experiências praticam a **transversalidade entre patrimônio material e imaterial**. O Museu Grupelli combina objetos, memórias orais e rituais (como festas italianas) para valorizar a cultura rural. OTROPORTO integra projetos de arte contemporânea com memória portuária e ações de economia solidária. O CCMar trabalha competências técnicas e saberes culturais (como artes, música, culinária) dentro da formação

profissional. O projeto Mestres Doceiros do Futuro preserva receitas coloniais e histórias de famílias doceiras, ao mesmo tempo em que inova na apresentação e comercialização. Essa transversalidade confirma a importância de incluir práticas e histórias locais no conceito de patrimônio

A **hibridização de espaços físicos e digitais** é mais visível na Associação OTROPORTO. Esta, tem presença ativa nas redes sociais, promove exposições virtuais e disponibiliza acervos online. O Projeto Mestres do futuro, o Museu Grupelli e o CCMar, adotam principalmente estratégias digitais (redes sociais como o Instagram ou youtube) para divulgar atividades e atrair público jovem, especialmente após a pandemia de Covid-19, como vimos no caso do Museu Grupelli. Esse movimento confirma a tendência identificada na nova museologia, onde há uma convergência de abordagens físicas e digitais.

A **articulação de redes e a gestão integrada** são fundamentais em todos os casos. O Museu Grupelli integra o Circuito de Museus Étnicos, colaborando com outros museus rurais da Serra dos Tapes. OTROPORTO estabelece parcerias com escolas, universidades, prefeitura e empresas para executar projetos e captar recursos; conecta comunidades e portos do Rio Grande do Sul. O CCMar articula

FURG, BNDES, secretarias municipais, sindicatos marítimos e organizações sociais, integrando formação profissional, proteção ambiental e políticas sociais. O projeto Mestres Doceiros do Futuro envolve universidades, poder público, associações de doceiros, escolas e famílias rurais. Essa gestão em rede reforça a ideia de que as “fábricas de conhecimento” dependem da coordenação entre diversos atores para assegurar sustentabilidade.

Discussão com a literatura e implicações teóricas

Os resultados encontrados dialogam com a literatura sobre museologia social e gestão integrada do território. Chagas (2018) argumenta que a museologia social surge como resistência ao modelo de museu-espetáculo e se caracteriza por práticas comunitárias e políticas; os casos analisados confirmam essa visão, pois priorizam o território, a memória viva e a participação coletiva. Varine (2014) definiu o novo museu como um triângulo “território, patrimônio, população”, em oposição ao museu tradicional “edifício, coleção, público”. O Museu Grupelli materializa esse triângulo ao transformar a casa de família em museu comunitário; OTROPORTO o amplia ao articular porto, economia criativa e cidadania; CCMar incorpora território marítimo e formação juvenil; Mestres

Doceiros do Futuro conecta produção de alimentos e memória.

As experiências também corroboram a importância da gestão integrada do território, sugerida por Oosterbeek e Scheunemann (2012), que propõem coordenação entre comunidade, instituições e poder público para conciliar desenvolvimento cultural, social e ambiental. Sem redes de parceria e apoio institucional, os projetos analisados não teriam alcançado resultados significativos. Em suma, essas iniciativas exemplificam o que denomino “fábricas de conhecimento”: espaços onde comunidade, ciência, cultura e economia convergem para produzir saberes e práticas que reconfiguram o futuro do patrimônio cultural e enfrentar desafios e questões do seu território.

Conclusões

Portanto, ao retornar a questão que motiva o trabalho, leva-se em conta que experiências emergentes, observadas ao longo da investigação colocam em cheque tanto o conceito de museu tradicional como de museu social. Estar-se-ia, possivelmente, falando de outra coisa que, se confirmada pela prospecção de campo, poderia caracterizar um modelo de instituição cultural diverso, ainda que não divergente, no qual a ideia de produção de conhecimento pudesse ser associada. Consequentemente, a ideia de “fábricas de

conhecimento”, poderia ser empregada como um conceito. E no caso em questão seria tratada como uma categoria teórico-analítica capaz de entender os processos pelos quais as práticas participativas, híbridas e comunitárias, estariam acontecendo em um movimento de produção, ou mesmo, rearticulação de saberes. Um exemplo bastante significativo, observado no Museu Grupelli é como se estabelece a relação do Museu com a comunidade. Há uma sala no espaço destinado para o trabalho com o acervo na qual estão reunidas várias máquinas de costura, algumas possivelmente com um século de existência, e outras mais recentes. Não são propriamente doadas, algumas sim. Outras são deixadas na porta do Museu, às vezes com algum bilhete. Pode ser um descarte, ou pode ser um entendimento que o objeto tem valor, mas um valor superado para a família, mas não para a memória do lugar. As dinâmicas que se estabelecem transcendem procedimentos regrados. São participações menos ou mais ativas, motivadas pela possibilidade e bem menos pela vontade do que se entenderia por doação. Assemelham-se mais a uma transferência, na qual está implicado o reconhecimento do Museu como um lugar tão receptivo quanto reflexivo do desejo de ser e estar, mais do que de ser reconhecido. Essa seria a fábrica de conhecimento, um lugar ativo pela vontade

dos que estão no lugar, receptivo e, sobretudo, inovador.

Financiamento

Esta pesquisa conta com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio de bolsa de doutorado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Memória Social e Patrimônio Cultural da Universidade Federal de Pelotas.

Literatura

ANDERSON, Benedict. Comunidades imaginadas: reflexões sobre a origem e a difusão do nacionalismo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

BAUMAN, Zygmunt. Modernidade líquida. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

BRUNO, Maria Cristina Oliveira. O ICOM-Brasil e o pensamento museológico brasileiro. São Paulo: Pinacoteca do Estado/Secretaria de Estado da Cultura/Comitê Brasileiro do Conselho Internacional de Museus, 2010.

BURKE, Peter. Uma história social do conhecimento: de Gutenberg a Diderot. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

CANCLINI, Néstor García. Culturas híbridas: estratégias para entrar e sair da modernidade. São Paulo: EDUSP, 2009.

CARDOSO, Adriana Silveira. Desafios da gestão dos museus não institucionalizados: o caso do Museu Gruppelli. 2012. **Monografia – Universidade Federal de Pelotas.** Disponível em: <https://pergamum.ufpel.edu.br/pergamum>

web/vinculos/0000cf/0000cfd2.pdf. Acesso em: 28 dez. 2024.

CHAGAS, Mário de Souza. Museologia e sociedade: ensaios de sociomuseologia. Rio de Janeiro: MinC/IPHAN, 2003.

CHAGAS, Mário de Souza. Território, museus e sociedade. Rio de Janeiro: MinC/IPHAN, 2018.

DE VARINE, Hugues. As raízes do futuro: o patrimônio a serviço do desenvolvimento local. Porto Alegre: Medianiz, 2012.

DE VARINE, Hugues. O museu comunitário como processo continuado. Revista Cadernos do Ceom, v. 27, n. 41, p. 25-35, 2014.

FOUCAULT, Michel. A arqueologia do saber. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

HARVEY, David. The condition of postmodernity. Oxford: Blackwell, 2003.

LE GOFF, Jacques. História e memória. Campinas: Editora da UNICAMP, 1990.

MASCHKE PINHEIRO et.al. Museu E Paisagem Cultural: O Museu Gruppelli, Pelotas/Rs, Em Perspectiva. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 16, n. 6, 2023. Disponível em: <https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/6181https://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/12335/MEM%C3%93RIA%2C%20MUSEU%20E%20PAISAGEM%20CULTURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 nov. 2024.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 10. ed. São Paulo: Hucitec, 2007.

OOSTERBEEK, Luiz; SCHEUNEMANN, Jörn. Gestão integrada do território: cultura, patrimônio e desenvolvimento sustentável. Lisboa: CEAACP, 2012.

OOSTERBEEK, Luiz. Patrimônio e gestão integrada do território. Coimbra: CEAACP, 2019.

POMIAN, Krzysztof; MALUF, Marina. História e ficção. Projeto História: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados de História, v. 26, 2003.

TARANTI, Nadir Ferreira et.al. **A reabertura do Museu Gruppelli: um espaço de constante processo**. 2022. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/9335/A_Reabertura_do_Museu_Gruppelli.pdf?sequence=1. Acesso em: 7 dez. 2024.

UNESCO. Convenção para a proteção do patrimônio mundial, cultural e natural. Paris: UNESCO, 1972.

UNESCO. Convenção para a salvaguarda do patrimônio cultural imaterial. Paris: UNESCO, 2003.

ICOM – International Council of Museums. Definição de museu. Copenhagen, 2022. Disponível em: <https://icom.museum>.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Registro do patrimônio doceiro de Pelotas e região. Brasília: IPHAN, 2018.



Asociación de Universidades
GRUPO MONTEVIDEO



UNIVERSIDAD
NACIONAL ✦
DE TUCUMÁN



