

INTERDISCIPLINA - #7

# 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 7.

© 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

Desarrollo de sistemas micro y nanoformulados de potencial acción insecticida a partir de aceites esenciales de plantas aromáticas de Catamarca.....4 <i>Daniela Bracamonte</i>
Duelos sin cuerpos. Vivencias de familiares de detenidos desaparecidos en Chile.....17 <i>Daniela Nogales</i>
Laboratório de humanidades médicas: integrando artes, cultura e reflexão crítica para inclusão e pertencimento.....35 <i>Vitória Zaia</i>
Derivados fluorados de furanocarbotioamidas: síntesis, análisis conformacional y comportamiento espectroscópico.....45 <i>Jessica Cardona</i>
Enriquecimiento de bebidas frutales probióticas con ácidos grasos omega-3.....64 <i>Facundo Escobar</i>
Manejos agronómicos alternativos de hortalizas de hojas, en época estival, en el Pedemonte de Tucumán.....84 <i>Enzo Pedraza</i>
Evaluación de caracteres productivos y reproductivos de núcleos genéticos de bovinos de carne basada en marcadores moleculares.....98 <i>Camila Dunne</i>
Regulación jurídica de la muerte encefálica: dilemas bioéticos.....115 <i>Sol Martínez</i>
Combinación de abonos orgánicos con fertilización mineral a base de potasio en cultivo de pimiento.....132 <i>Vanina Silva</i>
Adaptación climática en la caficultura colombiana: gobernanza frente a la crisis ambiental....142 <i>Laura Pesellin</i>
Superando o Racismo Institucional na Educação Superior: possibilidades a partir da Universidade Federal do São Carlos (UFSC).....158 <i>Leslie S. Chaves</i>
Nanocápsulas naturais a base de mucilagem de <i>Pereskia aculeata</i> com carvacrol: innovación sostenible en la lucha contra los patógenos transmitidos por los alimentos.....177 <i>Iana Maia</i>

---

9-Desafíos de biotecnología y bioquímica

**Desarrollo de sistemas micro y nanoformulados de potencial acción insecticida a partir de aceites esenciales de plantas aromáticas de Catamarca.**

Autor: Bracamonte, Daniela Milagros; [dani.bracamonte97@gmail.com](mailto:dani.bracamonte97@gmail.com)

Co-autor(es): Rodríguez, María R.; Arrúa, Eva C.; López, Tamara E.; Rivas Marquina, Andrea.

Orientador/a: Comelli, Nieves, [nccomelli@agrarias.unca.edu.ar](mailto:nccomelli@agrarias.unca.edu.ar); Sampietro, Diego; [diego.sampietro@fbqf.unt.edu.ar](mailto:diego.sampietro@fbqf.unt.edu.ar)

Universidad Nacional de Catamarca / Facultad de Ciencias Agrarias

---

**Resumen**

En nuestro laboratorio, especies como *Pimpinella anisum*, *Lippia junelliana* y *Tagetes minuta* mostraron actividad biocontroladora sobre *Carpophilus truncatus*, *Oryzaephilus mercator* y *Cydia pomonella*, con mecanismos neurotóxicos asociados a inhibición de AChE. En este trabajo se detallan aspectos metodológicos empleados en el desarrollo y caracterización fisicoquímica de formulaciones de los aceites esenciales insecticidas por método de fusión-dispersión con polietilenglicol 6000 y en la preparación de dispersiones multifásicas con surfactantes no tóxicos y métodos físicos de baja energía. Las formulaciones, diseñadas para actuar por vía fumigante mediante una liberación controlada y eficiente de los principios bioactivos, fueron caracterizadas fisicoquímicamente mediante técnicas cromatográficas, espectroscópicas, microscópicas y evaluadas preliminarmente en cuanto a su estabilidad y eficacia insecticida *in vitro*. Con perspectivas de aplicación y evaluación insecticida a escala semicampo, la elección del tipo de formulación y vía de acción se basa en la dinámica conductual del insecto blanco, considerando sus hábitos de alimentación y movilidad dentro de los sistemas productivos de interés. Los resultados obtenidos para estos sistemas destacan su potencial como herramientas de bajo impacto ambiental para el control de plagas. Actualmente, el trabajo continúa orientado a optimizar estas formulaciones y validar su eficacia en condiciones más cercanas al ambiente productivo, como parte de una estrategia superadora en el Manejo Integral de Plagas.

Palabras clave: Plagas del nogal, Acetilcolinesterasa, Bioinsecticidas.

## Introducción

La búsqueda de alternativas ecológicas y sostenibles para el manejo de plagas agrícolas ha cobrado creciente relevancia ante los efectos adversos del uso intensivo de insecticidas sintéticos, tales como la resistencia en insectos, la contaminación ambiental y los riesgos para la salud humana. (Perumal Vivekanandhan, 2024) En este contexto, los compuestos bioactivos de origen vegetal representan una prometedora fuente de agentes biocontroladores, con propiedades insecticidas, repelentes o inhibidoras del desarrollo de diversos insectos plaga. (Nazeer A, 2021)

Numerosas especies vegetales pertenecientes a diferentes familias botánicas demostraron potencial bioinsecticida mediante la acción de metabolitos secundarios, entre los cuales se destacan monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanoides las cuales representan familias de compuestos presentes principalmente en plantas aromáticas. (Comelli NC, 2023)

En los agroecosistemas, la conservación y el uso estratégico de plantas nativas asociadas a los cultivos representa una vía sustentable para mejorar la biodiversidad funcional del sistema. Estas especies, que coexisten naturalmente en los márgenes o entornos de cultivos, pueden ofrecer múltiples servicios ecosistémicos, como el

refugio de enemigos naturales de plagas, el mantenimiento de polinizadores y la provisión de compuestos bioactivos con potencial defensivo. En particular, muchas plantas nativas han evolucionado en simbiosis o coexistencia con cultivos tradicionales, generando interacciones beneficiosas que incluyen la reducción de la presión de plagas, la mejora en la resiliencia del sistema frente a perturbaciones bióticas y la posibilidad de aprovechar sus metabolitos secundarios en estrategias de control biológico.

Estas asociaciones, a menudo invisibilizadas por los modelos productivos intensivos, se revalorizan en el marco del manejo agroecológico, donde la diversificación vegetal y la integración del conocimiento ecológico local favorecen un control de plagas más equilibrado y menos dependiente de insumos externos. Así, especies como *Lippia junelliana* y *Tagetes minuta*, propias de la flora autóctona sudamericana, no solo forman parte del patrimonio vegetal regional, sino que también emergen como recursos valiosos para el desarrollo de bioplaguicidas de base natural adaptados a las condiciones locales. En nuestro laboratorio, se documentó que extractos o aceites esenciales de *Pimpinella anisum*, *Lippia junelliana* y *Tagetes minuta* poseen actividad insecticida frente a plagas de interés económico en el sistema productivo nogalero de la región, como son los

coleópteros *Carpophilus truncatus*, *Oryzaephilus mercator* y el lepidóptero *Cydia pomonella*. Los ensayos se realizaron tanto por contacto como por inhalación, actuando sobre distintos sistemas fisiológicos de los insectos blanco. Sin embargo, uno de los principales desafíos para la aplicación práctica de estos compuestos bioactivos en contextos agrícolas reales radica en su alta volatilidad, sensibilidad a la luz, al oxígeno y a la temperatura, lo que limita su eficacia y estabilidad durante el almacenamiento o en condiciones de campo. En este sentido, la formulación o encapsulación de metabolitos secundarios en matrices portadoras se presenta como una estrategia clave para mejorar su estabilidad fisicoquímica, controlar su liberación y facilitar su aplicación tanto en sistemas agrícolas como en instalaciones de almacenamiento, especialmente en la conservación de frutos secos. Este enfoque tecnológico permite no solo preservar la actividad biológica de los compuestos, sino también reducir su degradación, extender su vida útil y minimizar impactos ambientales no deseados, consolidándose como una herramienta fundamental para avanzar hacia la implementación efectiva de bioplaguicidas en el manejo integrado de plagas.

En este trabajo se presentan dos tipos de bioformulaciones para la encapsulación de

aceites esenciales. Por un lado, se desarrolló un prototipo de nanopartícula polimérica biodegradable y biocompatible, diseñado como herramienta para el control de coleópteros en almacenes rurales de nuez. Por otro lado, se formuló una nanoemulsión de tipo *oil-in-water* (O/W), en la que se encapsuló aceite esencial de *P. anisum*, destinada a su aplicación en campo sobre cultivos de nuez, con actividad larvicida y ovicida frente a *C. pomonella*. El diseño de ambas formulaciones se basó en resultados preliminares de ensayos de bioactividad *in vitro*. Este estudio aborda desafíos actuales en biotecnología y bioquímica al investigar el potencial de extractos aromáticos como fuentes de metabolitos bioactivos, con capacidad para intervenir en procesos biológicos relevantes. La caracterización de su eficacia y mecanismos de acción a nivel molecular fortalece el desarrollo de soluciones innovadoras basadas en compuestos naturales, promoviendo el diseño de bioinsumos con aplicación en el agro, sostenibles y adaptados a contextos productivos locales.

### Objetivos

Encapsular aceites esenciales bioactivos con potencial insecticida para el control de plagas en el cultivo de nuez, desarrollando formulaciones adaptadas al contexto de

aplicación en condiciones reales de campo.

## **Materiales y Métodos**

### Colecta y preparación del material vegetal.

Partes aéreas de *Lippia junelliana* y *Tagetes minuta*, se colectaron en zonas prístinas de los departamentos Ambato y Fray Mamerto Esquiú, provincia de Catamarca. Semillas de *Pimpinella anisum* se obtuvieron de un productor que las comercializa en el departamento Andalgalá, provincia de Catamarca. El análisis taxonómico para la identificación de especies se realizó en la cátedra de Botánica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Catamarca, a cargo del Dr. Prof. Demaio. Una vez colectado, el material vegetal se limpió para eliminar restos de tierra y se dispuso sobre papel desecante en lugar fresco y aireado para preservar de ataque microbiano.

### Extracción de aceites esenciales

Los aceites esenciales se obtuvieron mediante hidrodestilación en un alambique de vidrio con capacidad de 5 litros. Para cada destilación, se colocó 0,3 kg de material vegetal en el balón junto con 2,5 litros de agua destilada. El sistema se mantuvo bajo calentamiento constante utilizando un manto calefactor durante 1,5 horas. Finalizado el proceso, el aceite esencial fue recolectado y almacenado en un recipiente de vidrio ámbar, con el fin de

protegerlo de la luz y preservar su estabilidad.

Para garantizar la eliminación de posibles trazas de humedad, se añadió sulfato de sodio anhidro al recipiente como agente desecante. Finalmente, los aceites fueron almacenados a 4 °C en congelador hasta su uso posterior en los ensayos químicos y biológicos.

### Micropartículas poliméricas

La síntesis de las micropartículas se realizó siguiendo el método de fusión-cristalización descrito por Jesser (2021) con modificaciones. En un tubo Falcon, se pesaron 6 g de PEG 6000 *p. a.* Biopack y se fundieron a 65 °C utilizando un equipo ThermoMixer C *ependorf*. Una vez fundido, se añadió una solución de Tween 80 Biopack al 10 % (v/v) preparada en etanol absoluto, manteniendo la agitación constante. A continuación, se incorporó el aceite esencial gota a gota, bajo agitación continua en el ThermoMixer.

Transcurridos 30 minutos de emulsificación, la mezcla se vertió en cápsulas de cerámica y se colocó a -20 °C durante 2 horas para inducir el proceso de cristalización. Finalizado el tiempo de congelación, el material sólido se pulverizó utilizando un molinillo hasta obtener un polvo fino. El producto final se conservó en desecador a temperatura ambiente hasta su uso.

### Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) de las

partículas poliméricas.

Se realizó análisis de la composición química de los aceites esenciales y sus respectivos formulados en matrices poliméricas. Para éstas, previamente, se realizó una extracción de la fracción volátil a partir de 0,5 g de cada tipo de partículas, las cuales se disolvieron en 5 ml de agua destilada con calentamiento a 50°C durante 30 minutos, luego, se añadieron a las mezclas 4 ml de éter absoluto como solvente de extracción de la fracción volátil contenida en el formulado.

La CG-MS se realizó con un equipo Thermo Scientific TRACE 1300 Series, equipado con un detector de cuadrupolo simple Thermo Scientific ISQ y un sistema de sellado al vacío. Se trabajó con columna separativa TG-5MS (30 m × 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de película); helio como gas portador con un caudal de 40,3 mL/min; la inyección se realizó en modo split (1:45), con un volumen inyectado de 0,5 µL de muestra, y temperaturas del inyector y del detector de 240 °C y 250 °C, respectivamente. La temperatura de la columna se programó desde 60 °C hasta 240 °C, con aumento de 4 °C/min. El detector de masas se configuró en modo escaneo (*scan mode*) en el rango de 40–500 m/z. La identificación de los componentes se realizó con base en sus índices de retención de Kovats (calculados a partir de los tiempos de retención de los *n*-alcanos

C9–C20 registrados al eluir en la columna TG-5MS), utilizando datos de bibliotecas NIST, y mediante la comparación de los patrones de fragmentación con los reportados en la literatura. La composición cuantitativa de los compuestos se determinó mediante la normalización del área de los picos, considerando un factor de respuesta igual a 1 para cada componente.

Eficiencia de carga de nanopartículas poliméricas por espectroscopía UV-Visible

La eficiencia de carga (EC), es un índice que refiere cantidad de principio activo encapsulado respecto a la cantidad empleada para la preparación de la formulación, se determinó espectrofotométricamente de acuerdo a la técnica de (Werdin González JO, 2015) con algunas modificaciones: 0,1 g de cada formulado polimérico se disolvió, en 2 ml de solución de etanol al 75% y se calentó por 30 min a 30°C y 1000 rpm en equipo Thermomixer. Se recolectó el sobrenadante y se analizó por espectroscopía UV-Vis en fotómetro Thermo Scientific– Multiskan GO a 258 nm para *P. anisum*, 290 nm para *L. junelliana* y 272 nm para *T. minuta*. Se utilizó blanco de partículas de PEG6000 sin aceite esencial para corrección de absorbancia debida al polímero.

Se trabajó con curva de calibración para cada aceite esencial en solución de etanol al 75%. La concentración de AE en el

formulado polimérico se determinó a partir de la ecuación de ajuste lineal de la curva para cada aceite. Luego, la EC se determinó según la ecuación:

$$EC = \frac{\text{Concentración AE formulación}}{\text{Concentración AE inicial}} \times 100$$

Dónde *Concentración AE formulación* corresponde al valor obtenido por curva de calibración y *Concentración AE inicial* se considera 10%, lo cual corresponde a lo incorporado inicialmente en la preparación de la formulación.

#### Microscopía de Barrido Electrónico (SEM).

Se registraron micrografías de *C. truncatus* y *O. mercator* expuestos a la concentración letal 50 (LC<sub>50</sub>) de micropartículas poliméricas de *P. anisum*, *T. minuta* y *L. junelliana* en microscopio SEM, Zeiss modelo EVO 10.

El montaje de los insectos se realizó sobre cinta metálica y posterior metalizado con oro con metalizador Agar Sputter Coater. Los polvos poliméricos, por su parte también fueron analizados tras montaje en iguales condiciones que los insectos.

#### Nanoemulsión o/w de *P. anisum*

La síntesis de la nanoemulsión o/w consistió en pesar 1 g de Saponina *pro-análisis* de *Camellia sinensis* (L.) O.Kuntze, 4 g de Glicerina Anhidra *Cicarelli*, 0.5 g de aceite esencial de *Pimpinella anisum* y 4.5 gramos de agua destilada. Todos los componentes se llevaron a homogeneizador UltraTurrax® T25 basic a 11.000 rpm durante 5 minutos dentro de un

baño de hielo para evitar el sobrecalentamiento. Finalmente, la emulsión obtenida se sometió a un tratamiento en baño ultrasónico durante 20 min, empleando un equipo UltraSonic Cleaner UC-4120L de 40KHz de frecuencia.

#### Microscopía de Fuerza Atómica (AFM)

Se sembraron las muestras líquidas empleando un método semejante al de deposición de gota, colocando 10 µl de muestra sobre un portaobjetos de vidrio y cubriéndolo con un cubreobjetos. Se dejó secar la muestra y posteriormente, el cubreobjetos se lavó con agua ultra pura hasta eliminar la coloración aportada por la muestra.

Las medidas se realizaron con un Microscopio de Fuerza Atómica (AFM-STM) Keysight AFM 5500 y las imágenes fueron analizadas con Gwyddion 2.68.

## **Resultados y Discusión**

#### Aceites esenciales y su formulación polimérica

Se obtuvieron aceites esenciales por hidrodestilación con rendimientos (v/m) de 1,85 ±0,1% para *P. anisum*; 1,90 ±0,1% *L. junelliana*, y 1,70 ±0,1% para *T. minuta*, los cuales se encuentran dentro de los rangos de valores previamente informados para estas plantas (Comelli NC, 2023).

Los aceites esenciales descritos anteriormente se emplearon en nuestro

laboratorio como principio activo en ensayos de toxicidad por fumigación y por contacto sobre *C. truncatus* y *O. mercator* y sobre *C. pomonella*. Particularmente, sobre los coleópteros, responsables del daño de fruto en instancias de almacén, se determinó acción repelente, y toxicidad por contacto *in vitro* y se determinó la LC<sub>50</sub> para cada caso. Al momento de diseñar una formulación que pueda contener los principios activos de los aceites bioactivos y al mismo tiempo resguardarlos del deterioro permitiendo una liberación gradual y continua del principio activo, se desarrolló una matriz polimérica biodegradable pensada para ser aplicada a las bolsas de rafia en las que se guardan las nueces hasta su comercialización. Para los tres sistemas de trabajo, *P. anisum*, *L. junelliana* y *T. minuta*, se obtuvieron polvos aromáticos con cada aceite esencial encapsulado.



**Figura 1.** Polvos de matriz polimérica conteniendo aceite esencial encapsulado.

La evaluación del grado de encapsulación se determinó mediante cromatografía gaseosa (GC-MS), comparando la presencia y proporción de los

componentes mayoritarios presentes en los aceites esenciales y en sus respectivos formulados. De los tres sistemas estudiados, el de *P. anisum* fue el único que conservó la composición química inalterada luego del encapsulamiento en la matriz polimérica.

Los resultados del análisis indican que el componente mayoritario del aceite esencial de *Pimpinella anisum* es el anetol (95,9%), un compuesto aromático que se conservó en la formulación en un porcentaje del 96,7%. Esto permite inferir que el aceite retenido mantendrá una bioactividad comparable a la del aceite puro, incrementándose la persistencia de principio activo volátil respecto a cuando el aceite no está formulado (Werdirn González JO, 2015). Los otros dos sistemas, sin embargo, no mostraron igual tendencia. En ambos casos (*L. junelliana* y *T. minuta*) los componentes que se encuentran en mayor proporción en los aceites no fueron significativamente compatibles con el mecanismo de encapsulación descrito, provocando una importante reducción de su presencia en las partículas formuladas y, en el caso de *L. junelliana*, se evidencia, además, un aumento en la proporción de otros componentes minoritarios en el aceite puro. La Tabla 1 muestra la proporción de los componentes más abundantes en aceites y formulados.

**Tabla 1.** Componentes mayoritarios determinados por GC-MS para aceites esenciales y sus formulados poliméricos.

Comp. mayoritarios	% en Aceite Esencial			% en Partículas Poliméricas		
	P. a.	L. j.	T. m.	P. a.	L. j.	T. m.
	95,9			96,7		
Anetol						
Mirceno	54,37			3,73		
cis-Tagetona	4,91	18,1		7,63	4,2	
Piperitona	0,61			18,54		
Spathunelol	0,98			10,5		
Dihidrotagetona			18,9			1,86
trans-β-ocimeno			18,5			-
trans-tagetenona			36,0			-

Acompañando estos resultados, el análisis de Eficiencia de Carga mediante curva de calibración de cada aceite esencial, determinado por espectroscopía UV-Visible, indica que la formulación polimérica contiene a los aceites esenciales en un 77,7% para *P. anisum*, 61,8% *L. junelliana*, y 68,6% *T. minuta*, respecto a lo incorporado durante la preparación de la formulación. Si bien el resultado indica un buen rendimiento de encapsulación para los tres sistemas, el más eficiente es el de *P. anisum*. El formulado conteniendo aceite de *T. minuta* registra un porcentaje de encapsulación próximo al 70%. Sin embargo, esto no se ve reflejado en el análisis cromatográfico que indica baja o nula incorporación de los constituyentes mayoritarios en la matriz. Este fenómeno podría deberse a la diferencia en los métodos extractivos de la fracción volátil empleados para cada análisis. Sin embargo, no se encontraron registros bibliográficos que describan una situación similar, por lo que se está

trabajando para conocer en forma más precisa el fenómeno de encapsulación del aceite esencial de *T. minuta*.

#### Caracterización de las partículas por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM).

Debido a que se pretende emplear los polvos poliméricos en sistemas de control de plaga por contacto, la forma y el tamaño de las partículas es crucial para entender los mecanismos de acción.

Se determinó mediante SEM que, producto del método de síntesis empleado, las partículas forman agregados irregulares en forma y dimensiones. Esto fue observado en trabajos de otros autores, que describen formación de agregados irregulares producto de la encapsulación de aceites esenciales en matrices de polietilenglicol. (K Wahyuningsih, 2022). En la Figura 2 se muestran imágenes SEM analizadas para las partículas de *P. anisum*, en ellas se evidencia gran heterogeneidad en tamaños de agregados que varían entre 20 a 190 micras. Las partículas de *L. junelliana*, mostraron tamaños desde 5 micras a 172 micras (Figura 3). En el mismo sentido, la Figura 4 muestra la heterogeneidad de tamaños de las partículas de *T. minuta*, los cuales varían entre 7 y 150 micras, y forman agregados amorfos. Los polvos sintetizados fueron evaluados en ensayos insecticidas *in vitro* mostrando principalmente acción por contacto. (Denett GO, 2023)

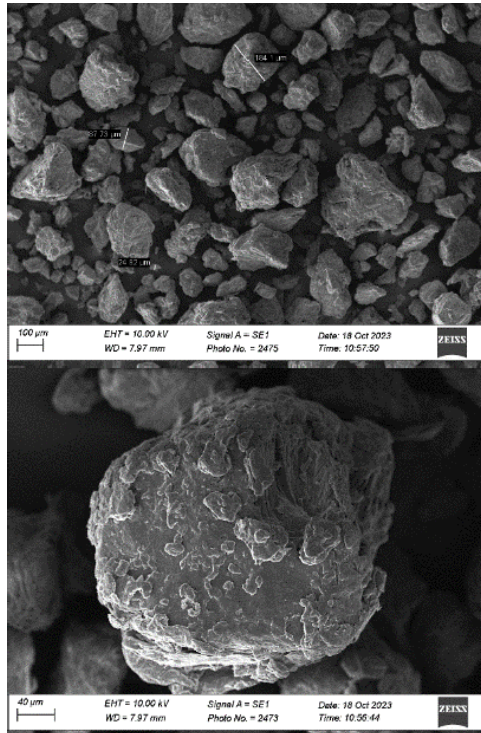


Figura 2. Micrografías de polvos poliméricos de *P. anisum*

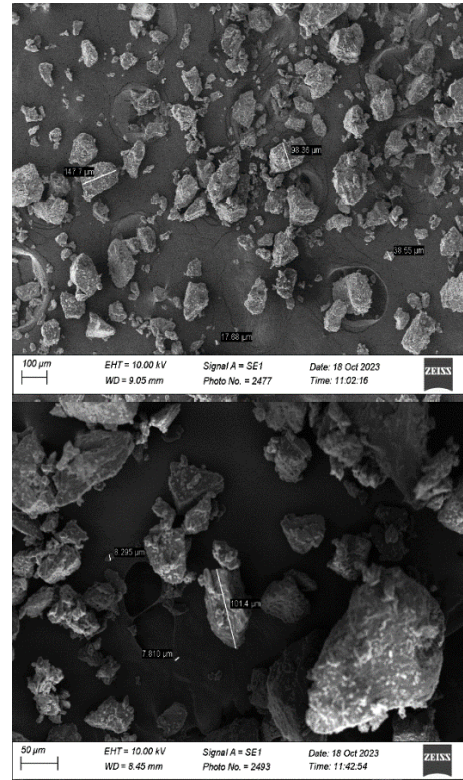


Figura 4. Micrografías de polvos poliméricos de *T. minuta*.

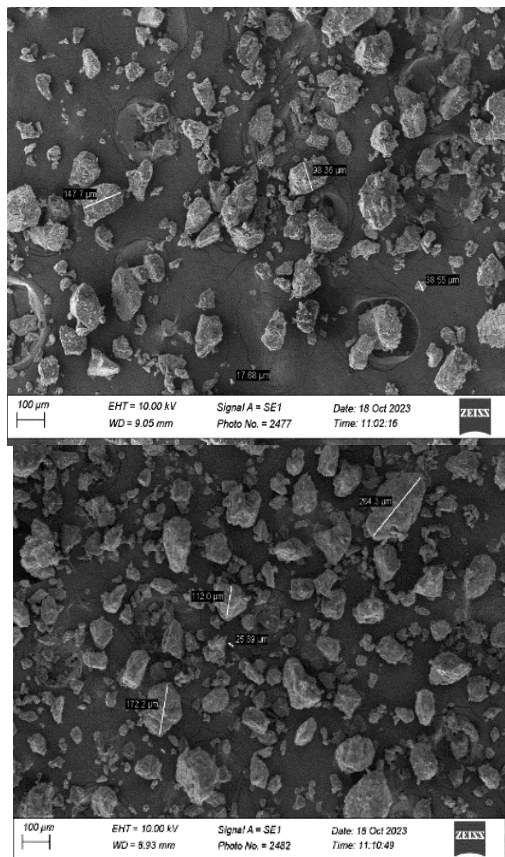


Figura 3. Micrografías de polvos poliméricos de *L. junelliana*.

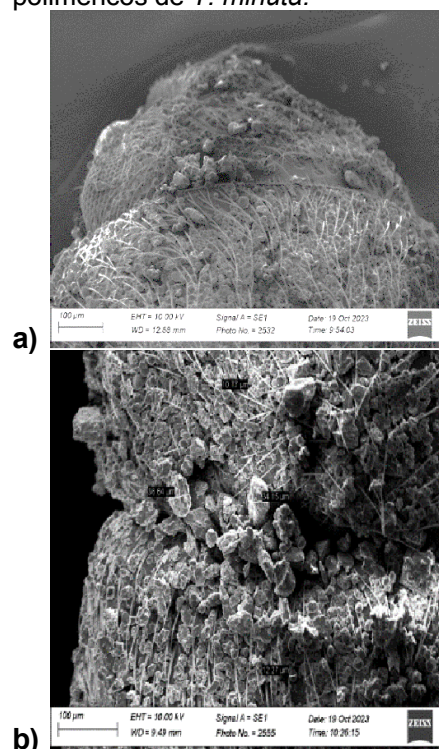
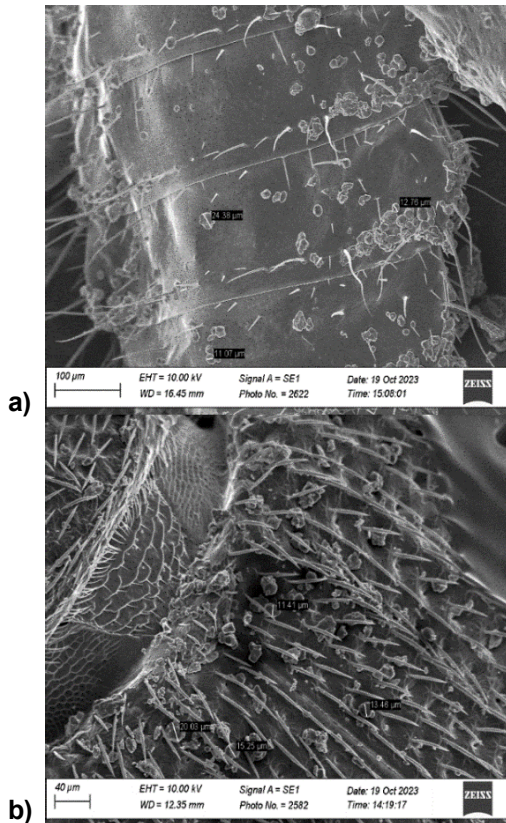


Figura 5. Micrografías SEM de *C. truncatus*. a) intersección cabeza-torax expuesto a 671,9 ppm (DL<sub>50</sub>) de *P. anisum*. b) zona dorsal tratada con 332,9 ppm (DL<sub>50</sub>) de *L. junelliana*.



**Figura 6.** Micrografías SEM de *O. mercator*.  
**a)** zona ventral de larva expuesta a partículas de *L. junelliana*. **b)** zona torácica de adulto expuesto a 101,7 ppm de la formulación de *T. minuta*.

En las Figuras 5 y 6 se muestran imágenes SEM que permiten visualizar la fuerte interacción entre las partículas y la cutícula de los insectos, principalmente de estadio adulto, Se infiere que las setas que cubren el exoesqueleto del adulto, favorecen la retención de los polvos, los cuales impiden los procesos fisiológicos normales de supervivencia del insecto, como el intercambio de oxígeno, provocando su muerte.

Se observa, además, que las partículas retenidas en la cutícula de los adultos no superan las 30 micras de tamaño. Este dato permite realizar ajustes en la

metodología de síntesis para asegurar mayor eficacia del producto.

#### Emulsiones o/w de *P. anisum*

Como se mencionó previamente, el problema sanitario que enfrenta el sector nogalero no se limita a la presencia de coleópteros en galpón.

Esta infestación, considerada de carácter secundario, es consecuencia de un manejo ineficiente de la plaga primaria, identificada tanto por pequeños como por grandes productores como la principal responsable de las pérdidas masivas de producción. El insecto causante de este daño es *Cydia pomonella*, un lepidóptero reconocido a nivel mundial como plaga del manzano, peral y nogal. (Laís Silva, 2023) (Cólica, 2024) En nuestra región, se detectó su presencia y daño en nogales y membrillo. Los métodos de control actuales están dirigidos a disminuir la población del adulto, sin embargo, se conoce que el daño en fruto es consecuencia de la actividad de larvas que ingresan a la nuez rompiendo las barreras de cáscara y pelón. La hembra adulta ovipone sobre hojas y frutos y luego las larvas emergidas ingresan al mismo para alimentarse. En la búsqueda de disminuir la oviposición y la viabilidad de los huevos y larvas en campo, se realizaron ensayos sobre dichos estadios en nuestro laboratorio, empleando como principio activo diferentes aceites esenciales incluyendo *Cuminum cyminum*, *T. minuta*, *P. anisum* y *L. junelliana*. Los resultados

obtenidos demostraron que el más efectivo sobre huevos, larvas y adultos fue *P. anisum*. Se diseñó entonces un bioproducto que contenga el principio activo y que además sea de fácil aplicación y manejo en campo, por ello se desarrolló una emulsión de tipo aceite en agua (oil in water, o/w), cuyos componentes son de origen vegetal, libre de compuestos sintéticos tóxicos, dañinos para el ambiente y el cultivo. La concentración del aceite esencial en la emulsión fue del 5%, cubriendo el espectro de acción de LC<sub>50</sub> determinada *in vitro*. Este tipo de formulados retiene a los aceites en forma de micelas en el cuerpo de la mezcla, de esta manera aumenta su vida útil y mejora aspectos de manipulación en campo. El tamaño de las micelas admite clasificar a las emulsiones como micro o nano. La diferencia práctica entre ambas radica en características como estabilidad termodinámica y cinética y en consecuencia diferencias en la liberación gradual de los volátiles. (Malode GP, 2021). Los sistemas basados en nanoemulsiones protegen los ingredientes activos contra la oxidación y la degradación, así como controlan la velocidad de liberación de los ingredientes activos principales en condiciones específicas. (Thao Minh Ho, 2022). En la Figura 7 se puede observar una muestra del formulado desarrollado. Como estudio preliminar en campo, se

utilizó un rociador y se aplicó sobre el follaje de los nogales, obteniendo buena adherencia del formulado a las hojas y liberación gradual de volátiles. Además, se utilizaron muestras de hojas tratadas para evaluación del estrés y capacidad fotosintética después de la aplicación, obteniendo resultados que indican que la formulación no alteraría la fisiología vegetal del cultivo.



**Figura 7.** Emulsión o/w de *P. anisum* al 5%.

#### Caracterización del tamaño de gota de la emulsión o/w de *P. anisum* por Microscopía AFM

Visualizar la morfología de la interfaz es esencial para adaptar y diseñar sistemas inteligentes basados en nanoemulsiones. La IUPAC define como nanoemulsiones a aquellas que presenten un tamaño de gota en el rango nanométrico (entre 20 y 100 nm). (Thao Minh Ho, 2022). La caracterización de la emulsión por AFM permite reconocer con precisión el tamaño de las gotas formadas en el formulado, este análisis indica que las micelas conseguidas durante el proceso de encapsulación tienen tamaños del orden nanométrico y muestran una distribución homogénea, entre 10 y 24 nm. El análisis de altura de superficie se puede observar en la Figura 8.

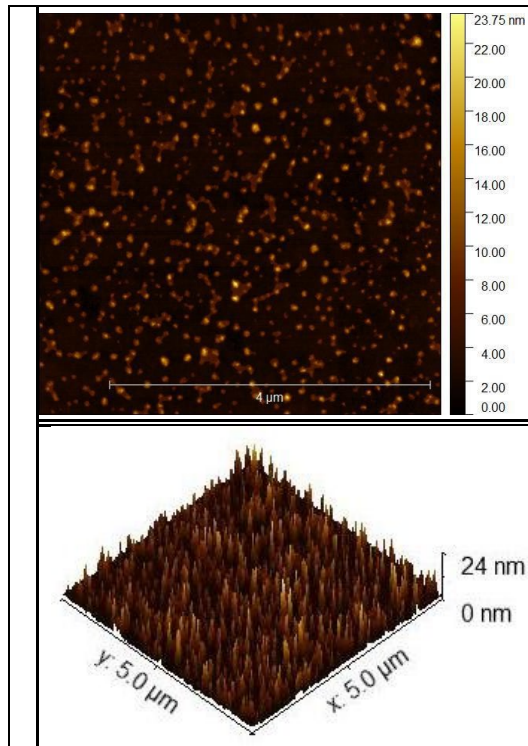


Figura 8. AFM de la nanoemulsión de *P. anisum*

Esta caracterización nos permite inferir que la nanoemulsión obtenida encapsuló de manera exitosa al aceite de *P. anisum*, y garantiza una liberación gradual del principio activo en campo.

## Conclusiones

Los aceites esenciales más activos sobre los distintos individuos plaga del sistema nogalero, fueron encapsulados exitosamente en dos formatos de formulación. La formulación sólida, constituida por una matriz polimérica, se diseñó para ser aplicada en galpones donde se almacena la nuez post cosecha. En este caso, se observó que el sistema que respondió de manera más eficiente a

la encapsulación fue *P. anisum*. Sin embargo, se continúan los trabajos en laboratorio para determinar posibles estrategias de mejora en la encapsulación de los otros aceites estudiados. Por su parte, la formulación líquida, constituida por una nanoemulsión o/w de *P. anisum*, diseñada para ser empleada en campo sobre *C. pomonella*, demostró buena incorporación del principio activo, con tamaños de gotas que garantizan la estabilidad de sus componentes y su liberación controlada en campo, también mostró prometedores resultados respecto a su intervención en campo como herramienta de control.

Podríamos inferir entonces, que, de todos los aceites estudiados, *P. anisum* responde favorablemente tanto en bioactividad como en su incorporación a sistemas de diseño tecnológicos para su aplicación en control fitosanitario.

Los desafíos del grupo radican en continuar estudios de caracterización de los sistemas, tanto desde la determinación del índice de encapsulación, como en el estudio de la liberación de los principios activos en el tiempo.

## Referencias Bibliográficas

Cólica, J. (2024). Capítulo 4: Nogal. En *Manejo Sanitario de Cultivos Frutihortícolas en el Norte*

- Argentino. Asociación Argentina de Fitopatólogos.
- Comelli NC, P. A. (2023). Excito-repellent and Pesticide-Likeness Properties of Essential Oils. *Journal of Chemical Information and Modeling*. doi:https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c01198
- Denett GO, C. N. (2023). Chemical composition and insecticidal activity of essential oils from cultivated and native aromatic plants of Argentina against *Carpophilus dimidiatus* (Fabricius) (Nitidulidae) and *Oryzaephilus mercator* (L.) (Silvanidae). *Natural Products Research*. doi:10.1080/14786419.2023.2166043
- Jesser, E. (2021). Nanobioinsecticidas: nuevas estrategias de manejo integrado de *Plodia interpunctella* (Lepidoptera, Pyralidae). Desarrollos, aplicaciones y estudios ecotoxicológicos.
- K Wahyuningsih, S. Y. (2022). Nano-encapsulation of Eucalyptus citriodora Oil: Preparation and Characterization. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/1755-1315/1024/1/012016
- Laís Silva, A. B. (2023). The codling moth, *Cydia pomonella* L. in walnut: bioecology and evaluation of protection strategies against the pest. *Revista de Ciências Agrárias (Portugal)*. doi:10.19084/rca.31326
- Malode GP, C. S. (2021). A Critical Review on Nanoemulsion: Advantages, Techniques and Characterization. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences and Research*.
- Nazeer A, M. A. (2021). Botanical Insecticides Are a Non-Toxic Alternative to Conventional Pesticides in the Control of Insects and Pests. En *Global Decline of Insects*. doi:DOI: 10.5772/intechopen.100416
- Perumal Vivekanandhan, P. K. (2024). *Nano-Insecticide: Today and Future Perspectives*. Springer. doi:10.1007/978-3-031-75798-3
- Thao Minh Ho, F. A. (2022). An overview of nanoemulsion characterization via atomic force microscopy. *CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION*. doi:10.1080/10408398.2021.1879727
- Werdin González JO, S. N. (2015). Novel nanoinsecticides based on essential oils to control. *Pest Science*. doi:10.1007/s10340-014-0607-1

### Agradecimientos

Al señor Miguel Ángel Garlati, por el

manejo de las crías de insectos empleados para los ensayos *in vitro*. Al señor S. Hernández, productor nogalero en el departamento Ambato, Catamarca, por la disponibilidad de su finca de nogales para ensayos preliminares en campo.

### **Financiamiento**

Este trabajo pudo realizarse gracias al financiamiento recibido de: CONICET mediante convocatoria PIP 2022-2024, código de proyecto: KA2- 112202101 00903CO; FUNDACION WILLIAMS, Concurso “Fondos complementarios para

la investigación con impacto en el territorio argentino” (2024); Proyectos de Investigación y Desarrollo Interdisciplinarios 2024 (PIDI 2024) de la Universidad Nacional de Catamarca, (RSREC-2024-135-E-UNCA-REC) .

---

1.- Derechos Humanos en América Latina: desafíos presentes y futuros.

### **Duelos sin cuerpos. Vivencias de familiares de detenidos desaparecidos en Chile**

Autor: Nogales, Daniela; E. mail: daniela.nogales@postgrado.uv.cl

Orientador/a: Pinedo, Cristian; E. mail: cristian.pinedo@uv.cl

Universidad de Valparaíso / Facultad de Ciencias Sociales

#### **Resumen**

El artículo sintetiza una investigación, cuya pregunta principal consiste en describir significados de duelo sin una corporalidad tangible de los familiares de detenidos desaparecidos en la dictadura cívico-militar de 1973 en Chile. Se abarcaron descendientes por consanguineidad (hijas y nietas) y afinidad (cónyuge) de la persona detenida desaparecida, a modo de abordar las complejidades psicosociales e intergeneracionales del duelo sin un cierre corporal. Para aquello, se relatan vivencias de duelo de familiares, identificando mecanismos de transmisión intergeneracional, respuesta del Estado tras el regreso a la democracia y las formas de afrontamiento. Mediante el análisis de historias de vidas, narrativas y revisión documental, se espera ampliar la comprensión de la violencia política y trauma social. Conforme los relatos se esperan plantear intervenciones desde el Trabajo Social Clínico para con las dolientes. A modo de tensionar las políticas de reparación que marginan las formas de memoria colectiva. Los resultados subrayan la necesidad de adoptar enfoques interseccionales, longitudinales y multimodales para captar el duelo intangible y contribuir a los estudios sobre la memoria y los procesos de reconciliación post dictatoriales en Chile, considerando que los relatos mostraron que el duelo se inscribe en la memoria colectiva y la acción política, con la Agrupación de Familiares de Detenidos Desaparecidos como espacio que sostiene el duelo y mantiene viva la memoria.

**Palabras clave:** Trauma Transgeneracional, Violaciones a los Derechos Humanos, Violencia Social.

---

## Introducción

A mitad del siglo XX – a lo largo del Sudamérica – existió violencia de Estado a través de golpes de Estado y dictaduras cívico-militar que cambiaron el devenir de cada uno de los países que se vieron afectados bajo la denominada “Operación Cóndor”. Chile no fue la excepción, luego del ascenso del primer presidente socialista por la vía democrática, los ojos del mundo estaban sobre las propuestas de la Unidad Popular mediante la figura de Salvador Guillermo Allende Gossens, transformándose en una inspiración para Latinoamérica.

Sin embargo, lo que fue la esperanza en un proyecto político transformador y de izquierdas, significó el inicio de una operación de parte de grupos opositores en concomitancia con el gobierno de los Estados Unidos mediante la Agencia Central de Inteligencia (CIA) de dicho país en búsqueda de desestabilizar y deslegitimar la democracia chilena, antecedentes que han sido ratificados a partir de la desclasificación de documentos e investigaciones al respecto.

A partir del 11 de septiembre de 1973, luego de los bombardeos al palacio de gobierno (La Moneda), acto simbólico de

la ruptura de la institucionalidad democrática, por parte de las Fuerzas Armadas, comienzan – en paralelo – la persecución, encarcelamiento, ejecuciones y desapariciones de cientos de personas, sin distinción de género, edad, nacionalidad y/o posición política.

(...) En los primeros meses después del golpe militar del 11 de septiembre de 1973, las fuerzas represivas adoptaron formas de proceder que no respondían a un método único y no siempre se persiguió borrar todo vestigio de los crímenes ocultando los cadáveres de las víctimas. Fue especial mente a partir de la creación de la Dirección de Inteligencia Nacional, DINA, en junio de 1974, que la represión adquirió un carácter más sistemático y la desaparición forzada pasó a ser el método preferencial para intentar ocultar a los ojos del mundo los crímenes cometidos. (Madariaga & Brinkmann, 2006)

En este sentido, el artículo busca describir vivencias de duelo sin una corporalidad tangible de los familiares de detenidos desaparecidos en la dictadura cívico-militar de 1973 en Chile pertenecientes a la Agrupación de Familiares de Ejecutados y Detenidos Desaparecidos de Valparaíso, basándose en las narrativas presentes en las descendientes por consanguineidad (hijas

---

y nietas) y afinidad (cónyuge) de la persona detenida desaparecida mediante la revisión documental, historia de vida y entrevista en profundidad.

- **¿Dónde están? En la constante búsqueda de los y las nuestras**

El Programa de Derechos Humanos de la Subsecretaría de Derechos

Humanos dependiente del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, realizó una revisión de todos los casos de personas víctimas de desaparición forzada identificadas por la Comisión Nacional de Verdad y Reconciliación, la Corporación Nacional de Reparación y Reconciliación y la Comisión Asesora para la Calificación de Ejecutados Políticos y Víctimas de Prisión Política y Tortura, correspondientes a 1.092 personas. Asimismo, analizó la situación de aquellas personas que fueron víctimas de ejecución política y que sus cuerpos no fueron entregados a sus familiares – lo que conforme al derecho internacional constituye una forma de desaparición forzada – determinado la existencia de 377 casos. (2022)

Según las cifras oficiales con las que cuentan los organismos del Estado el total de personas calificadas oficialmente como víctimas de desaparición forzada en Chile durante la dictadura en Chile fue

de 1.469. Sin embargo, información entregada por el Servicio Médico Legal se ha logrado localizar restos de 307 personas, los cuales, han sido identificados y restituidos a sus familiares. (Servicio Médico Legal, 2019). Por tanto, en la actualidad existen 1.162 personas cuyas circunstancias de desaparición y/o muerte es desconocido, estando pendiente su esclarecimiento.

No obstante, los resultados de las búsquedas han traído consigo nuevos dolores, así lo reportan organizaciones de la sociedad civil, instituciones estatales e – incluso – medios de comunicación extranjeros. En julio de 2025 el canal de televisión pública alemana, Deutsche Welle, emitió un informe que daba cuenta de graves errores en la identificación de osamentas de personas víctimas de desaparición forzada; en palabras del abogado especialista en Derechos Humanos, Cristian Cruz, “el ataúd donde se supone había un cuerpo de un detenido desaparecido o un ejecutado, al hacer los exámenes, resultan ser cuatro perfiles genéticos, ninguno de ellos correspondiente a la víctima” (Deutsche Welle (DW), 2025), dando cuenta de la vigencia y latencia de la pérdida, así como, las respuestas insuficientes de parte del Estado de Chile por más de 50 años.

---

## Objetivos

- Objetivo general: Describir significados de duelo sin una corporalidad tangible de los familiares de detenidos desaparecidos en la dictadura cívico-militar de 1973 en Chile pertenecientes a la Agrupación de Familiares de Ejecutados y Detenidos Desaparecidos de Santiago.

- Objetivos específicos:

1. Relatar vivencias de duelo de familiares por línea recta descendente por consanguineidad de detenidos desaparecidos.
2. Identificar formas de afrontamiento de las vivencias de duelo.
3. Exponer sensaciones respecto a la respuesta del Estado a partir del regreso a la democracia en la búsqueda de detenidos desaparecidos.
4. Relacionar el duelo con las representaciones de las memorias futuras.

## Materiales y Métodos

El propósito de este estudio de caso tipo (Yin, 2009) es responder a la interrogante acerca de cómo viven el duelo sin una corporalidad tangible los familiares de

detenidos desaparecidos en la dictadura cívico-militar de 1973 en Chile, pertenecientes a la Agrupación de Familiares de Ejecutados y Detenidos Desaparecidos de Santiago (AFDD). La elección del enfoque de estudio de caso responde a la necesidad de examinar en profundidad un fenómeno complejo, contextualizado histórica y socialmente, que no puede ser comprendido de manera aislada ni reducido a categorías generales. En este sentido, se busca relatar y analizar las experiencias subjetivas y colectivas en torno a la ausencia del cuerpo, entendida no solo como un vacío material, sino también como un factor que condiciona la forma en que las familias elaboran el duelo, construyen su memoria y configuran su identidad en diálogo con procesos políticos más amplios de verdad, justicia y reparación.

Esta revisión tiene como objetivo llenar un vacío de conocimiento, aclarando cómo funcionan las narrativas familiares en los procesos de duelo, en la transmisión de la memoria intergeneracional y en la formación de identidades individuales y colectivas. A partir de ello, se espera contribuir a los estudios sobre trauma, memoria y violencia política, así como a la elaboración de políticas públicas de memoria en el contexto chileno

---

(Faúndez & Goecke, 2015; Palma et al., 2021). El valor agregado del estudio radica en su atención a las distinciones matizadas entre generaciones de descendientes y en las implicaciones de la ausencia corporal en los procesos de duelo. La triangulación de técnicas cualitativas —revisión documental, historias de vida y entrevistas en profundidad— permitirá recoger tanto los marcos históricos que sostienen los relatos como las voces vivas de los familiares, explorando los significados y resignificaciones que emergen en los distintos niveles de la experiencia.

Para ello, se considerará hasta un máximo de tres generaciones a partir de la desaparición de la persona detenida, incluyendo a viudas/os, hijos/as y nietos/as. Este recorte generacional permitirá observar cómo las memorias y los duelos se transforman y transmiten en el tiempo, mostrando continuidades y rupturas que atraviesan los vínculos familiares y comunitarios. Los criterios de inclusión se centran en pertenecer a la Agrupación de Familiares de Detenidos Desaparecidos de Santiago, poseer un vínculo directo con —al menos— una persona desaparecida, representar una de las generaciones seleccionadas y manifestar voluntad de participar mediante consentimiento informado. Estos criterios

no solo garantizan la pertinencia del caso estudiado, sino que además aseguran la coherencia con los objetivos de investigación.

Asimismo, la organización temática de los hallazgos seguirá la lógica de las perspectivas generacionales, los modos de duelo y los contextos sociopolíticos, lo cual permitirá integrar las experiencias personales con los marcos colectivos que las atraviesan (Faúndez et al., 2014; Andreani et al., 2021).

Se reconoce que el estudio cuenta con ciertas limitaciones derivadas de su diseño cualitativo y del carácter de estudio de caso tipo. En primer lugar, los resultados no son generalizables a otros contextos ni buscan representar la totalidad de las experiencias de familiares de desaparecidos en Chile. En segundo lugar, la elección de tres generaciones podría excluir otras perspectivas relevantes, como las de amigos, compañeros de militancia u otros parientes no contemplados en la muestra. En tercer lugar, la carga emocional del tema constituye un desafío metodológico y ético, pues puede influir tanto en la profundidad de los testimonios —ya sea por resistencia, silencios o sobreexposición— como en el bienestar de las y los participantes durante el proceso de investigación. Por este

---

---

motivo, las consideraciones éticas ocupan un lugar central en el diseño del estudio. Se resguardará la identidad de las y los participantes mediante el uso de seudónimos y se garantizará la voluntariedad de la participación, reconociendo el derecho a interrumpir la entrevista o retirar el testimonio en cualquier momento. De igual manera, se evitará profundizar en aspectos que los y las participantes no deseen abordar, promoviendo una interacción sensible y respetuosa con los tiempos y emociones de cada persona. Además, se contempla la devolución de los resultados a la AFDD, tanto como una forma de transparencia y validación del proceso, como un aporte al fortalecimiento de sus archivos institucionales y a la continuidad de sus luchas por memoria, verdad y justicia. En este sentido, la investigación no solo se orienta a la producción de conocimiento académico, sino también al reconocimiento y dignificación de las experiencias de las familias, reafirmando su valor testimonial como parte del patrimonio de la memoria histórica del país (Jelin, 2002).

Mediante el método cualitativo, entendido este como un proceso iterativo en el que se logra una mejor comprensión por parte de la comunidad científica al hacer nuevas distinciones significativas como

resultado del acercamiento al fenómeno estudiado (Aspers & Corte, 2021), se buscó interpretar los significados que las generaciones de la persona desaparecida le otorgan a la ausencia de la corporalidad. En este sentido, la investigación partió con la revisión documental, concebida como una herramienta esencial para el reconocimiento del contexto histórico, social y político en el que se inscriben las desapariciones forzadas. Este procedimiento no solo permitió la identificación de casos y la delimitación del universo de estudio, sino también la comprensión de los marcos normativos, institucionales y culturales que han incidido en la forma en que las familias enfrentan la ausencia. La documentación revisada incluyó informes oficiales, archivos de organizaciones de derechos humanos, registros de prensa y publicaciones académicas, lo que contribuyó a construir una base sólida para interpretar el fenómeno desde una perspectiva interdisciplinaria (Bowen, 2009).

A continuación, se optó por la construcción de historias de vida, técnica que posibilita un acercamiento en profundidad a las trayectorias individuales y familiares, al tiempo que facilita el análisis de la transmisión

---

---

intergeneracional del duelo y de las memorias colectivas. Esta estrategia metodológica permite rescatar la voz de las personas en primera persona, reconstruyendo narrativas que no solo evidencian las continuidades en la búsqueda de verdad y memoria, sino también las fracturas, silencios y rupturas que emergen en el entramado familiar frente a la ausencia del ser querido. Las historias de vida constituyen un insumo valioso para comprender cómo los significados asociados al duelo se transforman con el paso del tiempo, cómo se transmiten entre generaciones y de qué manera se articulan con procesos más amplios de justicia y reparación (Bertaux, 2005).

De manera complementaria, se incorporaron entrevistas en profundidad, consideradas como un instrumento privilegiado para explorar con detalle los significados, resignificaciones e interseccionalidades presentes en la experiencia de las y los participantes. A través de ellas, fue posible acceder a relatos subjetivos cargados de emociones, memorias y percepciones que enriquecen el análisis sobre duelo, verdad, memoria y justicia. Las entrevistas, además, se concibieron como un espacio dialógico en el que la voz de las participantes pudiera ser reconocida y

valorada, en un ejercicio que no se limita a la producción de datos, sino que se convierte en una instancia de encuentro, escucha activa y validación de la experiencia vivida (Kvale & Brinkmann, 2015). Esta técnica resultó particularmente útil para problematizar cómo influyen factores de género, clase, generación y pertenencia territorial en la forma en que se afronta la ausencia, lo que permitió un análisis interseccional de las narrativas recogidas.

La elección de estas técnicas responde a una perspectiva epistemológica que reconoce la centralidad de la subjetividad y la narrativa como fuentes legítimas de conocimiento, en tanto posibilitan visibilizar experiencias que suelen quedar relegadas en los registros oficiales y en las versiones dominantes de la historia (Denzin & Lincoln, 2018). Desde este enfoque, el conocimiento no se entiende como un producto acabado, sino como un proceso relacional y situado que se construye junto a las y los participantes.

En consecuencia, las técnicas seleccionadas permiten acceder a la riqueza de los relatos individuales y colectivos, valorando la multiplicidad de voces y sentidos que configuran la memoria social.

Del mismo modo, la propuesta metodológica se sustenta en

---

---

consideraciones éticas orientadas a garantizar el respeto, la dignidad y la seguridad de quienes comparten su testimonio. El diseño contempla la confidencialidad, el consentimiento informado y la posibilidad de que las y los participantes decidan sobre los límites de aquello que desean narrar. Se entiende que el relato de experiencias vinculadas a la desaparición forzada puede reactivar emociones de dolor y sufrimiento, por lo que se enfatiza la necesidad de un acompañamiento sensible y respetuoso durante el proceso de investigación. Al mismo tiempo, se reconoce el valor testimonial como un acto de memoria y resistencia frente a la invisibilización histórica, lo cual otorga a las técnicas aplicadas un sentido político y social que trasciende el ámbito académico (Jelin, 2002).

De esta manera, el diseño metodológico no solo posibilita un acercamiento sensible y situado a los procesos de duelo y transmisión intergeneracional, sino que también se constituye en un espacio de reconocimiento y dignificación de quienes han vivido la ausencia. En última instancia, la investigación se orienta a fortalecer las luchas por la verdad, la justicia y la memoria colectiva, reafirmando un compromiso ético-político con la visibilización de los daños

producidos por la violencia y con la reivindicación de las voces históricamente silenciadas.

- **Desafíos éticos**

Se identifican una serie de preguntas abiertas para promover el reconocimiento y el abordaje de las responsabilidades éticas no normadas que conllevaba el proyecto: ¿Bajo qué condiciones es ético estudiar los relatos de las participantes? ¿Cuáles serían los riesgos y los beneficios de mantener la confidencialidad de los relatos, especialmente si las participantes buscasen difundirlos públicamente? ¿Qué resguardos se deberían tomar para la protección de la privacidad de terceros mencionados en los relatos? ¿Cómo acompañar éticamente a las participantes en la tarea de decidir qué y cómo compartir con la investigadora, con el público académico, y con el público en general? ¿Qué responsabilidades se tiene en la difusión de estos relatos más allá de lo académico? ¿Quiénes, bajo qué circunstancias y en qué formatos deben/pueden tener acceso a los relatos? ¿Quién decide esto? ¿Es responsable la investigadora de representar de modo positivo a los participantes? ¿Qué responsabilidad tiene la investigadora de brindar a las participantes apoyo para que puedan publicar sus relatos si quisieran

---

---

hacerlo? Estas preguntas nos permitieron identificar dos desafíos éticos. Primero, se debe responder al imperativo de realizar una escucha atenta a las complejidades, contradicciones, y tabúes que actualmente se negocian al narrar experiencias de lucha en Chile, buscando abordar y representar de manera humana y multidimensional las experiencias estudiadas. Segundo, y dada la condición controversial del tema y las participantes, se debe explicitar los intereses y puntos de vista en la interpretación, sin esconder tras una mirada neutral, tras procedimientos rígidos, o tras una voz omnipresente de parte de la investigadora.

### **Resultados y Discusión**

El análisis se desarrolló desde un enfoque narrativo, en el que los relatos se consideran formas privilegiadas de organizar la experiencia, otorgar sentido al sufrimiento y transmitir memoria e identidad. Este enfoque parte de la premisa de que las narrativas no son simples descripciones de hechos, sino construcciones activas mediante las cuales las personas interpretan su vida y articulan los vínculos entre acontecimientos, emociones y contextos

sociales. En el caso de los familiares de detenidos desaparecidos, las narrativas permiten comprender cómo se experimenta y se simboliza la ausencia corporal, cómo se transmiten las memorias de la violencia sufrida entre generaciones y de qué manera estas historias contribuyen a la formación de identidades familiares y colectivas.

El análisis narrativo favoreció la identificación de patrones, temas recurrentes y divergencias dentro de los relatos, considerando tanto las continuidades como las rupturas en las experiencias de duelo. Asimismo, se valora la dimensión temporal de los relatos, es decir, cómo los eventos pasados se conectan con el presente y cómo estas conexiones influyen en la construcción de sentido de las participantes. Esto permitió capturar la riqueza de las experiencias subjetivas, destacando la multiplicidad de voces y la coexistencia de diferentes interpretaciones de la memoria, el trauma y la identidad.

Se aplicó un enfoque interpretativo, combinando la codificación temática con la atención a la estructura y la forma narrativa, considerando elementos como la secuencia de los hechos, la perspectiva de los narradores, la emocionalidad y los silencios

---

significativos. Este procedimiento metodológico posibilita no solo la reconstrucción de los relatos individuales, sino también el análisis de cómo se entrelazan en narrativas colectivas, revelando procesos de resignificación, resistencia y construcción de sentido compartido. Además, el enfoque narrativo permite atender a las interseccionalidades presentes en la experiencia, incluyendo factores generacionales, de género, clase y pertenencia territorial, los cuales influyen en la manera en que los relatos se producen y se interpretan.

Finalmente, la elección de un análisis narrativo se justifica epistemológicamente al reconocer la narrativa como un conocimiento situado, relacional y reflexivo, capaz de dar cuenta de dimensiones que los enfoques cuantitativos o estrictamente descriptivos no logran capturar. Desde una perspectiva ética, este enfoque permite respetar la voz y la subjetividad de las y los participantes, al otorgar valor a sus experiencias y testimonios, y posicionarlos como agentes activos en la construcción de su historia y memoria. De esta manera, el análisis narrativo no solo produce conocimiento académico, sino que también contribuye a la visibilización y dignificación de los

procesos de duelo y memoria de las familias de personas desaparecidas.

1. **Narrativas del duelo sin cuerpo:**

se anticipa la identificación de relatos que expresen la imposibilidad de cierre debido a la ausencia del cuerpo, así como formas simbólicas de elaboración (Ricoeur, 1999). La persistencia de aferrarse a la memoria, relatando lo hechos, se constituye en la resistencia a la “impunidad biológica”, la apertura a hablar de sus vivencias subjetivas responde a la urgencia de no olvidar, esto es, “no se da vuelta la página, se aprende a vivir con ella. Es nuestra bandera de lucha” (X, 2025).

2. **Transmisión intergeneracional de la memoria:**

primera generación centrada en la pérdida y lucha política; segunda generación combina duelo personal y transmisión de memoria; tercera generación orientada a reconstrucción identitaria y militancia simbólica (Faúndez & Goecke, 2015; Andreani et al., 2021). La búsqueda de “los nuestros”, la lucha por la justicia y continuar con la resistencia contra el negacionismo ha sido enarbolado por las mujeres de las familias – en sus diversas generaciones – siendo la tercera (inclusive cuarta generación) donde hombres comienzan a incorporarse lentamente en esta reconstrucción,

---

elemento que podría abordarse en una investigación centrada en esta temática.

**3. Efectos psicosociales del trauma:** presencia de silencios, quiebres y discontinuidades narrativas, con la emergencia de formas de resiliencia narrativa (Faúndez et al., 2014).

Ante la ausencia socioafectiva de la cuidadora, las niñas experimentaron un efecto intolerable, experimentando la ausencia de respuesta esperada, quiebre en el sistema de cuidado, reestructuración del sistema familiar y la presencia de desorganización. Las experiencias de violencia política extrema donde la ausencia permanente del padre, bajo el término de “muerte presunta” más no confirmada impacta en el desarrollo esperado de la niña. En el sistema familiar, tanto en las adultas que han sobrevivido como las niñas, están presente las vivencias traumáticas. (Castillo y otros, 2024, p. 41)

**4. Dimensión colectiva y política:** los relatos mostrarán que el duelo se inscribe en la memoria colectiva y la acción política, con la Agrupación como espacio que sostiene el duelo y mantiene viva la memoria (Palma et al., 2021).

Un aspecto significativo fue la existencia del otro que sufre no sólo validando la experiencia sino que además reconociendo la presencia de otras

familias que se reconfiguraron a partir de la pérdida. Este reconocimiento valida al sujeto y su circunstancia, las experiencias de un grupo, comunidad, sociedad que permita – lentamente – la construcción de la memoria social.

### Conclusiones

Las experiencias de duelo en las familias de personas desaparecidas forzosamente durante la dictadura cívico-militar de Chile revelan una comprensión compleja y multifacética del duelo sin un cierre corporal tangible. Es posible reconocer que el duelo en este contexto trasciende el duelo convencional debido a la ambigüedad de la desaparición forzada y a la ausencia de restos físicos. Este duelo intangible se construye narrativamente a través de mecanismos como las historias de vida, las cartas, los rituales y los medios digitales, que sirven como vías vitales para la transmisión de la memoria de generación en generación. Los descendientes, especialmente las hijas y nietas, junto con las cónyuges, participan en procesos de memorización distintos pero superpuestos, en los que convergen el duelo colectivo, la postmemoria y la responsabilidad ética. La transmisión intergeneracional surge como un

---

fenómeno matizado caracterizado por el silencio, la evitación y las representaciones simbólicas del trauma, más que por una progresión lineal o uniforme. La literatura destaca constantemente cómo la dinámica familiar, incluidas las conspiraciones de silencio y las rupturas narrativas, moldean la relación de los descendientes y los cónyuges con su herencia traumática. Esta transmisión está estrechamente relacionada con los roles de género dentro de las familias, donde las mujeres con frecuencia asumen posiciones centrales como portadoras de la memoria y agentes del luto, a menudo navegando por complejos terrenos sociales y políticos. Sus experiencias revelan expresiones diferenciadas de duelo, silencios emocionales y propiedad narrativa que influyen tanto en la formación de la identidad personal como en las prácticas de memoria colectiva. El contexto sociopolítico y las políticas estatales desempeñan un papel importante, aunque a veces controvertido, en la elaboración de las prácticas de duelo y la construcción de la memoria. Si bien las iniciativas de memoria institucional y las políticas reparadoras contribuyen al reconocimiento y la memorialización, también pueden despolitizar o individualizar el trauma, lo

que limita la acción colectiva y la impugnación por parte de las familias. Esta tensión pone de relieve la importancia del trabajo de memoria dirigido por la familia y la interacción entre las esferas públicas y privadas de la memoria. Desde el punto de vista metodológico, los enfoques cualitativos dominan y permiten una visión profunda de las experiencias subjetivas de duelo y trauma. Sin embargo, las limitaciones, como los tamaños pequeños de las muestras y los posibles sesgos narrativos, destacan la necesidad de diseños de investigación más integradores, interseccionales y longitudinales. Las exploraciones emergentes de los medios digitales y culturales como herramientas de transmisión de la memoria ofrecen vías prometedoras para captar el dolor intangible e involucrar a las generaciones más jóvenes, aunque estas siguen sin desarrollarse. En resumen, el estudio presenta un panorama rico pero parcial de cómo los descendientes y los cónyuges de los desaparecidos negocian el dolor, la memoria, el trauma y la identidad en ausencia de un aislamiento corporal. Para avanzar en la comprensión es necesario abordar las brechas en la interseccionalidad de los factores de género, parentesco y socioculturales, así

---

como ampliar la innovación metodológica para abarcar la evolución de la dinámica de la memoria colectiva y de los medios de comunicación en el Chile posdictatorial.

### Referencias Bibliográficas

- Abarca, X. F., Gatica, B. A., Morales, C. B., & Castro, M. C. (2017). La desaparición forzada de personas a cuarenta años del golpe de Estado en Chile: Un acercamiento a la dimensión familiar. *Revista Colombiana de Psicología*, 27(1), 1-20. doi:10.15446/rcp.v27n1.63908
- Adams, J. (2019). Enforced disappearance: Family members' experiences. *Human Rights Review*, 20(3), 335-360. doi:10.1007/s12142019-0546-6
- Andreani, A., Fernández, C., & Schindel, E. (2021). *Memorias en conflicto: Narrativas sobre violencia política y transmisión generacional en América Latina*. Editorial Universidad Nacional.
- Andreani, M. J. R., Vargas, A. C. O., Castelli, S. A., & Núñez, P. C. (2021). La juventud y el pasado reciente de Chile: La (des)politización como política de memoria cotidiana. *Psicología & Sociedade*, 34(2), 20-29. doi:10.1590/1807-0310/2022v34252029
- Aspers, P., & Corte, U. (2021). What is qualitative in research. *Qualitative Sociology*, 44, 1-10. doi:10.1007/s11133-021-09497-w
- Bertaux, D. (2005). *Los relatos de vida: Perspectiva etnosociológica*. Barcelona: Edicions Bellaterra.
- Bourguignon, M., Dermitzel, A., & Katz, M. (2021). Grief among relatives of disappeared persons in the context of state violence: An impossible process?. *Torture Journal*, 31(2), 127-144. doi:10.7146/torture.v31i2.127344
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40.
- Bravo, A. F. (2019). Imágenes, trauma, memoria: Miradas del pasado reciente en obras de Patricio Guzmán, Adriana Lestido y Gustavo Germano. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 61, 1-15. doi:10.18682/cdc.vi61.1275
- Cartes, C. E. (2024). Transmisión intergeneracional del trauma en mujeres chilenas exiliadas en Europa. *Revista de Psicología*, 33(1), 1-12. doi:10.5354/0719-0581.2024.72296
- Castillo, M. I., Cruz, G., Fisher, C., & Gómez, E. (2024). Trauma político y la

---

transmisión transgeneracional del daño. Santiago de Chile. LOM ediciones.

Cerutti, A. (2015). La desaparición forzada como trauma psicosocial en Chile: Herencia, transmisión y memoria de un daño transgeneracional. *Multidisciplinaria*, 0(Especial), 157-180. doi:10.20435/multi.v0iespecial.157

Danilo, J. B., & Calderón, A. C. (2020). Reparación simbólica, trauma y victimización: La respuesta del Estado chileno a las violaciones de derechos humanos (1973–1990). *Íconos*, 24(67), 39-59. <https://doi:10.17141/iconos.67.2020.4231>

Deutsche Welle (DW). (2025, 20 de julio). Por qué Chile fracasó en la identificación de víctimas de la dictadura de Pinochet [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com>

Díaz, D., & Unger, G. (2012). Transgeneracionalidad del trauma psicosocial en los descendientes de afectados por la represión política en Chile. doi:10.34745/numerev\_732

Diaz, P. (2022). Love the world, love our loved ones: Personal and public experience of political disappearance in Chile. *Violence: An International Journal*, 3 null, 199 217. [doi.org/10.1177/26330024231159921](https://doi.org/10.1177/26330024231159921)

Faúndez, X., & Cornejo, M. (2011). Aproximaciones al estudio de la transmisión transgeneracional del trauma psicosocial. [doi.org/10.5354/07190581.2010.17107](https://doi.org/10.5354/07190581.2010.17107)

Faúndez, X., & Goecke, X. (2015). Psychosocial trauma transmission and appropriation in grandchildren of former political prisoners of the civic - military dictatorship in Chile (1973-1990) \*. *JSSE - Journal of Social Science Education*, 14 (2), 26-39. [doi.org/10.2390/JSSE-V14-I2-1446](https://doi.org/10.2390/JSSE-V14-I2-1446)

Faúndez, X., Brackelaire, J., & Cornejo, M. (2012). Transgeneracionalidad del trauma psicosocial: Imágenes de la detención de presos políticos de la dictadura militar chilena reconstruidas por los nietos transgenerational psychosocial trauma: Images of the detention of political prisoners in the Chilean military dictatorship reconstructed by the victims' grandchildren.

Faúndez, X., Brackelaire, J., & Cornejo, M. (2013). Transgeneracionalidad del trauma psicosocial: Imágenes de la detención de presos políticos de la dictadura militar chilena reconstruidas por los nietos. *Psykhé (santiago)*, 22 (2), 83-95. [doi.org/10.7764/PSYKHE.22.2.563](https://doi.org/10.7764/PSYKHE.22.2.563)

Faúndez, X., Cornejo, M., & Brackelaire, J. (2013). Transmisión y apropiación de la historia de prisión política:

---

Transgeneracionalidad del trauma psicosocial en nietos de ex presos políticos de la dictadura militar chilena. transmission and appropriation of political imprisonment stories: The transgenerational nature of psychosocial trauma in grandchildren of former political prisoners of the chilean military dictatorship.

Faúndez, X., Cornejo, M., & Brackelaire, J. (2014). Narration, silence. Transmission transgénérationnelle du trauma psicosocial chez des petits-enfants de victimes de la dictature militaire chilienne. Cahiers De Psychologie Clinique, 43 (2), 173 204.  
[doi.org/10.3917/CPC.043.0173](https://doi.org/10.3917/CPC.043.0173)

Faúndez, X., Cornejo, M., & Brackelaire, J. (2014). Transmisión y apropiación de la historia de prisión política: Transgeneracionalidad del trauma psicosocial en nietos de ex presos políticos de la dictadura militar chilena.  
[doi.org/10.4067/S0718-4808201400030003](https://doi.org/10.4067/S0718-4808201400030003)

Madariaga, C., & Brinkmann, B. (2006). DEL CUERPO Y SUS SUCESIVAS MUERTES: IDENTIDAD Y RETRAUMATIZACIÓN. Particularidades del proceso de exhumaciones vivido en Chile. Santiago: CINTRAS. Centro de Salud Mental y Derechos Humanos.

Morales-Sáez, N., & Espina, J. (2021). The aftermath of enforced disappearance and concealment.: A qualitative inquiry with families in pain, Chile.

[doi.org/10.7146/TORTURE.V31I2.121224](https://doi.org/10.7146/TORTURE.V31I2.121224)

Palma, E., Abarca, X. F., & Bravo, D. (2021). "teaching them that pain exists": Dilemmas regarding memory transmission and entrepreneurship in adult children of former political prisoners 40 years after the coup d'etat in Chile. Journal of Interpersonal Violence, 36 null, 6550-6577.

[doi.org/10.1177/0886260518819881](https://doi.org/10.1177/0886260518819881)

Panizo, L. M. (2022). Grief, mourning, and the body: Ritual attention to the death of victims of the dictatorship in Chile\*. Death Studies, 47 null, 691-701.

[doi.org/10.1080/07481187.2022.2131052](https://doi.org/10.1080/07481187.2022.2131052)

Pérez, P. C., Aceituno, R., Matamala, F., & Fischer, J. (2016). Violencia de estado y transmisión entre las generaciones.  
[doi.org/10.5209/POSO.49672](https://doi.org/10.5209/POSO.49672)

Programa de Derechos Humanos. (2022). Actualización Nómina de víctimas de Desaparición Forzada, calificadas en los Informes de la Comisión Nacional de Verdad y Reconciliación, Corporación Nacional de Reparación y Reconciliación, y Comisión Presidencial Asesora para la calificación de Detenido Desaparecidos, Ejecutados Políticos y Víctimas de Prisión

---

Política y Tortura. Obtenido de <https://pdh.minjusticia.gob.cl/wp-content/uploads/2022/03/Actualizacio%CC%81n-Cifra-de-Detenidos-Desaparecidos.pdf>

Ricoeur, P. (1999). La memoria, la historia, el olvido. Editorial Trotta.

Riessman, C. K. (2008). Narrative methods for the human sciences. Sage Publications.

Rojas-Lizana, S. (2024). " ps. I'll find you ." the discourse of postmemory in letters to executed and disappeared grandparents in chile. Social Semioticsnull,.

[doi.org/10.1080/10350330.2024.2314460](https://doi.org/10.1080/10350330.2024.2314460)

Ruderer, S. (2012). La eternización de una memoria traumática: El patio 29 y la política del pasado en chile. [doi.org/10.18441/IBAM.13.2013.51.105-117](https://doi.org/10.18441/IBAM.13.2013.51.105-117)

Sánchez, J. C. (2023). Trauma transgeneracional y posmemoria entre nietos de víctimas de la dictadura chilena. Revista De Estudios Socialesnull,.

[doi.org/10.7440/res84.2023.04](https://doi.org/10.7440/res84.2023.04)

Sánchez, J. C., & Astudillo, D. J. (2021). Subjetivación de la memoria del trauma colectivo en nietos/as de víctimas de la dictadura chilena.

Psicologia Usp, 33 null,.  
[doi.org/10.1590/0103-6564e210061](https://doi.org/10.1590/0103-6564e210061)

Servicio Médico Legal. (2019). Informe de Gestión N°4: Política de Derechos Humanos del Servicio Médico Legal. Unidad de Derechos Humanos. Santiago: Ministerio de Justicia y Derechos Humanos. Obtenido de <https://www.sml.gob.cl/wp-content/uploads/2019/12/INFORME-GESTION-DDHH.pdf>

Yin, R. K. (2009). Case study research: Design and methods (4th Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

### **Agradecimientos**

A las mujeres de las diversas agrupaciones, organizaciones y colectivos que mantienen la viva la memoria con lucha y resistencia en medio de los avances del negacionismo en el mundo.

### **Financiamiento**

Esta investigación no cuenta con el financiamiento de institución ni persona alguna.

Cada gestión fue autogestionada.

---



## 5.- Inclusión

### **Laboratório de Humanidades Médicas: Integrando Artes, Cultura e Reflexão Crítica para inclusão e pertencimento**

Autor: Zaia, Vitória; vsilvazaia@usp.br

Orientador/a: Pereira Cruvinel, Agnes de Fátima, agnescruvinel@usp.br; Marton Filho, Marcos Antônio, marcos.marton@usp.br

Faculdade de Medicina de Bauru da Universidade de São Paulo (FMBRU-USP)

#### **Resumo**

Este projeto foi concebido para criar um espaço de acolhimento e inclusão, visando combater o isolamento e a exaustão emocional na comunidade acadêmica. A estratégia central foi transcender as fronteiras disciplinares. Por meio de um cineclubes e um clube do livro, foram selecionadas obras com temáticas sociais universais para deliberadamente engajar alunos de todos os cursos do campus, superando um enfoque inicial restrito à medicina. Os debates, realizados em um formato horizontal e seguro, promoveram a escuta de vozes marginalizadas e a reflexão crítica sobre diversidade, preconceito e a pluralidade de experiências humanas. O resultado mais significativo desta abordagem foi a efetiva integração entre estudantes de Medicina, Odontologia e Fonoaudiologia, que fortaleceram o senso de comunidade e pertencimento. Nesse ambiente inclusivo, os participantes desenvolveram empatia e sensibilidade, competências cruciais para uma formação humanística na área da Saúde.

**Palavras chave:** Inclusão, Educação Médica e Arte .

---

## Introdução

O ambiente acadêmico na área da saúde é frequentemente marcado por uma intensa pressão por desempenho, um cenário que pode conduzir os estudantes a quadros de esgotamento emocional e a um crescente sentimento de isolamento. Diante dessa realidade, torna-se essencial a criação de espaços de desconpressão que vão além da formação técnica, nutrindo o bem-estar e o senso de comunidade. Foi com essa premissa que o projeto de extensão "Laboratório de Humanidades Médicas" foi concebido na Faculdade de Medicina de Bauru, inserindo-se em um movimento crescente de criação de espaços similares em universidades ao redor do mundo (UMass Chan Medical School, 2024; The University of Melbourne, s.d.): um refúgio pensado para combater a exaustão e promover um sentimento genuíno de inclusão e pertencimento por meio da arte.

É válido distinguir a abordagem deste projeto de outras concepções sobre as Humanidades Médicas. Em muitos contextos, como na Argentina, o campo é institucionalizado como uma disciplina formal e integrada ao currículo médico, com departamentos dedicados ao seu ensino há décadas, como é o caso da Universidade Nacional de La Plata (Mainetti & Pérez, 2000). Nesse modelo, as humanidades são um campo de conhecimento a ser formalmente ensinado.

Em contraste, o "Laboratório de Humanidades Médicas" aqui descrito não se propõe a ser uma disciplina, mas sim um espaço extracurricular e uma metodologia de aprendizado experiencial. A arte, neste trabalho, não é o objeto de estudo em si, mas o catalisador para um processo prático e coletivo de desenvolvimento da empatia, da reflexão crítica e, fundamentalmente, da criação de um ambiente inclusivo.

A estratégia central do projeto foi utilizar manifestações artísticas como pontes para conectar pessoas e experiências. Por meio de atividades como o cineclubes "MedCine", o clube do livro "Anamnese Literária" e uma oficina de escrita criativa, buscou-se criar um ambiente acolhedor onde os estudantes pudessem se expressar e se reconhecer em narrativas compartilhadas. A curadoria das obras foi um pilar fundamental dessa abordagem, selecionando filmes e livros com temáticas sociais universais, que abordavam criticamente questões como racismo estrutural, diversidade, preconceito e a pluralidade da experiência humana. Essa escolha deliberada permitiu que os debates transcendessem os limites curriculares, convidando os alunos a refletirem sobre suas próprias identidades e as de seus colegas em um contexto mais amplo.

Para que essa troca fosse genuína, o

formato dos encontros foi cuidadosamente desenhado para ser horizontal e seguro, desconstruindo hierarquias e garantindo que todas as vozes pudessem ser ouvidas. Ao sentar-se em círculo para debater, os participantes eram estimulados a compartilhar percepções e vivências, transformando cada sessão em um exercício coletivo de escuta e validação. Esse ambiente inclusivo foi terreno para a integração entre estudantes dos cursos de Medicina, Odontologia e Fonoaudiologia, que encontraram no Laboratório um ponto de convergência e de fortalecimento comunitário.

Portanto, este trabalho explora como o Laboratório de Humanidades Médicas, ao posicionar a arte como elemento centralizador, conseguiu criar um espaço vital de pertencimento. Ao oferecer uma pausa na rotina exaustiva e um convite à reflexão sensível, a iniciativa não apenas combateu o isolamento, mas também se revelou uma ferramenta potente para o desenvolvimento de competências socioemocionais, como a empatia e a sensibilidade, que são cruciais para a construção de uma prática em saúde mais humana e consciente.

### **Objetivos**

Frente a um ambiente acadêmico na área da Saúde que frequentemente contribui para o esgotamento emocional e a

supressão da sensibilidade, o presente projeto teve como objetivo primordial utilizar a arte como ferramenta de conexão para promover a inclusão e o pertencimento. A intenção central foi criar um espaço de acolhimento e diálogo fundamentado em manifestações culturais, como o cinema e a literatura, que servisse como um contraponto humanístico à exigente rotina da graduação. A partir da discussão coletiva de obras com temáticas sociais universais, buscou-se estimular a reflexão crítica e a sensibilidade para com a diversidade de experiências humanas. Consequentemente, almejou-se o resgate e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais essenciais, como a empatia, a escuta ativa e a comunicação, que são frequentemente desafiadas ao longo da formação. Em essência, o projeto visou consolidar um refúgio onde os estudantes pudessem se reconectar consigo e com os outros, reafirmando a importância da cultura e da arte para a preservação da própria humanidade e para a futura construção de uma prática profissional mais empática e consciente.

### **Materiais e métodos**

O projeto foi estruturado como uma iniciativa de extensão universitária de caráter contínuo, com atividades abertas a toda a comunidade acadêmica do campus de Bauru. A metodologia adotou uma abordagem participativa, fundamentada na

criação de espaços de diálogo e reflexão a partir de manifestações artísticas. A fase de planejamento inicial envolveu encontros presenciais entre as bolsistas e os docentes coordenadores para o estudo aprofundado do tema "humanidades médicas", definição de ideias, alinhamento de tarefas e o planejamento geral das atividades. As ações foram organizadas em três eixos principais: o cineclube "MedCine", o clube do livro "Anamnese Literária" e uma "Oficina de Escrita Criativa". Todas as atividades foram sistematicamente planejadas e executadas pelas bolsistas, em colaboração com os docentes e em parceria com o Centro Acadêmico, desde a curadoria das obras e a reserva dos espaços físicos até a divulgação e a organização logística de cada encontro.



Logotipo do projeto, escolhida e elaborada pelos alunos bolsistas

O cineclube "MedCine" constituiu-se como a atividade mais recorrente. A seleção dos filmes priorizou obras com temáticas

sociais universais, capazes de gerar identificação e estimular o debate crítico para além de um único campo do saber. Cada sessão era iniciada com uma breve apresentação contextual da obra e, para promover um ambiente acolhedor e informal, oferecia-se pipoca gratuita aos participantes. A metodologia do debate pós-filme evoluiu ao longo do projeto: o formato inicial, mais expositivo, foi substituído por um modelo horizontal e interativo. Nesse novo formato, os participantes eram convidados a expressar suas impressões em palavras através da plataforma online *Mentimeter*, gerando uma nuvem de conceitos coletiva que servia como ponto de partida para uma discussão circular, na qual todos eram estimulados a participar em pé de igualdade.



Registro do primeiro "MedCine"



Discussão conduzida pelos alunos do laboratório no primeiro "MedCine", seguindo um modelo mais expositivo



Discussão em modelo horizontal e interativo realizada no segundo “MedCine”

O clube do livro "Anamnese Literária" foi desenhado para aprofundar a troca de experiências em um ambiente mais intimista. A obra literária era divulgada com antecedência, e os encontros ocorriam com as cadeiras dispostas em círculo, uma escolha metodológica para facilitar o contato visual e a interação direta entre os participantes. Para reforçar a atmosfera de acolhimento, era oferecido um café com bolo. A discussão era iniciada por um dos membros do projeto, que apresentava o contexto da obra e do autor, e em seguida era aberta ao grupo, frequentemente a partir de perguntas disparadoras que convidavam à partilha de percepções e vivências pessoais suscitadas pela leitura.



Registro primeiro “Anamnese literária”



Discussão do “Anamnese literária”

A "Oficina de Escrita Criativa" foi uma atividade singular, concebida com base nos preceitos da Medicina Narrativa para exercitar diretamente a empatia. Conduzida por uma escritora convidada, a oficina propôs aos participantes uma imersão prática: após receberem um prontuário médico fictício, eles foram desafiados a escrever um relato em primeira pessoa, assumindo a perspectiva do paciente e explorando suas angústias, dúvidas e sentimentos em relação à sua condição e ao atendimento recebido. O compartilhamento final dos textos revelou a pluralidade de narrativas que podem emergir de um mesmo quadro clínico, cumprindo o objetivo de sensibilizar os futuros profissionais da saúde para a complexidade da experiência do adoecimento.



Registro "Oficina de escrita criativa"



Registro "Oficina de escrita criativa"

A estratégia de engajamento e divulgação do projeto foi multifacetada para garantir o máximo alcance. A divulgação de todos os eventos foi executada por meios digitais, utilizando o perfil do projeto no Instagram (Laboratório de Humanidades Médicas, s.d.), grupos de WhatsApp e e-mails institucionais para alcançar a comunidade acadêmica. Como método de engajamento inicial, o projeto foi apresentado aos novos estudantes do primeiro ano durante a "Semana de Recepção aos Calouros", na palestra sobre oportunidades acadêmicas. Adicionalmente, o projeto utilizou seu perfil no Instagram como uma ferramenta de

extensão contínua, publicando conteúdos que exploravam a intersecção entre arte e medicina. Para isso, foi desenvolvido um método de criação que consistia em uma pesquisa bibliográfica sobre a biografia de artistas e a sua relação com patologias, como nos posts sobre a catarata de Monet e as dores crônicas de Frida Kahlo. As informações pesquisadas eram então sintetizadas e adaptadas para um formato visual de carrossel, com linguagem acessível para engajar o público e aprofundar a reflexão para além dos encontros presenciais.



### Divulgação das ações via e-mail

Laboratório de Humanidades Médicas FMBRU-USP no Instagram: "📖 A primeira ediçã..."

instagram.com

👉 HOJE vai ter **Medicine** com um filmaço indicado ao Oscar, e você não vai perder, né? 🎬

- ◆ "A Substância"
- ◆ HOJE!!
- ◆ 18h30
- ◆ Anfiteatro 1 do BD1

Pra participar não precisa de inscrição prévia, é só chegar, pegar uma pipoquinha grátis e curtir! 😎

<https://www.instagram.com/p/D...>

Ler mais 12:41

## Divulgação das ações via “WhatsApp”



## Post de divulgação de ação via “Instagram”



## Post no Instagram sobre a intersecção entre arte e Medicina



## Atividade realizada durante a semana de recepção dos calouros



## Apresentação do “Laboratório de Humanidades” durante a semana de recepção dos calouros

### Resultados e discussão

Ao longo de seu ciclo de atividades, o projeto Laboratório de Humanidades Médicas implementou com sucesso um calendário consistente de eventos, incluindo sete edições do cineclube "MedCine", três do clube do livro "Anamnese Literária" e uma "Oficina de Escrita Criativa". A adesão aos encontros demonstrou o interesse da comunidade acadêmica, com uma participação que variou entre 16 e 38 estudantes por evento, congregando discentes dos cursos de Medicina, Fonoaudiologia e Odontologia. Essa participação consistente confirma o sucesso do projeto em estabelecer um espaço de acolhimento que atua como um contraponto essencial à cultura de alta performance e ao rigor técnico da formação em saúde. Em um ambiente acadêmico que pode inadvertidamente fomentar o isolamento e a exaustão, o Laboratório se consolidou como um

refúgio, onde a criação de uma atmosfera informal e segura foi fundamental para que os estudantes se sentissem à vontade para se expressar, compartilhar vulnerabilidades e, assim, combater o sentimento de solidão.

A escolha estratégica por obras de temática social universal resultou em debates ricos e multifacetados. No MedCine, discussões sobre racismo estrutural e violência policial emergiram a partir do filme "M8 - Quando a Morte Socorre a Vida", enquanto "Jojo Rabbit" serviu de gatilho para uma reflexão sobre a banalização do mal, em resposta direta a um ato antissemita ocorrido no campus. Os encontros do Anamnese Literária, por sua vez, exploraram desde a ética e a humanização na prática médica com o livro "O Médico", até as vivências da mulher negra com "Olhos D'água". A metodologia participativa foi o alicerce para a construção do senso de inclusão. A transição para um modelo de debate horizontal, utilizando a disposição de cadeiras em círculo e a ferramenta interativa *Mentimeter*, não foi apenas uma mudança de formato, mas uma declaração prática de que todas as vozes e perspectivas tinham igual valor. Essa abordagem foi crucial para que os estudantes se sentissem pertencentes e co-criadores do espaço, em vez de meros espectadores.

Na Oficina de Escrita Criativa, baseada nos preceitos da Medicina Narrativa, o exercício de escrever a partir da perspectiva de um paciente fictício resultou em uma pluralidade de narrativas que exploraram desde a dor física até a angústia emocional, evidenciando a capacidade da atividade em desenvolver a empatia. A discussão aprofundada de obras artísticas revelou-se uma ferramenta poderosa para o resgate dessa sensibilidade. Ao se colocarem no lugar dos personagens e, mais diretamente, na pele do paciente, os participantes exercitaram a alteridade, uma competência fundamental para a prática em saúde, mas que corre o risco de ser atrofiada pela objetividade técnica. O projeto demonstrou que a arte pode reconectar o estudante à dimensão sensível e complexa da experiência humana, algo indispensável para a formação de profissionais que não apenas tratam doenças, mas cuidam de pessoas.

Além dos encontros, o projeto marcou sua presença no campus ao ser apresentado aos novos alunos durante a Semana de Recepção aos Calouros e teve sua relevância acadêmica reconhecida com a apresentação de um pôster no 10º Congresso de Graduação da USP, onde a iniciativa recebeu feedback positivo. Um resultado notável, embora não planejado como objetivo primário, foi a efetiva integração entre estudantes de diferentes

cursos, que encontraram no Laboratório um espaço comum de pertencimento e diálogo. Essa integração orgânica talvez seja uma das mais importantes evidências do sucesso do projeto. Em um campus onde as identidades são muitas vezes segregadas por grades curriculares, o Laboratório criou uma identidade comunitária transversal, unida pelo interesse na cultura e na reflexão. Isso não apenas enriqueceu os debates com múltiplas perspectivas, mas também fortaleceu a teia social do campus, provando que iniciativas focadas no bem-estar e na humanização são vitais para a construção de um ambiente acadêmico mais saudável, inclusivo e, em última análise, mais humano.

### **Conclusões**

O Laboratório de Humanidades Médicas demonstrou ser uma intervenção eficaz e necessária para combater o isolamento e promover a inclusão em um ambiente acadêmico de alta exigência, como o dos cursos da área da saúde. Por meio da utilização estratégica da arte como um território neutro e da adoção de metodologias participativas que desconstruíram as barreiras hierárquicas e disciplinares, o projeto conseguiu criar um espaço seguro onde a diversidade de experiências foi celebrada. Conclui-se que a construção de tais ambientes é

fundamental não apenas para o bem-estar e a saúde mental dos estudantes, mas também como uma ferramenta pedagógica potente. Ao se sentirem genuinamente pertencentes e incluídos na comunidade acadêmica, os participantes puderam desenvolver a empatia e a sensibilidade social, competências que florescem em contextos de acolhimento e respeito mútuo. A iniciativa, portanto, reforça que as humanidades não são um apêndice na formação em saúde, mas um componente central e indispensável para cultivar profissionais mais conscientes, resilientes e, acima de tudo, mais humanos, cuja sensibilidade pode transformar desde a relação médico-paciente até os próprios ambientes de cuidado (Dr Re-Sound, 2018).

### **Financiamento**

O desenvolvimento das atividades do projeto foi viabilizado pelo apoio do Programa Unificado de Bolsas de Estudo para Apoio e Formação de Estudantes de Graduação (PUB-USP). No total, a iniciativa contemplou seis estudantes de graduação com bolsas, que foram distribuídas entre diferentes eixos de atuação para apoiar a natureza multifacetada do projeto. Deste total, três bolsas foram destinadas à vertente de Cultura e Extensão, uma à de Ensino, uma à de Pesquisa e uma bolsa especificamente voltada ao eixo de

Inclusão e Pertencimento, reforçando o compromisso com a temática central da iniciativa.

### Agradecimiento

Agradeço primeiramente aos orientadores, Profa. Dra. Agnes de Fátima Pereira Cruvinel e Prof. Dr. Marcos Antônio Marton Filho, pela orientação indispensável e pelo incentivo constante ao longo de todo o projeto. Estendo minha gratidão aos colegas, bolsistas e voluntários, cuja dedicação e esforço na organização de cada encontro foram essenciais para o sucesso da iniciativa. Sou grata também a toda a comunidade acadêmica que participou ativamente dos encontros. As ricas discussões e a troca de experiências só foram possíveis graças ao engajamento e à presença de cada um. Por fim, agradeço à Universidade de São Paulo e ao Programa Unificado de Bolsas (PUB) pelo fomento a projetos que valorizam as humanidades, reafirmando a importância do apoio institucional para que iniciativas que visam promover a arte, a inclusão e o pertencimento possam florescer e enriquecer o ambiente acadêmico.

### Bibliografia

1. Dr Re-Sound. (2018, 1 de novembro). Music for waiting rooms. Recuperado de <https://medhumlabmanchester.org/2018/11/01/music-for-waiting-room>

- [s/](#)
2. Laboratório de Humanidades Médicas. (s.d.). Laboratório de Humanidades Médicas [Página de Instagram]. Recuperado de <https://www.instagram.com/labhumanidadesfmbru>
  3. Mainetti, J. A., & Pérez, M. (2000). Don't cry for us Argentinians: two decades of teaching medical humanities. *Medical Humanities*, 26(2), 66-70. doi:10.1136/mh.26.2.66
  4. UMass Chan Medical School. (2024). Medical Humanities Lab. Recuperado de [https://libraryguides.umassmed.edu/Humanities\\_lab](https://libraryguides.umassmed.edu/Humanities_lab)

8.-Innovaciones en las ciencias farmacéuticas y biología

## Derivados Fluorados de Furanocarbotioamidas: Síntesis, Análisis Conformacional y Comportamiento Espectroscópico en Diferentes Solventes

Autor: Cardona López, Jessica; [jcardonalopez@herrera.unt.edu.ar](mailto:jcardonalopez@herrera.unt.edu.ar)

Orientadores: Robles, Norma; L.; Bonesi Sergio; M.; [nrobles@herrera.unt.edu.ar](mailto:nrobles@herrera.unt.edu.ar),  
[smbonesi@qo.fcen.uba.ar](mailto:smbonesi@qo.fcen.uba.ar)

Universidad Nacional de Tucumán/ Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, INQUINOA-  
CONICET

### Resumen

Las tioamidas han cobrado relevancia en los últimos años debido a su notable versatilidad química y a su potencial en diversas áreas como la farmacología, la biomedicina y la ciencia de materiales. El intercambio bioisostérico de un átomo de oxígeno por un átomo de azufre no solo modifica de forma sustancial las propiedades fisicoquímicas de la molécula, sino que también puede potenciar su actividad biológica y mejorar la estabilidad de los derivados obtenidos, aspectos clave en el diseño de nuevas entidades bioactivas. Dentro del grupo de las tioamidas, las tioanilidas son compuestos ampliamente estudiados, donde tanto la fluoración del anillo aromático como la incorporación de heterociclos junto al grupo tiocarbonilo (C=S) contribuyen de forma independiente a mejorar la actividad biológica y modificar propiedades conformacionales y espectroscópicas. Los derivados fluorados (FFTA) se obtuvieron mediante la reacción de Willgerodt-Kindler y se caracterizaron por GC/MS, FTIR, UV-visible y RMN. En todos los casos se confirmó que el isómero *anti-anti*, con orientación *anti* del N-H respecto al C=S y del C=S respecto al C-O, es el más estable, en concordancia con lo reportado para *p*-FFTA. El estudio del efecto de la posición y número de átomos de flúor reveló un único conformero en *o*-FFTA y 2,3,4-FFTA, y dos en *m*-FFTA con un intercambio conformacional rápido. Adicionalmente, se estudió el efecto de la polaridad del solvente en las propiedades espectrales mediante el análisis de los desplazamientos en las bandas de absorción, con el fin de evaluar el comportamiento solvatocrómico de estos sistemas.

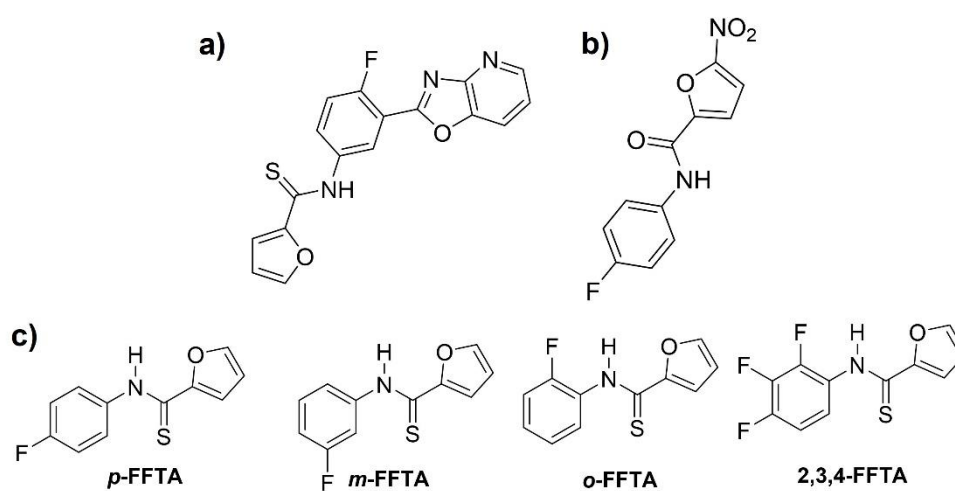
**Palabras clave:** estudio conformacional, caracterización espectroscópica, efecto solvatocrómico

## Introducción

La búsqueda de nuevos compuestos con actividad farmacológica tiene como objetivo obtener aquellos que resulten de síntesis sencillas, que posean características estructurales y mecánicas idóneas para su inclusión en una formulación y que posean una actividad biológica acorde a los efectos esperados. La preparación de homólogos azufrados de amidas, las tioamidas, tiene actualmente un creciente interés debido tanto a su reactividad química como por sus aplicaciones biológicas.<sup>1</sup> La sustitución de una amida por una tioamida modifica la posibilidad de formación de puentes de hidrógeno, el folding peptídico y las propiedades fotofísicas, debido al cambio de la nucleofilicidad del grupo funcional tioamida.<sup>2</sup> Como producto de la sustitución bioisostérica, en muchos casos se evidenció una mejora en las actividades

biológicas de los compuestos resultantes. Recientemente se estudiaron nuevos compuestos derivados de benzoiltiurea sustituidos con uno o más átomos de flúor y un grupo trifluorometilo, y se evaluaron sus aplicaciones antimicrobianas.<sup>3</sup>

Los derivados que poseen un átomo de flúor en el anillo aromático han demostrado el mejor efecto antibacteriano, mientras que aquellos con tres átomos de flúor exhibieron la mayor actividad antifúngica. Las tioamidas se encuentran en productos naturales con propiedades antibióticas y anticáncer, pero también están presentes en formulaciones con reconocidos efectos terapéuticos. En particular, aquellas que cuentan con anillos bencénicos y furanoides, comparten similitud estructural con los compuestos objeto de estudio en el presente trabajo, los derivados fluorados mono y trisustituidos de furanocarbotioamidas (ver Fig. 1).



**Fig. 1.** a) N-(4-fluoro-3-(oxazolo[4,5-b]pyridin-2-yl)phenyl)furan-2-carboxamide; b) Nitrofuranyl amides presentan actividad antiparasitaria y antimicrobiana, respectivamente; c) isómeros fluorados mono y trisustituido de furanocarbotioamida.

El reemplazo isostérico de un grupo carbonilo por un grupo tiocarbonilo para la obtención de un derivado tioamida no es trivial. Se han reportado numerosas estrategias con este fin, mayormente con bajos rendimientos y en condiciones de reacción ambientalmente desfavorables ya que involucran altos volúmenes de solventes y prolongados tiempos de reacción.<sup>4</sup>

Sin embargo, recientemente se ha reportado la síntesis del isómero N-(4-fluorofenil)furan-2-carbotioamida, *p*-FFTA), a partir de la reacción de Willgerodt-Kindler empleando azufre elemental como reactivo de tioración y agua como disolvente, lo que resulta ser una estrategia sintética más sostenible, ecológica y rentable.<sup>5</sup>

Por otro lado, la fotólisis mediada por luz solar, directa o indirecta, constituye la principal ruta abiótica de eliminación de fármacos y de sus metabolitos en aguas superficiales.<sup>6-8</sup> Los productos de fotodegradación podrían resultar más o menos tóxicos que los fármacos originales. Es evidente entonces que todo sustrato con potencial actividad farmacológica debe ser estudiado considerando además a sus posibles reacciones fotoquímicas. El estudio de los espectros de absorción de derivados tioamida y el análisis de corrimientos solvatocrómicos en medios de diferente polaridad, constituye una primera aproximación a la comprensión de los

fenómenos que ocurren por la interacción de radiación con la materia.

Se presenta en este trabajo la síntesis y caracterización estructural, conformacional y espectroscópica de derivados monofluorados de furanocarbotioamidas, y la de un derivado fluorado trisustituido, complementados con el estudio de dichas propiedades a través de cálculos químico-cuánticos. Los resultados obtenidos permitirán establecer las estructuras más estables en cada caso, y por tanto más probables de encontrar en los espectros experimentales. Además, el análisis de las señales observadas en los espectros de absorción UV-visible de los compuestos en solución, y sus corrimientos solvatocrómicos en medios de diferente polaridad, permitirán inferir qué transiciones electrónicas involucradas se ven afectadas en mayor o menor grado con un cambio en la polaridad del medio.

## Objetivos

- Sintetizar y purificar derivados fluorados de furanocarbotioamidas a través de la reacción de Willgerodt-Kindler.
- A través de cálculos químico-cuánticos, determinar las propiedades estructurales y conformacionales de los isómeros posicionales obtenidos, estableciendo la geometría de las especies más estables.
- Caracterizar los compuestos a través de técnicas espectroscópicas (FTIR, UV-visible y RMN mono y bidimensional) y

espectrométricas (GC/MS).

- Analizar la influencia de la polaridad del medio en el comportamiento solvatocrómico de los isómeros monofluorados en solución con solventes de diferente polaridad.

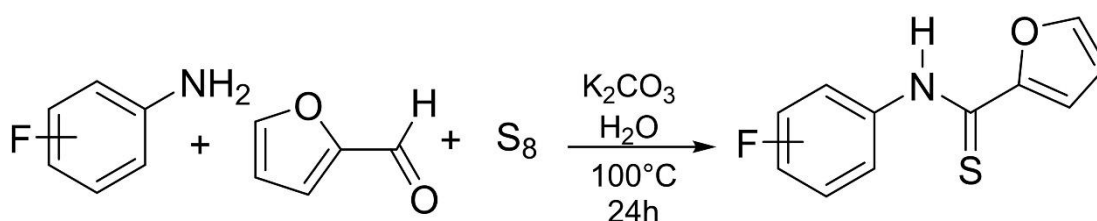
## Materiales y métodos

### Síntesis de derivados fluorados de furanocarbotioamidas

Se sintetizaron derivados fluorados de N-(fenil)furan-2-carbotioamida (FFTA) mediante modificaciones a la metodología reportada por Zhou *et al.* para la síntesis de tioamidas en medio acuoso y en un solo recipiente<sup>9</sup> (ver Fig. 2). La reacción se llevó a cabo en un matraz de fondo redondo de dos bocas, equipado con un condensador de reflujo, empleando la correspondiente anilina fluorada (3 mmol, 335 mg), furfural (6 mmol, 575 mg) y agua destilada (2,5 mL).

La mezcla se mantuvo a reflujo durante 30 minutos a 100 °C. Posteriormente, se adicionó azufre en exceso (9 mmol, 2,3 g) en tres fracciones cada 30 minutos, con el fin de obtener una solución homogénea en fase acuosa, junto con K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (2 mmol, 830 mg) previamente disuelto en 2,5 mL de agua. La reacción se dejó en reflujo durante 24 h a 100 °C, con seguimiento por TLC.

Al finalizar la reacción, la mezcla se enfrió a temperatura ambiente y se extrajo con acetato de etilo (3x20 mL). La fase orgánica se secó con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y se filtró al vacío para eliminar los subproductos de azufre. El crudo de reacción se purificó mediante columna convencional de gel de sílice, aislándose los productos deseados con una mezcla de solventes éter de petróleo/acetato de etilo (12:1), con un rendimiento aproximado del 30 %.



**Fig. 2.** Esquema general de reacción para la obtención de isómeros posicionales de furanocarbotioamidas fluoradas

### Registro de espectros experimentales

Los disolventes y los reactivos orgánicos e inorgánicos se adquirieron comercialmente y se utilizaron sin purificación adicional. Las

mediciones espectroscópicas se realizaron con disolventes de grado espectroscópico. El análisis por GC/MS se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a

espectrometría de masas (Red Agilent 6850/5973) con una columna capilar ZB-5MS (5 % de polisilarileno - 95 % de polidimetilsiloxano, 30 m x 0,25 mm de diámetro interno x 0,25  $\mu\text{m}$  de espesor de película). Para este estudio se empleó inyección splitless.

El registro de espectros de infrarrojo se realizó utilizando un espectrofotómetro FTIR Perkin Elmer GX1 con una resolución espectral de 4  $\text{cm}^{-1}$  en la región de 3500 a 400  $\text{cm}^{-1}$  equipado con un detector de sulfato de triglicina deuterado (DTGS) purgado constantemente con aire seco. En el caso *p*-FFTA, se utilizó una prensa hidráulica para preparar una pastilla formada por una mezcla de la muestra y KBr; para los isómeros *m*- y *o*-, las muestras líquidas se mantuvieron entre ventanas de KBr. Las correcciones de línea de base y deconvoluciones de los espectros resultantes se realizaron mediante los softwares OMNIC y GRAMS, respectivamente.

Los espectros de resonancia magnética nuclear (RMN) de  $^1\text{H}$  (400,13 MHz),  $^{13}\text{C}$  (100,61 MHz) y  $^{19}\text{F}$  (376,50 MHz), así como los espectros de RMN bidimensionales (Espectroscopía Correlacionada [COSY], Correlación Cuántica Única Heteronuclear [HSQC] y Correlación de Enlace Múltiple Heteronuclear [HMBC]) se registraron en un espectrómetro Bruker AC. Los isómeros de FFTA se disolvieron en  $\text{CDCl}_3$  y se utilizó tetrametilsilano (TMS) como patrón

interno. Los desplazamientos químicos se registraron en valores  $\delta$  (ppm) con respecto al TMS para los espectros de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ , y las constantes de acoplamiento (J) se expresaron en Hz.

Los espectros UV-visible se registraron a temperatura ambiente con un espectrofotómetro UV-visible Beckman DU 7500 con arreglo de diodos, utilizando cubetas de cuarzo de 1 cm de paso óptico.

#### Cálculos computacionales

Todos los cálculos se realizaron utilizando el paquete de programa Gaussian09<sup>10</sup>. Los métodos empleados se basan en la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) con corrección de gradiente con el funcional de intercambio híbrido de tres parámetros de Becke B3 (local, no local y Hartree-Fock)<sup>11</sup> y la función de correlación de Lee Yang Parr (B3LYP)<sup>12</sup>. Se eligió el conjunto de base de valencia dividida 6 311++G(d,p) ampliado mediante la inclusión de funciones de polarización *d* en átomos pesados (C, O, S) y funciones de polarización *p* en átomos de hidrógeno para lograr una mejor descripción de los enlaces polares, mejorando la representación de los electrones de la capa externa y las interacciones débiles<sup>13</sup>. Esta aproximación se aplicó para determinar las energías de los mínimos estables en las superficies de energía potencial (SPE) y predecir los desplazamientos químicos de  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  y  $^{19}\text{F}$  con cloroformo como disolvente, mediante el IEFPCM<sup>14a</sup>, a

través del método de Orbitales Atómicos Incluidos por Gauge (GIAO)<sup>14b</sup>.

## Resultados y discusión

### Análisis conformacional

El estudio de la superficie de energía potencial de los derivados fluorados de FFTA permite determinar diferentes isómeros posicionales originados por la rotación alrededor de ángulos diedros relevantes ( $\tau_1$ ,  $\tau_2$  y  $\tau_3$ ; ver Fig. 3), cuya estabilidad relativa depende de la ubicación y el número de sustituyentes.

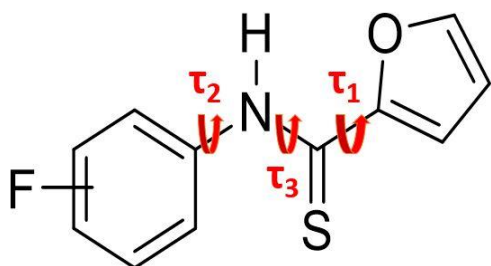


Fig. 3. Estructura general de los derivados fluorados de furanocarbotoamidas y ángulos diedros relevantes.

En particular, la rotación del diedro  $\tau_3$  en el grupo tioamida -en torno a los enlaces H7-N y C6-S- y la rotación del diedro  $\tau_1$  - en torno a los enlaces S-C6 y C2-C5- determinan la disposición *anti* o *syn* de cada uno de los enlaces. Recientemente se informó que para el compuesto *p*-FFTA, el isómero *anti-anti* es el isómero más estable<sup>5</sup>, en concordancia con resultados preliminares de una serie de tioacetanilidas

*para* sustituidas y en diferentes furanocarbotoamidas<sup>3,15-18</sup>.

En el caso de los derivados *m*-FFTA, *o*-FFTA y 2,3,4-FFTA, el análisis de la superficie de energía potencial de  $\tau_1$  y  $\tau_3$  reveló un mínimo global *anti-anti*, con barreras de rotación altas de  $\sim 5$  kcal.mol<sup>-1</sup> y 16 kcal.mol<sup>-1</sup>, respectivamente. Por otro lado, la rotación del diedro  $\tau_2$  podría generar diferentes isómeros estables adicionales debido a la posición de los átomos de flúor en el anillo bencénico. Para denotar los diferentes isómeros posicionales del flúor emplearemos el término “*near*” o “*far*” con respecto al átomo de azufre.

En el caso del isómero *-m*, se predijeron dos estructuras de energía muy cercana con una barrera rotacional baja ( $\sim 1,89$  kcal.mol<sup>-1</sup>). El isómero *anti-anti F near S* se predijo más estable por una diferencia de energía de 0,25 kcal.mol<sup>-1</sup> respecto del isómero *anti-anti F far*. Por otro lado, tanto para el isómero *o*- como para el 2,3,4- se encontró que la forma *anti-anti F far* sería la única conformación estable existente, como consecuencia del efecto estérico entre el grupo tiocarbonilo y el átomo de flúor en posición *orto*. En la Tabla 1 se presentan las diferencias de energía relativas obtenidas mediante optimizaciones libres utilizando la aproximación B3LYP/6-311++G(d,p).

**Tabla 1.** Energías relativas calculadas mediante la aproximación B3LYP/6-311++G(d,p) para las estructuras optimizadas de los diferentes isómeros posicionales en estudio.

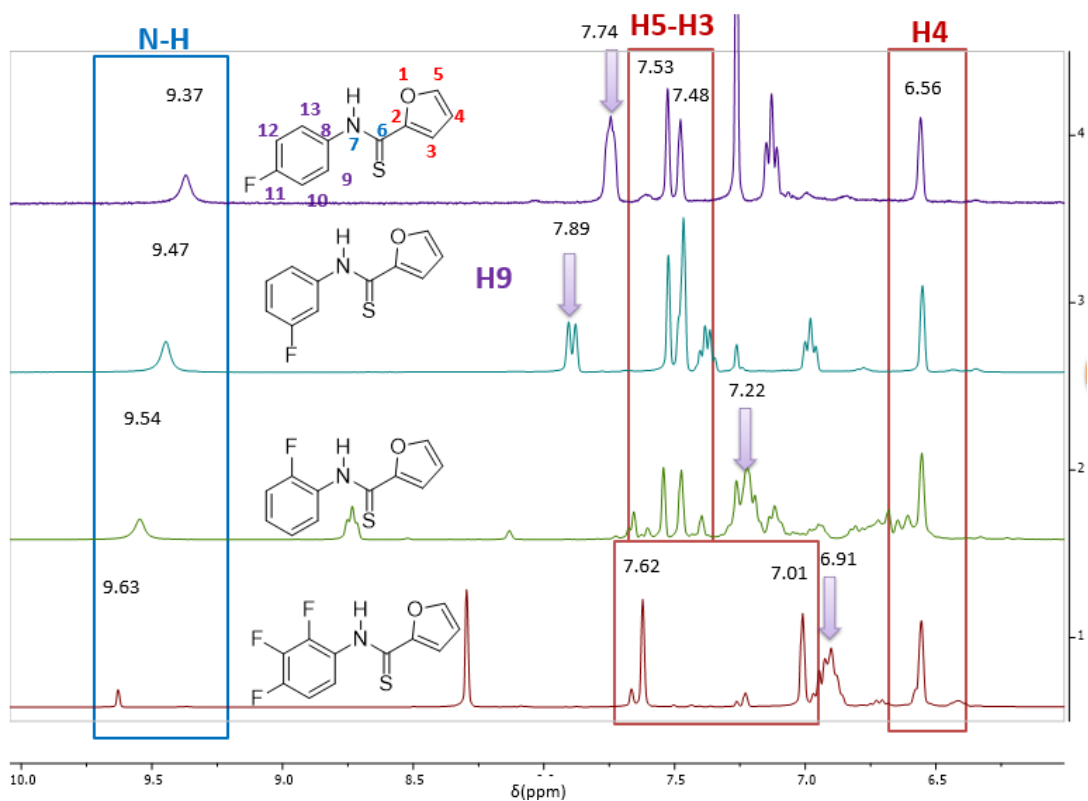
Conformero	<i>m</i> -FFTA		<i>o</i> -FFTA		2,3,4-FFTA	
	E (kcal/mol)	$\Delta E$ (kcal/mol)	E (kcal/mol)	$\Delta E$ (kcal/mol)	E (kcal/mol)	$\Delta E$ (kcal/mol)
<i>anti-anti F far S</i>	-660241,13	0.25	-660241,13	0	-784812,47	0
<i>anti-anti F near S</i>	-660241,37	0				

### Análisis espectroscópico

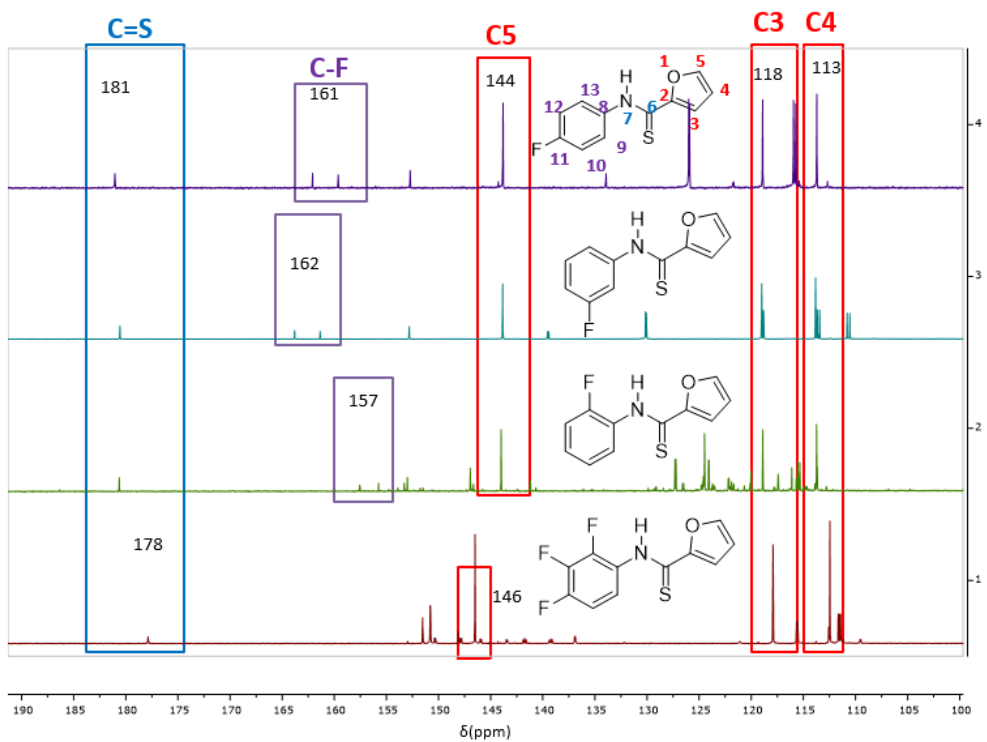
#### Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear

Los espectros de RMN de  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  y  $^{19}\text{F}$  de los derivados fluorados de FFTA se registraron a temperatura ambiente en  $\text{CDCl}_3$ . Para asistir a la asignación de las señales se registraron espectros de RMN bidimensionales (COSY, HSQC y HMBC). Además, los desplazamientos químicos de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  se calcularon teóricamente empleando el método GIAO<sup>15,19-21</sup>. Los patrones observados en los espectros de todos los derivados son consistentes con lo reportado en la literatura para compuestos similares y con el derivado *para* sustituido estudiado recientemente<sup>5</sup>. A modo de ilustración, en este trabajo se presentan los espectros parciales apilados de RMN  $^1\text{H}$  y RMN  $^{13}\text{C}$  de los compuestos en estudio con el fin de destacar las señales diagnósticas que permitieron confirmar la obtención de los derivados sintetizados (ver Fig. 4 y 5). En la Figura 4 se observa para todos los casos una única señal característica del protón de grupo N–H centrada en unos 9,5 ppm, cuyo desplazamiento está

influenciado por la cantidad y posición de los átomos de flúor sustituyentes. Como señales diagnósticas del anillo de furano, se identificaron las señales típicas reportadas en la literatura para H3, H4 y H5. En los derivados monosustituídos, los desplazamientos químicos de los protones H3 y H4 se mantuvieron prácticamente invariables. Sin embargo, en el compuesto trifluorado un efecto de resonancia produciría un apantallamiento, que consecuentemente ocasionaría el desplazamiento del protón H3 hacia campos altos. En el anillo bencénico, las señales varían entre los diferentes derivados, ya que la posición del sustituyente flúor influye tanto en las constantes de acoplamiento como en los desplazamientos químicos. Este comportamiento se observa en varios protones del anillo, siendo el protón H9 un ejemplo representativo: su entorno electrónico depende directamente de la ubicación del sustituyente fluorado, lo que ocasiona una protección o desprotección relativa de la señal<sup>22</sup>.



**Fig. 4.** Espectros parciales apilados de  $^1\text{H}$  NMR de furanocarbotioamidas fluoradas con señales diagnósticas



**Fig. 5.** Espectros parciales apilados de  $^{13}\text{C}$  NMR de furanocarbotioamidas fluoradas con señales diagnósticas

El espectro protónico proporciona información relevante para contrastar con el estudio teórico de este trabajo, ya que la presencia de una única señal de N–H confirma la existencia de un único conformero en todos los derivados. Según el análisis conformacional presentado anteriormente, este resultado era el esperado para los derivados *o*- y -2,3,4; sin embargo, en el caso del isómero *m*- se preveía un equilibrio entre los conformeros *anti-anti F near S* y *anti-anti F far S*, debido a su baja barrera rotacional. La presencia de una única señal sugiere que la rotación en torno al diedro  $\tau_2$  ocurre a una velocidad alta en la escala de tiempo de registro del espectro RMN, impidiendo la resolución individual de los conformeros *F near* y *far S*. Como consecuencia, el espectro refleja un valor de desplazamiento químico promedio que representa ambos conformeros, en equilibrio dinámico.

En los espectros de RMN  $^{13}\text{C}$ , el grupo tiocarbonilo muestra desplazamientos prácticamente idénticos en los derivados monofluorados<sup>5,23</sup>. En el trifluorado, la señal atribuida al grupo tiocarbonilo se encuentra ligeramente desplazada hacia menor  $\delta$  (campo alto) en comparación con la correspondiente para los compuestos monofluorados, lo cual se atribuye a que el efecto de resonancia (positiva,  $M+$ ) de los tres átomos de flúor compensa parcialmente el efecto inductivo electrón-atrayente ( $I-$ )<sup>21</sup>. Otra serie de señales

diagnósticas corresponde a los átomos de carbono unidos directamente al sustituyente flúor<sup>24,25</sup>, los que se asignaron teniendo en cuenta la constante de acoplamiento, del orden de 250 Hz. Finalmente, los carbonos del anillo furano se observan como singletes, siendo una señal característica la correspondiente a  $\text{C}_5$ , centrada alrededor de 145 ppm.

#### Espectrometría de masas

Los derivados *o*- y 2,3,4- se sometieron a análisis por GC/MS, y los cromatogramas mostraron picos con tiempos de retención de 36,09 y 35,57 min, respectivamente. Los espectros de masa se registraron en condiciones de ionización electrónica (EI), con los fragmentos de relación masa/carga 221  $m/z$  y 257  $m/z$  esperados para los iones moleculares en cada caso. Por otro lado, el derivado *m*- se analizó mediante inyección directa por espectrometría de masas con ionización por electrospray (ESI), observándose el ion molecular esperado con una relación masa/carga 221. En todos los casos, los resultados confirmaron la masa y composición molecular de los compuestos.

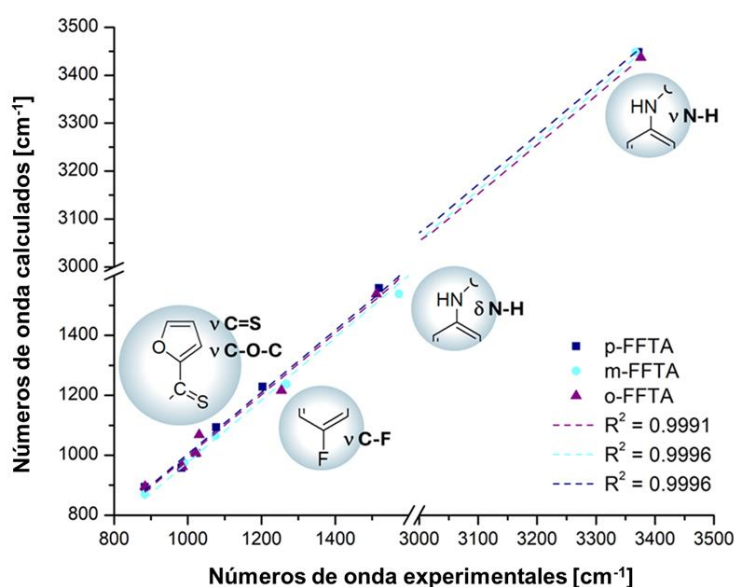
Para la asignación del patrón de fragmentación se tuvo en cuenta en cada caso el comportamiento observado en compuestos similares<sup>15,26-29</sup> y el informado recientemente para el isómero *p*-FFTA<sup>5</sup>. Los principales fragmentos corresponden a las fragmentaciones características en la familia de furanocarbotiamidas fluoradas.

El equilibrio tautomérico tiol/tiono se invoca para explicar la formación de los iones con relación 188  $m/z$  en los derivados monosustituídos y 223  $m/z$  en el compuesto trisustituído, atribuida a la pérdida del radical tiilo ( $\cdot\text{SH}$ ). La presencia del anillo furano se evidencia por el ion de relación 111  $m/z$  en todos los espectros. En los derivados monosustituídos, el anillo fluorado se observa como un fragmento de relación 128  $m/z$  en los espectros por EI y 127  $m/z$  por ESI. Por su parte, el derivado trisustituído presenta una fragmentación diferente, involucrando un reordenamiento de hidrógeno que da lugar a la formación de un ion de relación 149  $m/z$ .

En conjunto, estos resultados respaldan la estructura propuesta para todos los derivados sintetizados y confirman su identidad molecular y el patrón característico de fragmentación de la familia.

### Espectroscopía de Infrarrojo

Los espectros de infrarrojo de muestras de isómeros posicionales de FFTA monosustituídos se midieron en pastillas de KBr ( $p$ -FFTA) y como películas líquidas ( $p$ -,  $m$ - y  $o$ -FFTA) entre ventanas de KBr. Inicialmente, los espectros de infrarrojo experimentales se compararon con los correspondientes calculados en fase gaseosa con la aproximación B3LYP/6-311++G(dp). La Figura 6 muestra una correlación lineal de los números de onda experimentales y calculados para varios modos vibracionales, elegidos como los más relevantes para evidenciar, si fuera posible, la influencia de la posición del sustituyente de flúor en el anillo de benceno. La asignación de estas frecuencias vibracionales se realizó considerando los resultados encontrados para  $p$ -FFTA<sup>5</sup>, los informados para varias 2-furanocarbotioamidas<sup>15</sup> y los datos reportados en la literatura<sup>30,31</sup>.

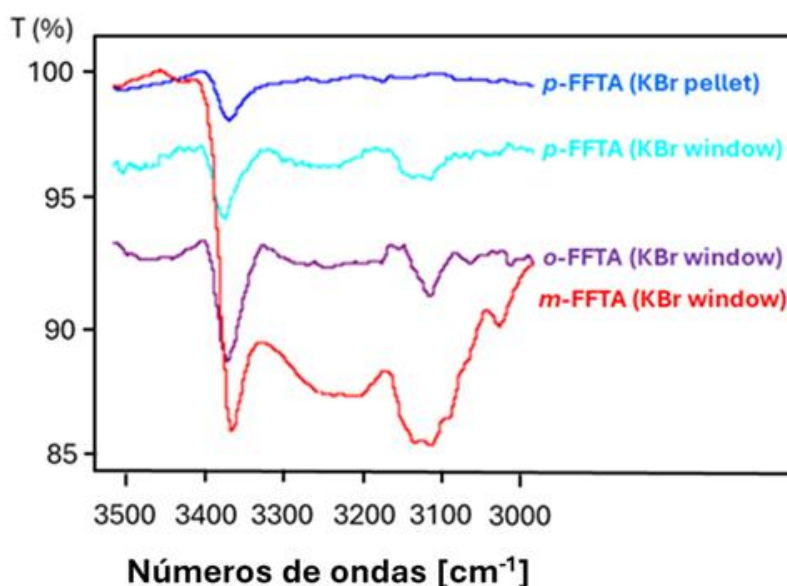


**Fig. 6.** Correlación lineal de los números de onda experimentales y calculados (B3LYP/6 311++G(d,p)) de modos vibracionales relevantes de los isómeros posicionales de FFTA:  $\nu\text{N-H}$ : estiramiento N-H;  $\delta\text{N H}$ : deformación en el plano N H;  $\nu\text{C-F}$ : estiramiento C-F;  $\nu\text{C=S}$ : estiramiento C=S;  $\nu\text{C-O-C}$ : modos de estiramiento antisimétrico y simétrico C-O-C. Los números de onda calculados se escalaron con un factor de 0,9679.

Los espectros infrarrojos de las muestras puras muestran una señal centrada en 3372, 3367 y 3376  $\text{cm}^{-1}$  para los isómeros *p*-, *m*- y *o*-, respectivamente, que se atribuyó al modo de estiramiento N-H (ver Figura 6). Sin embargo, los espectros de infrarrojo de los compuestos líquidos mostraron señales anchas débiles que acompañaban a la banda atribuida al mencionado modo vibracional (ver Figura 7). Siendo tan elevada la diferencia de energía calculada entre los conformeros más estables *anti-anti* y *syn-anti* en la fase gaseosa se descarta la presencia de una segunda forma en equilibrio. Por lo tanto, la aparición de estas señales en el rango de 3200-3100  $\text{cm}^{-1}$  en los espectros de infrarrojo de muestras líquidas evidenciaría la presencia de enlaces N-H más débiles,

característicos de moléculas donde existen enlaces de hidrógeno intra/intermoleculares<sup>32,33</sup>.

Para simular la influencia de la fase líquida en la geometría molecular y en los espectros vibracionales, empleamos el modelo de solvatación SMD con una definición genérica de disolvente<sup>32</sup>. Se seleccionaron parámetros dieléctricos específicos, es decir, la constante dieléctrica estática ( $\epsilon$ ) y la constante dieléctrica óptica ( $\epsilon^\infty$ ), para aproximar el comportamiento electrostático del medio. Estos valores se eligieron en datos de la literatura para solventes de polaridad e índice de refracción similares, con el objetivo de reproducir las condiciones bajo las cuales se registraron los espectros de infrarrojo experimentales.



**Fig. 7.** Espectros infrarrojos experimentales de isómeros posicionales de FFTA en la región de estiramiento N-H. Las muestras se analizaron como películas líquidas entre ventanas de KBr (FFTA *p*, *m* y *o*, respectivamente) y como una mezcla diluida de *p* FFTA y KBr en una pastilla.

Inesperadamente, los números de onda de estiramiento N-H calculados para los compuestos en un medio de diferente polaridad permanecieron sin cambios con respecto a las cifras en la fase gaseosa o inclusive aumentaron ligeramente sus valores (ver Tabla 2). Sin embargo, en todos los casos se observó un aumento en la intensidad de la banda de absorción de las señales y una disminución de la distancia N-H...O, lo que indica que un cambio en la polaridad del medio no pasaría desapercibido en términos de parámetros estructurales.

En cuanto a la vibración de estiramiento del grupo tiocarbonilo, este modo fundamental frecuentemente se informa como acoplado a otros modos vibracionales. Así, algunos investigadores lo han atribuido a una única banda de intensidad media en el rango 1220-1060  $\text{cm}^{-1}$  <sup>31,33</sup>, mientras que otros han propuesto señales medias en la región de 810 a 700  $\text{cm}^{-1}$  <sup>33-35</sup>. En derivados de tioacetanilida, el modo de estiramiento del grupo tiocarbonilo también se observó en las mismas regiones <sup>36,37,3</sup>.

En el presente estudio, los espectros FTIR de los isómeros posicionales de FFTA

**Tabla 2.** Parámetros vibracionales, estructurales y electrónicos experimentales y calculados asociados con el estiramiento N-H y la formación de enlaces de hidrógeno de isómeros posicionales FFTA.

Isómero		Condición de la muestra	Estiramiento N-H [ $\text{cm}^{-1}$ ]	Intensidad en el espectro infrarrojo	Distancia N-H...O [Å]	$E_{\text{delocalización}}$ [ $\text{kcal.mol}^{-1}$ ]
<i>p</i> -FFTA	<i>Exp.</i>	Sólido	3372	w	-	-
		Líquido	3372/3137	w/m	-	-
	<i>Calc.</i>	Vacío	3448	15%	2.081	1.92
		Solvente genérico	3448	38%	2.074	2.28
<i>m</i> -FFTA	<i>Exp.</i>	Sólido	-	-	-	-
		Líquido	3367/3126	w/m	-	-
	<i>Calc.</i>	Vacío	3448	15%	2.080	1.91
		Solvente genérico	3457	22%	2.074	2.21
<i>o</i> -FFTA	<i>Exp.</i>	Sólido	-	-	-	-
		Líquido	3376/3143	w	-	-
	<i>Calc.</i>	Vacío	3437	22%	2.091	1.84
		Solvente genérico	3442	42%	2.075	2.36

mostraron dos señales en los rangos de frecuencia correspondientes, las que se asignaron al modo de estiramiento del grupo tiocarbonilo acoplado a modos de estiramiento y deformación del anillo furano<sup>38</sup>. Así, las señales centradas en 1023/983  $\text{cm}^{-1}$ , 1023/991  $\text{cm}^{-1}$  y 1022/98  $\text{cm}^{-1}$  para los isómeros *p*-, *m*- y *o*-FFTA, respectivamente, se atribuyeron a este modo vibracional fundamental (ver Fig. 6). Por otro lado, se asignaron los modos de estiramiento C-O-C antisimétricos y simétricos a las señales centradas en 1077 y 883  $\text{cm}^{-1}$ , 1076 y 883  $\text{cm}^{-1}$  y 1031 y 884  $\text{cm}^{-1}$ , a los isómeros *p*-, *m*- y *o*-FFTA, respectivamente, de acuerdo con la literatura<sup>15,31</sup> y teniendo en cuenta las frecuencias calculadas. Finalmente, en concordancia con lo informado para una serie de derivados de tioamida<sup>37,39,40</sup>, el modo de estiramiento C-F se asignó a señales de intensidad media en el rango de 1200-1300  $\text{cm}^{-1}$  (ver Fig. 6) para los isómeros posicionales en estudio. Debido a la influencia mixta de los efectos mesoméricos positivos y negativos en los diferentes isómeros posicionales, no se propone ningún razonamiento adicional en este caso sobre la ubicación del sustituyente de flúor en el anillo de benceno.

### Espectroscopía UV-visible

Con el fin de evaluar cómo la posición del átomo de flúor en el anillo bencénico influye en el comportamiento espectral<sup>41</sup>, y de

analizar el efecto solvatocrómico en solventes de distinta polaridad, se registraron los espectros de absorción UV-Vis de los derivados fluorados monosustituídos de FFTA en *n*-heptano, etanol y acetonitrilo en concentraciones del orden de los 5.  $10^{-5}$  M. La banda principal se asigna a transiciones electrónicas de tipo  $\pi \rightarrow \pi^*$ , las cuales mostraron un comportamiento dependiente del isómero posicional (Tabla 3). Al aumentar la polaridad del medio – en el orden *n*-heptano, etanol y acetonitrilo-, el derivado *meta* presentó un corrimiento batocrómico (304  $\rightarrow$  307 nm), mientras que el derivado *orto* exhibió un corrimiento hipsocrómico marcado (314  $\rightarrow$  296nm). Con el fin de comparar el comportamiento dentro de la familia completa de derivados monosustituídos, se consideró además al isómero *para*, recientemente informado, en el cual se observó un corrimiento hipsocrómico leve (304  $\rightarrow$  303 nm). Las diferencias observadas entre los tres derivados se analizan en función de la conjugación y la polaridad relativa del estado excitado vs el estado fundamental. Las diferencias en el comportamiento espectral son claramente atribuibles a la incidencia de la posición del flúor en los isómeros posicionales<sup>42</sup>, influenciando en cómo se modifica, en cada caso, la comunicación electrónica con el cromóforo de la molécula. En el isómero *para*, de geometría planar, la conjugación en el

**Tabla 3.** Datos de absorción UV-visible de la banda principal medidos en diferentes solventes a temperatura ambiente.

Solvente	<i>p</i> -FFTA			<i>m</i> -FFTA			<i>m</i> -FFTA		
	$\lambda_{\text{abs}}^{\text{M}}$ /nm	log( $\epsilon$ )	Trans. electrónica	$\lambda_{\text{abs}}^{\text{M}}$ / nm	log( $\epsilon$ )	Trans. electrónica	$\lambda_{\text{abs}}^{\text{M}}$ / nm	log( $\epsilon$ )	Trans. electrónica
n-Heptano	304	4.18	$\pi \rightarrow \pi^*$	304	4.01	$\pi \rightarrow \pi^*$	314	3.54	$\pi \rightarrow \pi^*$
Etanol	303	3.86	$\pi \rightarrow \pi^*$	307	3.90	$\pi \rightarrow \pi^*$	300	3.84	$\pi \rightarrow \pi^*$
Acetonitrilo	303	3.82	$\pi \rightarrow \pi^*$	307	4.27	$\pi \rightarrow \pi^*$	296	3.76	$\pi \rightarrow \pi^*$

sistema  $\pi$  está alineada y extendida, de modo que el estado fundamental resulta más polar, lo que se refleja en un corrimiento hipsocrómico leve al aumentar la polaridad del medio<sup>43</sup>. En el isómero *orto*, se observa un comportamiento similar, pero con una diferencia clave. Si bien la planaridad característica de la familia de moléculas en estudio se conserva, el efecto inductivo del flúor en esta posición perturba la conjugación y reduce la deslocalización electrónica, lo que conduce a un estado fundamental más estabilizado y a un incremento del  $\Delta\lambda$  observado. Finalmente, en el isómero *meta*, el flúor no transmite eficazmente la resonancia y esto da lugar a que el estado excitado presente un carácter de transferencia de carga intramolecular (ICT)<sup>44</sup>, que incrementa la polaridad del estado excitado y favorece su estabilización por solventes polares, generando el corrimiento batocrómico observado.

Estos resultados demuestran que la posición del flúor regula tanto la conjugación como la polaridad del estado

excitado, determinando la dirección y magnitud de los corrimientos solvatocrómicos.

### Conclusiones

Los isómeros posicionales fluororados de furanocarbotiimida son análogos estructurales de compuestos que actúan como principios activos con reconocido efecto terapéutico, por lo que su estudio es de relevancia en el campo de la química medicinal, como potenciales candidatos al diseño de fármacos. La síntesis de los derivados fluorados, a través de la reacción de Willgerodt-Kindler constituye una estrategia alternativa de menor impacto ambiental”, ya que utiliza azufre elemental como agente tionante y la reacción prescinde de un solvente orgánico, realizándose en solución acuosa. Si bien los compuestos se obtuvieron con bajos rendimientos, las fracciones resultantes de la purificación presentan una composición definida, con un único isómero posicional presente, conforme a los resultados obtenidos por espectroscopía de RMN y

espectrometría de masas. En cada caso, el isómero posicional más estable predicho a través de los cálculos químico-cuánticos realizados, posee geometría *anti-anti*. Desde el punto de vista de la potencial inclusión de cualquiera de los isómeros obtenidos como parte de una formulación con actividad terapéutica, la presencia de un único isómero simplifica su uso como principio activo.

Los espectros de infrarrojo de las sustancias en fase líquida evidenciaron la presencia de interacciones de tipo puente H, involucrando al grupo N-H. Consecuentemente, es de prever que la solución de los distintos isómeros en solventes de diferente polaridad evidencie corrimientos en las bandas, por la posibilidad de establecer en mayor o menor grado, interacciones intermoleculares con solventes.

Con el propósito de analizar el comportamiento solvatocrómico de las sustancias en solución, se registraron espectros UV-visible en solventes de diferente polaridad. Se analizó la correlación de los corrimientos observados y se evidenció que la magnitud y dirección de estos dependen de la polaridad del solvente y de la posición del átomo de flúor en el anillo bencénico, reflejando su efecto en la conjugación y en la estabilidad relativa del estado excitado. A través de simulaciones computacionales que contemplen el modelado del solvente, se

intentará establecer un modelo matemático que responda al comportamiento experimental observado.

## Financiamiento

Los autores agradecen a: CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, PIP 11220200101215CO 2021-2023), Agencia I+D+i (Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, PICT 2020-2988) y UNT (Universidad Nacional de Tucumán, PIUNT E739).

## Referencias bibliográficas

- <sup>1</sup> Murai, T. (Ed.). (2019). *Chemistry of Thioamides* (Vol. 1). Singapore: Springer.
- <sup>2</sup> Khatri, B., Bhat, P., & Chatterjee, J. (2020). Convenient synthesis of thioamidated peptides and proteins. *Journal of Peptide Science*, 26(4-5), e3248.
- <sup>3</sup> Galabov, B., Ilieva, S., Hadjieva, B., & Dinchova, E. (2003). On the origin of higher rotational barriers in thioamides than in amides. Remote substituent effects on the conformational stability of the thioamide group in thioacetanilides. *The Journal of Physical Chemistry A*, 107(30), 5854-5861.
- <sup>4</sup> Brillon, D. (1992). Recent developments in the area of thionation methods and related synthetic applications. *Sulfur reports*, 12(2), 297-332.
- <sup>5</sup> Lopez, J. C., Lezama, J. O. G., Bonesi, S. M., & Robles, N. L. (2025). Synthesis and

- spectroscopic characterization of 2-furancarbothioamide: N-(4-fluorophenyl) furan-2-carbothioamide. *Journal of Molecular Structure*, 1322, 140510.
- <sup>6</sup> Zhao, Q., Feng, L., Cheng, X., Chen, C., & Zhang, L. (2013). Photodegradation of amoxicillin in aqueous solution under simulated irradiation: influencing factors and mechanisms. *Water science and technology*, 67(7), 1605-1611.
- <sup>7</sup> Czerwonka, D., Sobczak, S., Pędziński, T., Maj, E., Wietrzyk, J., Celewicz, L., & Biasutti, M. A. (2020). Mechanistic analysis on the photochemistry of the anti-inflammatory drug etoricoxib in aqueous solution. Cytotoxicity of photoproducts. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 390, 112331.
- Organic Chemistry*, 86(16), 11029-11039.
- <sup>8</sup> Cacciari, R. D., Menis, F., Biondi, M. A., Reynoso, E., Sabini, C., Montejano, H. A., & Biasutti, M. A. (2020). Mechanistic thioamidated peptides and proteins. *Journal of Peptide Science*, 26(4-5), e3248.
- <sup>9</sup> H. Xu, H. Deng, Z. Li, H. Xiang, X. Zhou, Synthesis of thioamides by catalyst-free three-component reactions in water, *European J. Org. Chem.* (2013) 7054–7057
- <sup>10</sup> Gaussian 09, Revision A.02, M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, X. Li, M. Caricato, A. Marenich, J. Bloino, B. G. Janesko, R. Gomperts, B. Mennucci, H. P. Hratchian, J. V. Ortiz, A. F. Izmaylov, J. L. Sonnenberg, D. Williams-Young, F. Ding, F. Lipparini, F. Egidi, J. Goings, B. Peng, A. Petrone, T. Henderson, D. Ranasinghe, V. G. Zakrzewski, J. Gao, N. Rega, G. Zheng, W. Liang, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, K. Throssell, J. A. Montgomery, Jr., J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J. J. Heyd, E. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, T. Keith, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, J. M. Millam, M. Klene, C. Adamo, R. Cammi, J. W. Ochterski, R. L. Martin, K. Morokuma, O. Farkas, J. B. Foresman, and D. J. Fox, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2016.
- <sup>11</sup> Becke, A. D. (1993). Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange. *The Journal of chemical physics*, 98(7), 5648-5652.
- <sup>12</sup> Lee, C., Yang, W., & Parr, R. G. (1988). Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. *Physical review B*, 37(2), 785.
- <sup>13</sup> Clark, T., Chandrasekhar, J., Spitznagel, G. W., & Schleyer, P. V. R. (1983). Efficient diffuse function-augmented basis sets for anion calculations. III. The 3-21+ G basis set for first-row elements, Li–F. *Journal of Computational Chemistry*, 4(3), 294-301.

- <sup>14a</sup> Scalmani, G., & Frisch, M. J. (2010). Continuous surface charge polarizable continuum models of solvation. I. General formalism. *The Journal of chemical physics*, 132(11).
- <sup>14b</sup> Cheeseman, J. R., Frisch, M. J., Devlin, F. J., & Stephens, P. J. (1996). Ab initio calculation of atomic axial tensors and vibrational rotational strengths using density functional theory. *Chemical Physics Letters*, 252(3-4), 211-220.
- <sup>15</sup> Jagodzinski, T. S., Dziembowska, T. M., & Szczodrowska, B. (1989). A Conformational Study of Some Secondary 2-Furanecarbothioamides. *Bulletin des Sociétés Chimiques Belges*, 98(5), 327-338.
- <sup>16</sup> Lezama, J. O. G., Arena, M. E., Robles, N. L. (2024). Synthesis and spectroscopic characterization of thioparacetamol: Evidence for solvent-dependent changes in conformational equilibrium. *Journal of Molecular Structure*, 1295, 136652.
- <sup>17</sup> Lezama, J. O. G., Iriarte, A. G., Dominguez, R. E., Robles, N. L. (2020). Study of the structural and conformational properties of fluoro-substituted thioacetanilide derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 1222, 128768.
- <sup>18</sup> J.O.G. Lezama, N.L. Robles, Analysis of the effects of trifluoromethyl group on the conformational properties of meta substituted thioacetanilide, *J. Mol. Struct.* (2021) 1236.
- <sup>19</sup> H.B. Tatipaka, J.R. Gillespie, A.K. Chatterjee, N.R. Norcross, M.A. Hulverson, R. M. Ranade, P. Nagendar, S.A. Creason, J. McQueen, N.A. Duster, A. Nagle, F. Supek, V. Molteni, T. Wenzler, R. Brun, R. Glynne, F.S. Buckner, M.H. Gelb, Substituted 2-phenylimidazopyridines: a new class of drug leads for human African trypanosomiasis, *J. Med. Chem.* 57 (2014) 828–835,
- <sup>20</sup> Z. Fu, X. Wang, S. Tao, Q. Bu, D. Wei, N. Liu, Manganese Catalyzed Direct Amidation of Esters with Amines, *J. Org. Chem.* 86 (2021) 2339–2358
- <sup>21</sup> H.Keun Oh, S.Y. Woo, C. Ho Shin, I. Lee, Aminolysis of Aryl Dithio-2-Thiophenates and Dithio-2-Furoates in Acetonitrile, *International Journal of Chemical Kinetics* John Wiley & Sons, Inc, 1998
- <sup>22</sup> The aromatic protons belonging to the phenyl and furanyl moieties have been assigned easily due to the presence of the fluorine atom attached to the phenyl ring that causes a wide signal splitting for the phenyl protons, H-9/H-13 and H-10/H-12, respectively, but no effect could be observed at long range on the furanyl protons (H-3, H-4 and H-5)
- <sup>23</sup> R.S. Balestrero, D.M. Forkey, J.G. Russell, N NMR: iminothiol-Thioamide Tautomerism of 2-Mercaptobenzazoles and L-Methyl-2-mercaptoimidazole, *Magn. Reson. Chem.* (1986),

- <sup>24</sup> N. Muller, D.T. Carr, Carbon-13 splittings in fluorine nuclear magnetic resonance spectra<sup>1</sup>, J. Phys. Chem. Acad. Press (1963)
- <sup>25</sup> W.R. Dolbier, Guide to Fluorine NMR For Organic Chemists, 2nd ed, New Jersey, USA, 2016
- <sup>26</sup> T.J. Broxton, J.E. Rowe, Four-centre skeletal rearrangements in the mass spectra of thioanilides, Org. Mass Spectrom. (1977)
- <sup>27</sup> D.V. Ramanat, S.K. Viswanadhams, Competing oxygen migrations in ortho nitro aromatic thioamides on electron impact, Org. Mass Spectrom. 18 (1983) 162–167
- <sup>28</sup> T.S. Jagodzinski, P.B. Terentiev, Mass spectra of 2-thioacylaminothiazoles, 2-thioacylaminothiazoles and their “fixed structure” amino and imino tautomeric forms, Org. Mass Spectrom.
- <sup>29</sup> M.H. Flor, W. Heerma, M.A. Santos, M.R. Tavares, A. M. Lob, S. Prabhakar, The mass spectrometric behaviour of benzohydroxamic and benzothiohydroxamic acids under electron impact, Org. Mass Spectrom. (1987),
- <sup>30</sup> Colthup, N. (2012). *Introduction to infrared and Raman spectroscopy*. Elsevier.
- <sup>31</sup> Bellamy, L. J. F. C. (2013). *The infra-red spectra of complex molecules*. Springer Science & Business Media.
- <sup>32</sup> Marenich, A. V., Cramer, C. J., Truhlar, D. G. (2009). Universal solvation model based on solute electron density and on a continuum model of the solvent defined by the bulk dielectric constant and atomic surface tensions. *The Journal of Physical Chemistry B*, 113(18), 6378–6396.
- <sup>33</sup> Mecke, R., Mecke, R., y Lüttringhaus, A. (1957). Investigaciones espectroscópicas de compuestos carbonílicos y tiocarbonílicos. *Chemische Berichte*, 90 (6), 975–986.
- <sup>34</sup> Cairo, R. R., Stevens, A. M. P., de Oliveira, T. D., Batista, A. A., Castellano, E. E., Duque, J., Erben, M. F. (2017). Understanding the conformational changes and molecular structure of furoyl thioureas upon substitution. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 176, 8-17.
- <sup>35</sup> Rao, C. N. R., Venkataraghavan, R. (1962). The C= S stretching frequency and the “-NC= S bands” in the infrared. *Spectrochimica Acta*, 18(4), 541-547.
- <sup>36</sup> Lezama, J. O. G., Arena, M. E., Robles, N. L. (2024). Synthesis and spectroscopic characterization of thioparacetamol: Evidence for solvent-dependent changes in conformational equilibrium. *Journal of Molecular Structure*, 1295, 136652.
- <sup>37</sup> Lezama, J. O. G., Iriarte, A. G., Dominguez, R. E., Robles, N. L. (2020). Study of the structural and conformational properties of fluoro-substituted thioacetanilide derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 1222, 128768.
- <sup>38</sup> Qian, Z., Li, Q., Wang, L., Fu, F., Liu, X.

(2021). The chemical effect of furfuryl amide on the enhanced performance of the diphenolic acid derived bio-polybenzoxazine resin. *Journal of Polymer Science*, 59(18), 2057-2068.

<sup>39</sup> López-Tocón, I., Becucci, M., Pietraperzia, G., Castellucci, E. M. I. L. I. O., Otero, J. C. (2001). Vibrational spectrum of 4-fluorobenzene. *Journal of Molecular Structure*, 565, 421-425.

<sup>40</sup> Shashidhar, M. A., Rao, K. S., Jayadevappa, E. S. (1970). Vibrational spectra of ortho-, meta and para-fluorobenzene. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 26(12), 2373-2377.

<sup>41</sup> Duke, C. B., Yip, K. L., Ceasar, G. P., Potts, A. W., Streets, D. G. (1977). Electronic structure of the fluorobenzenes. Analyses of the UV absorption spectra of the fluorobenzenes and quantitative theoretical modeling. *The Journal of Chemical Physics*, 67(10), 4828-4838.

<sup>42</sup> Yıldız, B., Şahin, Ö., Kocaokutgen, H. (2011). Substituent and solvent effects on the UV/Vis absorption spectra of 5-(4-substituted arylazo)-6-hydroxy-4-methyl-3-cyano-2-pyridones. *Dyes and Pigments*, 91(1), 1-7

<sup>43</sup> Lee, J., Kim, T., Song, C., Lee, J., Kim, H., Kim, B. J. (2017). Positional effects of fluorination in conjugated side chains on photovoltaic properties of polymer solar cells. *Chemical Communications*, 53(2), 247-250.

<sup>44</sup> Paniago, E. B., Custodio, R., Simas, A. M. (1978). Excited state theory: Monosubstituted benzenes fluorescence and phosphorescence. *Spectroscopy Letters*, 11(8), 615-627

## 6.- Innovación en el ámbito alimentario

### **Enriquecimiento de bebidas frutales probióticas con ácidos grasos omega-3**

Autor: Escobar, Facundo; [fescobar@cerela.org.ar](mailto:fescobar@cerela.org.ar)

Co-autor(es): Barrionuevo, Damián Alberto; [dbarrionuevo@cerela.org.ar](mailto:dbarrionuevo@cerela.org.ar)

Pérez, Braian; [braianjperez@gmail.com](mailto:braianjperez@gmail.com)

Orientadora: Van Nieuwenhove, Carina Paola, [vancarina2@csnat.unt.edu.ar](mailto:vancarina2@csnat.unt.edu.ar)

Universidad Nacional de Tucumán / Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA).

#### **Resumen**

Las bebidas fermentadas probióticas no lácteas son una alternativa funcional con alta demanda. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una bebida frutal probiótica enriquecida en ácidos grasos omega-3 (n-3). Para ello, mediante coacervación compleja con gelatina y goma arábiga (proporción 9:7) un aceite de chía alto en omega-3 fue microencapsulado y liofilizado, determinando eficiencia de encapsulación. La bebida se formuló con jugo de granada, mora y arándanos, enriquecida al 0,5% con las microcápsulas de n-3, sometida a pasteurización (65°C, 30 min), e inoculadas al 3% con cepas probióticas: *Lactocaseibacillus plantarum* CRL 972 o *Lactocaseibacillus casei* CRL 1110. La fermentación se realizó a 37°C-48 h, y al finalizar las bebidas fermentadas (JF-CRL 972 y JF-CRL 1110) se almacenaron en frío (4°C-28 días). Como control se evaluó el jugo sin inocular, mantenido en iguales condiciones. Las dos cepas probióticas se adaptaron y crecieron en la bebida, alcanzando un recuento final de 10<sup>8</sup> UFC/mL tras 48h de fermentación, con valores similares luego de 28 días a 4°C. El jugo control y el JF-CRL 972 redujeron el CFT durante la fermentación y vida de estante (p<0,05). Por el contrario, el JF-CRL 1110 preservó el CFT hasta los 10 días disminuyendo hacia el final de la refrigeración. Ambas bebidas fermentadas conservaron la actividad antioxidante, a diferencia del control que tuvo pérdidas tras la incubación y el almacenamiento. La fermentación láctica mantuvo la estabilidad cromática de las bebidas, mientras que el control sufrió cambios de color significativos (p<0,05). Las microcápsulas presentaron una morfología circular uniforme entre 5,8±0,02 y 10,8±0,02 µm con una EE% del 60%.

Palabras clave: microencapsulación, probióticos, bebidas.

## Introducción

Las bebidas a base de vegetales han ganado popularidad en los últimos años, ya que representan una alternativa nutricional para aquellos consumidores intolerantes a la lactosa o de hábitos veganos. La OMS establece una porción mínima de 400 g diarios de frutas/verduras para mantener un buen estado de salud, estimando que un consumo de 150 mL diarios de jugos de frutas suple esta demanda ((OMS), s.f.). Dentro de las frutas con mayor poder bioactivo se destaca la granada (*Punica granatum*) que posee un elevado contenido fenólico y actividad biológica (Isas, 2024). Por otro lado, la mora (*Morus nigra*) es una polidrupa con gran actividad antimicrobiana y antidiabética (Lim, 2022) (Balbaa, 2021) y el arándano (*Vaccinium myrtillus*) está asociado a la reducción de factores de riesgo del síndrome metabólico (Pemmari, 2022).

A pesar de la producción de estas frutas de interés en Argentina, pocos productos a base de sus jugos se comercializan en el mercado. Estas matrices frutales han provocado un creciente interés para los investigadores, principalmente por la diversidad de polifenoles que se encuentran, compuestos de gran actividad antioxidante (Martins, 2015). Los “alimentos funcionales” son aquellos relacionados con mejoras significativas en la salud, bienestar físico y/o con la reducción del riesgo de enfermedades

crónicas (Salta, 2005). Las bebidas funcionales se encuentran actualmente en un mercado creciente, dirigidas a consumidores cada vez más preocupados por su salud.

Dentro de este contexto, los jugos de frutas representan una alternativa eficaz para el desarrollo de bebidas funcionales, tales como bebidas antioxidantes, energéticas o probióticas. Los probióticos se definen como “microorganismos que, consumidos en cantidades adecuadas, aportan un beneficio para la salud del huésped” (Hill, 2014). Entre los microorganismos probióticos se destacan las bacterias lácticas (BAL), siendo el género *Lactocaseibacillus* uno de los más estudiados (Bazireh, 2020), con evidencias científicas sólidas que respaldan sus beneficios para la salud. En estudios *in vitro* y modelos animales, *L. plantarum* YS5 fue capaz de reducir los niveles de colesterol en un 84%, disminuir el colesterol total, LDL y triglicéridos (Nami, 2019). En otro estudio, la cepa probiótica de *L. plantarum* 299V mejoró la función endotelial vascular y atenúo la inflamación sistémica en personas con enfermedad coronaria (Malik, 2018).

*L. casei* por su parte, es ampliamente estudiada por su potencial industrial y por favorecer la obtención de matrices probióticas no lácteas, asociándose con efectos antihipertensivos, antioxidantes y

mejoras en el perfil lipídico (Balthazar, 2018) (Sperry, 2018).

Los aceites vegetales ricos en ácidos grasos omega-3 ofrecen grandes beneficios para el consumidor. Entre ellos el aceite de chía, se destaca por contener alrededor de un 83% de ácidos grasos poliinsaturados, predominando el ácido graso  $\alpha$ -linolénico (omega-3) y el linoleico (omega-6) (Bordón, 2021). La ingesta de omega-3 se ha relacionado con la disminución de los niveles de triglicéridos en sangre y colesterol plasmático teniendo un efecto preventivo de riesgo cardiovascular (Us, 2018). Sus efectos biológicos han llevado a la búsqueda de alimentos o bebidas enriquecidas con estos compuestos bioactivos. Sin embargo, los aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados son susceptibles a degradación por factores como la temperatura, humedad y oxígeno, perdiendo así características organolépticas y funcionales.

Para revertir este deterioro, se propone la microencapsulación como método eficaz en el que pequeñas partículas se rodean de biopolímeros formando un complejo de recubrimiento o cápsula (Muhoza, 2020). Dicha matriz es semipermeable y fuerte, rodeando un núcleo líquido o sólido (Harpeni, 2021). Una de las técnicas más comunes es la coacervación compleja, consistente en la formación de complejos entre dos biopolímeros con cargas

opuestas, formando emulsiones que posteriormente se encapsulan bajo condiciones controladas de pH (Risch, 1995). Este método ofrece alta eficiencia de encapsulación, liberación controlada y mayor protección del material encapsulado (Gharanjig, 2020).

El desarrollo de bebidas funcionales que combinen matrices frutales, probióticos y compuestos bioactivos protegidos mediante técnicas de microencapsulación, representa una estrategia prometedora para la obtención de productos innovadores con alto valor nutricional y funcional para el consumidor. A pesar de la importancia existen escasos antecedentes de aplicación conjunta de estas tecnologías en bebidas frutales.

El presente trabajo tiene como objetivo general: Desarrollar y caracterizar una bebida funcional a base de frutas, fermentada con probióticos de referencia y enriquecida con aceite de chía rico en omega-3 microencapsulado, evaluando su calidad nutricional, funcional y microbiológica luego de la fermentación y vida de estante.

## **Materiales y Métodos**

### **Microencapsulación de aceite rico en omega-3 mediante el método físico-químico coacervación compleja.**

La microencapsulación de lípidos se realizó mediante el método físico-químico denominado coacervación compleja, para

el cual se utilizaron como biopolímeros de pared (*shell*) gelatina (GE) tipo B (Parafarm, Argentina) y goma arábica (GA) (Sigma-Aldrich, Alemania). El material a encapsular correspondiente al *core* fue aceite comercial de chía rico en omega-3 (Sol Azteca). Se utilizó como agente emulsificador Tween 80 al 0,2% y ácido cítrico (Cicarelli, Argentina) 0,15M. Para la obtención de las microcápsulas se siguió el protocolo de (Medina, 2024) con ligeras modificaciones utilizando una proporción *core/shell* de 1:1 y GE/GA 9:7. La emulsión se realizó con 5g de aceite de chía, 112,5 mL de solución madre de gelatina en agua destilada (2,5% p/v) y 10 mL de Tween 80. La misma se realizó con un homogeneizador (DLAB D160) durante 3 min. a temperatura ambiente. En una segunda etapa se agregó 87,5mL de solución de goma arábica en agua destilada (2,5% p/v) y se emulsionó durante 3 minutos. Por último, se agregó 25 mL de agua destilada en la mezcla y una solución de ácido cítrico 0,15 M hasta alcanzar un pH entre 3 y 4. Se agitó esta mezcla durante 8 min. a velocidad baja, enfriando a intervalos de 3 min. y se guardó en heladera 4°C durante 18 h. La formación de los denominados “coacervados” se observó por microscopía óptica al 100x. Finalmente, el material coacervado se separó, y se llevaron a cabo ciclos de liofilizado (18h-24h) con un liofilizador

(Peetlab) en una trampa de condensado a -60°C a una presión de 6Pa., recuperando un total de 2,35g de microcápsulas las cuales se almacenaron a 4°C hasta su uso.

### **1.1 Formulación de jugo mix frutal fermentado con agregado de microcápsulas.**

Se formuló un jugo mix frutal (M.A.G) a partir de jugo de granada al 20% v/v, jugo de arándanos al 10% v/v, jugo de moras al 10% v/v y agua hasta completar volumen. Se ajustó el pH inicial con NaHCO<sub>3</sub> en cantidades suficientes hasta un valor de 4,5±0,05 final y 6 grados Brix°. Las microcápsulas liofilizadas se agregaron al 0,5% (p/v) siguiendo el protocolo de (Copado, 2016). Posteriormente las bebidas se pasteurizaron a 65°C durante 30 min y se almacenaron en heladera a 4°C hasta su uso.

### **1.2 Fermentación y vida de estante.**

Para la obtención de la bebida probiótica se seleccionaron 2 BAL probióticas comerciales, *Lactocaseibacillus plantarum* ATCC (CRL 972) y *Lactocaseibacillus casei* ATCC (CRL 1110), depositadas en el cepario del Centro de referencia para Lactobacilos (CERELA, Tucumán Argentina).

Se emplearon inóculos iniciales de 10<sup>6</sup> UFC/mL, donde las cepas fueron previamente activadas al 2% en MRS

durante 16 h a 37°C. Las cepas activas fueron inoculadas al 3% de manera independiente en el jugo formulado fermentado a 37°C durante 48 h, obteniendo así (JF-972 y JF-1110). Posteriormente se almacenaron a 4°C por 28 días. Se colectaron muestras a intervalos de tiempo regulares de fermentación (0h 48h) y 10 y 28 días de vida de estante para los posteriores análisis. Como control se utilizó el jugo pasteurizado no fermentado, tratado en iguales condiciones.

### **1.3 Funcionalidad *in vitro* de los productos fermentados obtenidos.**

Durante la fermentación y vida de estante se realizó la cuantificación de compuestos fenólicos totales (CFT) y la capacidad antioxidante mediante depuración de los radicales DPPH (RSADPPH●), ABTS (RSAABTS●+) y FRAP (poder antioxidante reductor del Fe+3).

### **1.4 Cuantificación de fenoles totales (CFT).**

El CFT se determinó según la técnica de (Singleton, 1999) con ligeras modificaciones. Inicialmente, 10 µL de las muestras se llevaron a un volumen final de 1 mL con agua destilada y se adicionaron 100 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu (PanReac AppliChem GmbH., Darmstadt,

Alemania) (1:2 en agua destilada). Las mezclas de reacción se incubaron 2 min. en oscuridad a T° ambiente. Posteriormente se agregaron 400 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 15,90% p/v y se dejó en oscuridad durante 20 min. Posteriormente se determinó la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro (Tecan Austria GmbH., Grödig, Austria). Los valores obtenidos se correlacionaron con una curva de calibración estándar de ácido gálico (Sigma-Aldrich Chemical Co.) (R<sup>2</sup>=0,99). Los resultados se expresaron como miligramo de equivalente de ácido gálico por 100 mililitros de bebida (µg GAE/100 mL).

### **1.5 Actividad de eliminación del radical DPPH.**

La capacidad de depuración del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) se evaluó de acuerdo a (Mekni, 2013) con algunas modificaciones. Así, 10 µL de cada muestra se llevaron a un volumen final de 1000 µL con agua destilada. Posteriormente, se añadieron 500 µL de solución de DPPH 0,10 mM (preparada con metanol absoluto) (Sigma-Aldrich Chemical Co.), y 400 µL de Tris-HCl 0,10 M (pH 7,60). Las mezclas de reacción se conservaron en oscuridad y T° ambiente durante 30 min. Luego, se determinó la absorbancia a 517 nm en un lector de microplaca (Tecan Austria GmbH). Los resultados se compararon con una curva

estándar de trolox y expresaron como mmol TEAC/mL.

### 1.6 Capacidad de eliminación del catión radical ABTS<sup>•+</sup>.

El ensayo se llevó a cabo siguiendo la metodología reportada por (Isas, 2024) con algunas modificaciones.

La solución ABTS<sup>•+</sup> se diluyó con agua destilada hasta conseguir una absorbancia de  $0,70 \pm 0,02$  a una longitud de onda de 734 nm. Posteriormente, 50  $\mu$ L de la muestra de jugo en diferentes diluciones se mezclaron con 200  $\mu$ L de la solución ABTS<sup>•+</sup> en cada pocillo de una microplaca incubando durante 5 min. en oscuridad y a T° ambiente. Se utilizó agua destilada como control. Finalmente, la absorbancia se leyó en un espectrofotómetro a 734 nm (Tecan Austria GmbH.) correlacionando los datos obtenidos con una curva de calibración estándar de trolox ( $R^2=0,98$ ) expresados como milimoles de equivalente de Trolox por mililitro de jugo (mmol TEAC/mL).

### 1.7 Poder antioxidante reductor del hierro (FRAP).

La capacidad de reducir el hierro se determinó por el método de FRAP (Mercado, 2020) y los resultados se expresaron como milimoles de equivalente de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O por litro de jugo (mmol FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O/L) utilizando una curva estándar de FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O ( $R^2=0,98$ ).

## 2. Colorimetría.

El color de los jugos se midió con el modelo cromático CIE L\*a\*b, donde L\* representa la luminosidad (blanco-negro), y a\* y b\* son las coordenadas colorimétricas (rojo-verde y amarillo-azul, respectivamente) mediante colorímetro (Konica Minolta CR-5). Los valores obtenidos de la medición se expresaron como diferencia de color total ( $\Delta E^*$ ) calculada con la siguiente ecuación

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ , y  $\Delta b^*$  representan las diferencias entre los valores iniciales y finales de L\*, a\*, y b\*, respectivamente, de cada muestra evaluada.

## 3. Perfil de ácidos grasos del aceite comercial de chía.

El perfil de ácidos grasos del aceite de chía se evaluó por cromatografía gaseosa (CG) previa metilación directa siguiendo el método de (Van Nieuwenhove, 2019). Así, 1  $\mu$ L de los ácidos grasos metil ésteres disueltos en n-hexano se inyectaron en un cromatógrafo gaseoso (Agilent Technologies, California, EE.UU., modelo 6890N), equipado con un detector de ionización de llama, inyector automático (modelo 7683), y una columna capilar Agilent 122-2362 DB-23 (60m x 250 $\mu$ m x 0.25 $\mu$ m).

#### 4. Caracterización de las microcápsulas con aceite de chía mediante microscopia óptica.

Para observar la morfología de las microcápsulas se siguió el protocolo de tesis (Sanchez, 2015) con ligeras modificaciones. Se utilizó un microscopio óptico (Zeiss), y las imágenes fueron capturadas a través del software de procesamiento de imágenes (Zeiss Zen 3.11).

##### 4.1 Determinación de aceite total.

El contenido de aceite total encapsulado (OT%) se determinó mediante extracción con hexano posterior a la ruptura de las cápsulas utilizando una sonicación siguiendo una metodología adaptada de ensayos gravimétricos previamente reportados (Perez Alonso, 2022), (Copado, 2016). Para ello, se pesaron  $0,100g \pm 0,002$  de cápsulas liofilizadas en microtubos, a la cual se adicionó hexano en cantidad suficiente para cubrir completamente las cápsulas.

Los microtubos con las cápsulas se colocaron en un sonicador de baño (Testlab TB04), durante 10 min. a temperatura ambiente, con el objetivo de romper las microcápsulas y liberar el aceite de su interior. Seguidamente, las muestras se centrifugaron durante 5 minutos a 5000 rpm y el sobrenadante fue cuidadosamente decantado sobre una placa de vidrio de peso conocido y

colocado bajo campana para su evaporación. La muestra fue lavada sucesivamente con hexano en tres ciclos evaporando luego el solvente hasta sequedad.

El contenido total de aceite (OT) fue estimado por diferencia siguiendo la siguiente formula:

$$OT\% = \frac{\text{peso del aceite extraído de las cápsulas}}{\text{gramo inicial de las cápsulas}} \times 100$$

##### 4.2 Determinación del contenido de aceite superficial.

El contenido de aceite superficial (OS%) se cuantificó mediante extracción con hexano tomando  $0,100 \pm 0,002$  g de microcápsulas en microtubos, añadiendo hexano en cantidades suficientes para cubrir completamente las cápsulas lavando todo el aceite presente en la superficie de las mismas.

Los microtubos se centrifugaron durante 5 min. a 5000rpm para separar las cápsulas del sobrenadante y este último fue transferido a una placa de vidrio de peso conocido. Se repitió el proceso de lavado con hexano y centrifugación en tres ciclos consecutivos, recolectando todos los sobrenadantes en la misma placa.

Posteriormente se evaporó el hexano hasta sequedad.

El contenido de aceite superficial (OS) se expresó como porcentaje gravimétrico en relación al peso inicial de cápsulas siguiendo la siguiente formula:

$$OS\% = \frac{\text{peso del aceite superficial extraído de las cápsulas}}{\text{gramo inicial de las cápsulas}} \times 100$$

Tanto los ensayos de aceite total (OT%) y aceite superficial (OS%) se llevaron a cabo por triplicado.

#### 4.3 Cálculo de la eficiencia de encapsulación (EE%).

La eficiencia de encapsulación (EE%) se determinó a partir de los valores obtenidos en los ensayos de cuantificación de aceite total OT% y aceite superficial OS% empleando la siguiente fórmula:

$$EE\% = (OT - OS) / OT \times 100$$

#### 5. Análisis estadístico.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como media  $\pm$  desvió estándar (SD). Los datos fueron sometidos a un modelo lineal general ANOVA, comparando las medias mediante el test post hoc de Tukey. En el caso de las comparaciones entre dos medias (apareadas y/o no apareadas), se utilizó la prueba t-Student. El análisis estadístico y los gráficos se llevaron a cabo utilizando el software GraphPad Prism® 8.0 (GraphPad Inc., San Diego, California, EE.UU.). Se consideraron como significativas las diferencias con un  $p < 0,05$ .

#### Resultados y discusión.

#### 6. Viabilidad en fermentación y vida de estante.

Las dos cepas evaluadas fueron capaces de crecer en el jugo formulado, partiendo de un inóculo inicial de  $10^6$  UFC/mL y alcanzando un recuento celular final de  $10^8$  UFC/mL tras 48 h de fermentación. Esta viabilidad se mantuvo en valores similares hasta los 28 días de vida. (Figura 1A).

Estos resultados coinciden con el crecimiento observado para cepas de *L. plantarum* determinado por (Russo, 2015), y (Pontonio, 2019) los cuales determinaron un recuento celular de  $10^8$  UFC/mL en jugo de melón, jugo de manzana y granada respectivamente.

Mientras que en un trabajo de (Fonteles, 2012) *Lactobacillus casei* NRRL B-442 creció hasta valores mayores en jugo de melón ( $10^{10}$  UFC/mL).

En lo que respecta a la capacidad acidificante, las bebidas presentaron un pH inicial de 4,48 las cuales redujeron en  $\approx 1$  unidad en ambas bebidas probióticas ensayadas ( $p < 0,05$ ). Estos valores se mantuvieron estables luego de la vida de estante. El jugo control mantuvo su pH inicial a lo largo de los 28 días (Figura 1B).

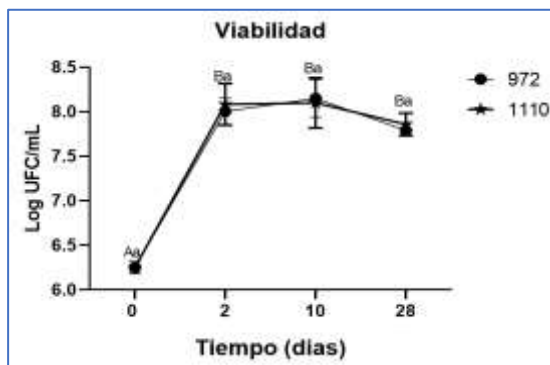


Fig. 1(A) Crecimiento de las BAL en el jugo durante la fermentación (48 h), y supervivencia en vida de estante (28 días).

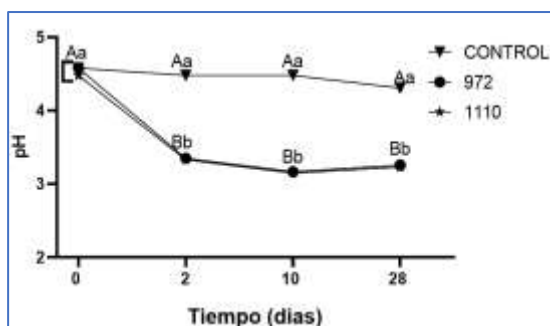


Fig. 1(B) Variaciones de pH a lo largo de la fermentación y vida de estante.

En relación a la carga microbiana inicial de los jugos evaluados, no se detectaron microorganismos deteriorantes como coliformes, hongos y levaduras en las bebidas formuladas tras la pasteurización a 65 °C por 30 min. Tampoco se determinaron al finalizar la incubación (37 °C 48 h) y la vida de estante (10 y 28 días, 4 °C), tanto en los jugos controles como en los fermentados.

### 6.1 Contenido total de fenoles totales.

Los resultados evidenciaron que el CFT en los jugos control disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) luego de su incubación a 37°C durante 48 h de fermentación representando alrededor de

un (35% de reducción) y a los 28 días de almacenamiento a 4°C (un 71%), similar que en el JF-972 donde se determinó una disminución del 30% luego de la fermentación y un 74% a lo largo del almacenamiento ( $p < 0,05$ ).

Por otro lado, el JF-1110 mantuvo el CFT y luego de la vida de estante disminuyó en un 66% con respecto al CFT inicial, como se muestra en la Figura 2A.

En los jugos fermentados la modificación del CFT es una característica cepa-dependiente, y varía además con la matriz frutal empleada. Las BAL poseen diferentes enzimas que les permiten metabolizar los polifenoles del medio, produciendo derivados que a veces poseen mayor poder antioxidante (Ruiz Rodriguez, 2017).

Algunos autores informaron una reducción significativa del CFT luego de la fermentación láctica. Así (Yang, 2022) determinó una disminución del CFT utilizando como cultivo iniciador las cepas *L. plantarum*, *L. casei* y *L. acidophilus* ( $p < 0,05$ ), observando además que en los primeros 10 días de almacenamiento, el CFT disminuyó de forma continua para las tres cepas. A partir de entonces, no observaron cambios significativos en el CFT durante los 20 días de almacenamiento posteriores.

Por el contrario, (Wang J. W., 2023) en un jugo de arándanos fermentado con *L. plantarum* 375 determinó un incremento del

37% del CFT. Similares resultados a los datos obtenidos para JF-972 y JF-1110 se encontraron en fermentaciones lácticas de jugo de kiwi (Wang Z. F., 2022) y en jugos de mora (Kwaw, 2018).

TRATAMIENTO	TIEMPO (DIAS)	CFT ( $\mu\text{g GAE/mL}$ )
CONTROL	0	344,5 $\pm$ 18,41 <sup>Ab</sup>
	2	227,9 $\pm$ 30,72 <sup>Ba</sup>
	10	214,2 $\pm$ 1,2 <sup>Ba</sup>
	28	102,5 $\pm$ 7,1 <sup>Ca</sup>
CRL 972	0	471,4 $\pm$ 13,2 <sup>Aa</sup>
	2	335,2 $\pm$ 8,5 <sup>Ba</sup>
	10	333,8 $\pm$ 43,5 <sup>Ba</sup>
	28	124,7 $\pm$ 3 <sup>Ca</sup>
CRL 1110	0	341,8 $\pm$ 15,9 <sup>Ab</sup>
	2	300,2 $\pm$ 37,0 <sup>Aa</sup>
	10	355,8 $\pm$ 34,4 <sup>Aa</sup>
	28	116,9 $\pm$ 5,8 <sup>Ba</sup>

Fig. 2(A) Letras mayúsculas (A-C) indican diferencias significativas entre tratamiento de la misma muestra ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas (a-b) indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en el mismo punto de tiempo.

## 6.2 Capacidad Antioxidante

En cuanto a la capacidad antioxidante determinada mediante el radical ABTS, el jugo control mantuvo valores constantes luego de 48h a 37°C luego disminuyó significativamente durante la vida de estante evaluada a los 10 y 28 días con una disminución de 16% y 28% respectivamente.

En los JF-972 y JF-1110 la actividad depuradora del radical ABTS disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) durante la fermentación - 27% y 14% respectivamente – manteniendo luego su capacidad

antioxidante durante los 10 y 28 días de almacenamiento. Figura 2B.

TRATAMIENTO	TIEMPO (D)	ABTS ( $\text{mmol TEAC/mL}$ )
CONTROL	0	6,1 $\pm$ 0,2 <sup>Ab</sup>
	2	5,5 $\pm$ 0,1 <sup>ABa</sup>
	10	5,1 $\pm$ 0,1 <sup>Bca</sup>
	28	4,4 $\pm$ 0,2 <sup>Ca</sup>
CRL 972	0	6,6 $\pm$ 0,4 <sup>Aa</sup>
	2	4,8 $\pm$ 0,13 <sup>Bb</sup>
	10	4,8 $\pm$ 0,22 <sup>Bb</sup>
	28	4,4 $\pm$ 0,3 <sup>Ba</sup>
CRL 1110	0	5,6 $\pm$ 0,2 <sup>Ab</sup>
	2	4,5 $\pm$ 0,1 <sup>Bb</sup>
	10	4,1 $\pm$ 0,4 <sup>Bb</sup>
	28	4,7 $\pm$ 0,3 <sup>ABa</sup>

Fig. 2(B) Letras mayúsculas (A-C) indican diferencias significativas entre tratamiento de la misma muestra ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas (a-b) indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en el mismo punto de tiempo.

(Wang M. O., 2021) y (Bai, 2021), observaron un aumento en la actividad antioxidante tras la fermentación y su mantenimiento en vida de estante en jugo de goji y manzana respectivamente.

En lo que respecta a la actividad de eliminación del radical DPPH, el jugo control disminuyó luego de la incubación ( $p < 0.05$ ) manteniéndose luego estable a lo largo de su almacenamiento durante los 10 y 28 días.

En JF-972 y JF-1110 se mantuvo constante la actividad de eliminación del radical DPPH luego de la fermentación y vida de estante. Figura 2C.

TRATAMIENTO	TIEMPO (D)	DPPH (mmol TEAC/mL)
CONTROL	0	32,69 ± 0,1 <sup>Aa</sup>
	2	28,33 ± 0,8 <sup>Ba</sup>
	10	29,5 ± 0,7 <sup>Ba</sup>
	28	29,9 ± 0,2 <sup>ABa</sup>
CRL 972	0	29,6 ± 0,8 <sup>Ab</sup>
	2	29,0 ± 0,3 <sup>Aa</sup>
	10	29,7 ± 0,2 <sup>Aa</sup>
	28	30,3 ± 0,2 <sup>Aa</sup>
CRL 1110	0	29,2 ± 0,8 <sup>Ab</sup>
	2	30,5 ± 0,4 <sup>Aa</sup>
	10	30,9 ± 0,2 <sup>Aa</sup>
	28	30,6 ± 0,5 <sup>Aa</sup>

Fig. 2(C) Letras mayúsculas (A-B) indican diferencias significativas entre tratamiento de la misma muestra ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas (a-b) indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en el mismo punto de tiempo.

En jugos fermentados de granada y naranja hallaron incrementos significativos en la actividad de eliminación del radical DPPH (Pontonio, 2019) mientras que en una bebida de guanábana disminuyó paulatinamente durante la fermentación alcohólica (Ho, 2020).

Con respecto a los valores de actividad antioxidante mediante la técnica de (FRAP) se determinó que el jugo control mantuvo valores estables luego de la incubación a 37°C 48 h, y luego disminuyó de forma gradual a los 10 y 28 días de almacenamiento en frío en un 29% y 42% respectivamente.

En el JF-972 hubo una disminución significativa del FRAP luego de la fermentación incrementando posteriormente un 37% hacia los 10 días de almacenamiento, y nuevamente

sufriendo un descenso significativo al final de la vida de estante ( $p < 0,05$ ).

El JF-1110 mantuvo estable los valores de FRAP a lo largo de los primeros 10 días de almacenamiento y luego disminuyó a los 28 días Figura 2D.

TRATAMIENTO	TIEMPO (D)	FRAP (mmol TEAC/L)
CONTROL	0	5,4 ± 0,1 <sup>Aa</sup>
	2	4,7 ± 0,1 <sup>Abb</sup>
	10	3,8 ± 0,1 <sup>BCC</sup>
	28	3,2 ± 0,1 <sup>Cb</sup>
CRL 972	0	5,5 ± 0,1 <sup>Aa</sup>
	2	3,4 ± 0,3 <sup>Bc</sup>
	10	5,4 ± 0,2 <sup>Aa</sup>
	28	3,7 ± 0,6 <sup>Bb</sup>
CRL 1110	0	5,9 ± 0,3 <sup>Aa</sup>
	2	5,9 ± 0,6 <sup>Aa</sup>
	10	5,3 ± 0,1 <sup>ABab</sup>
	28	4,9 ± 0,5 <sup>Ba</sup>

Fig. 2(D) Letras mayúsculas (A-C) indican diferencias significativas entre tratamiento de la misma muestra ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas (a-c) indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en el mismo punto de tiempo.

En una bebida fermentada de ananá con *L. plantarum* 299V, cepa probiótica de referencia (Nguyen, 2019) informó ligeros incrementos de la actividad antioxidante FRAP. Por el contrario, empleando cepas de BAL aisladas de frutas como cultivo iniciador de un jugo de granada, (Isas, 2024) informó valores de FRAP estables tras la fermentación y vida de estante.

## 7. Análisis colorimétrico

La diferencia de color total ( $\Delta E^*$ ) se evaluó a los tiempos t0h, t48h, t10d y t28d midiendo las coordenadas colorimétricas

L\*, a\* y b\*, tanto del jugo control como para los jugos fermentados.

En los jugos control, los resultados evidenciaron cambios de color significativos durante las primeras 48 h a 37°C, así como también luego de la vida de estante ( $p < 0,05$ ).

En JF-972 y JF-1110, el cambio de color fue menos marcado luego de la fermentación ( $\Delta E: 0.64$  y  $0.34$ ) y vida de estante ( $\Delta E: 0.85$  y  $0.77$ ) que el jugo no fermentado.

Estos resultados coinciden con lo informado por (Janiszewska-Turak, 2023) donde no se observaron cambios drásticos en los parámetros colorimétricos durante la fermentación de un jugo de zanahoria y remolacha con *L. plantarum*.

La fermentación láctica contribuyó a mantener la estabilidad cromática de las bebidas probióticas, mientras que el control cambió lo suficiente como para que se perciba a simple vista tornándose de un rojizo inicial propio del jugo formulado a un marrón parduzco, probablemente vinculados a la oxidación de compuestos fenólicos y/o las microcápsulas adicionadas generando pardeamiento. Este cambio se evidenció por una disminución del parámetro a\* y un aumento del valor b\*, indicando una pérdida de tonalidades rojizas y un viraje hacia matices marrones.

Es posible que las BAL estabilicen el color debido a la producción de ácido láctico y la consecuente, reducción del pH, que

mantiene el color de las antocianinas, y que además estas condiciones reductoras protegen los pigmentos naturales. Tabla 2 (A-B).

CONTROL	L*	a*	b*	$\Delta E$
0H	30,08	2,33	2,5	2,17
48H	31,94	3,4	2,76	
JF-972	L*	a*	b*	$\Delta E$
0H	31,53	4,1	2,31	0,64
48H	31,6	4,71	2,51	
JF-1110	L*	a*	b*	$\Delta E$
0H	30,73	3,38	2,14	0,34
48H	30,52	3,11	2,14	

Tabla 2A. Determinación del color de las bebidas durante la fermentación láctica con las BAL estudiadas y el control.

CONTROL	L*	a*	b*	$\Delta E$
48H	30,83	3,8	2,27	1,39
28 D	31,81	3,04	2,92	
JF-972	L*	a*	b*	$\Delta E$
48H	31,6	4,71	2,51	0,85
28 D	31,81	3,89	2,35	
JF-1110	L*	a*	b*	$\Delta E$
48H	30,52	3,11	2,14	0,77
28 D	30,83	3,8	2,27	

Tabla 2B. Cuantificación del color de las bebidas fermentadas al finalizar la vida de estante en frío.

## 8. Perfil de ácidos grasos del aceite comercial de chía (Sol Azteca).

El perfil de ácidos grasos que se determinó por CG se detalla en la Tabla 3 A-B. El ácido graso mayoritario del aceite de chía empleado fue el ácido linolénico (C18:3, omega-3) con un 71,6%, del total de ácidos grasos confirmando como aceite alto en omega-3. Seguido en abundancia el ácido linoléico (C18:2) alcanzó un 15,5%, y en tercer lugar el ácido palmítico (C16) con un valor del 6,25%.

Ácidos grasos	Área (%)
Ac. Palmítico C16	6,2
Ac. Esteárico C18	2,3
Ac. Oleico C18:1	3,4
Ac. Linoléico C18:2	15,5
Ac. Linolénico C18:3	71,6
n/i	0,8
SFA	8,6
MUFAs	3,4
PUFAs	87,1
SFA/UFA	0,09

Tabla 3A-B. Porcentaje de los ácidos grasos analizados en el aceite comercial de chía mediante GC.

## 9. Morfología de las microcápsulas.

### Análisis en microscopía óptica.

Se tomaron microfotografías de las bebidas fermentadas con las microcápsulas determinando una morfología circular uniforme y un tamaño promedio entre  $5,8 \pm 0,02$  y  $10,8 \pm 0,02$   $\mu\text{m}$  de las microcápsulas obtenidas mediante el método de coacervación compleja (Figura 3 A-B).

Similares tamaños de microcápsulas obtuvieron (Au, 2011) encapsulando aceite esencial de pachulí (*Pogostemon cablin*) utilizando GE/GA mediante coacervación compleja, obteniendo valores entre 5-10 $\mu\text{m}$ .

Mientras que (Dong Z. T., 2011) obtuvo un tamaño promedio de 50 $\mu\text{m}$  microencapsulando aceite de menta utilizando GE/GA como material de pared.

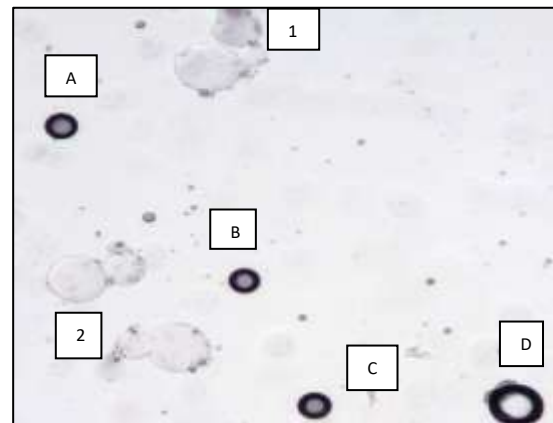


Fig. 3A Fotografía al MO 40x de microcápsulas (A-D) y aceite libre de chía (1-2).



Fig. 3B Fotografía al MO 40x de microcápsulas con BAL en jugo fermentado M.A.G 48h.

## 10. Eficiencia de encapsulación EE% de las microcápsulas.

La eficiencia de encapsulación calculada como porcentaje del aceite presente en el sistema utilizando la fórmula antes nombrada, resultó de un total de  $60.2 \pm 2.7\%$  ( $n = 3$ ).

Similares resultados se destacan en (Ogilvie-Battersby, 2022) donde observaron EE% del 71-77% utilizando

GE/GA 1:1 y geraniol como material encapsulado.

Mientras que (Manaf, 2017) encapsuló aceite de citronela con GE/GA 1:1 y obtuvo una eficiencia de encapsulación con valores variables entre 42-94%.

### Conclusiones

Se logró encapsular aceite de chía mediante coacervación compleja, con una eficiencia de encapsulación del 60% en la formulación GE/GA 9:7 y Core/Shell 1:1. Las microcápsulas permitieron enriquecer las bebidas generando una bebida probiótica “plant-based” enriquecida con omega-3.

Las cepas probióticas ensayadas en este trabajo lograron adaptarse y crecer en las bebidas formuladas a base de mix de frutas manteniendo su viabilidad en valores superiores a los requeridos para los alimentos. El metabolismo microbiano produjo una disminución del CFT y de la actividad antioxidante.

La cepa *L. casei* CRL1110 fue más efectiva para preservar la actividad antioxidante durante el almacenamiento.

Ambas BAL utilizadas mantuvieron el color rojo característico del jugo formulado durante los 28 días de almacenamiento, requisito importante para el consumidor en cuanto a los atributos sensoriales.

### Bibliografía

- (OMS), O. M. (s.f.). <https://www.who.int/es/newsroom/fact-sheets/detail/salt-reduction>.
- Au, W. Y. (2011). Preparation of antibacterial cotton fabric containing patchouli. *Advanced materials research*.
- Bai, L. M. (2021). Effects of four individual lactic acid bacteria on the physical and chemical and antioxidant properties of Kuga apple juice during fermentation. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- Balbaa, M. E.-Z. (2021). Therapeutic screening of herbal remedies for the management of diabetes. *Molecules*.
- Balthazar, C. S. (2018). The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*.
- Bazireh, H. S. (2020). Isolation of novel probiotic *Lactobacillus* and *Enterococcus* strains from human salivary and fecal sources. *Frontier in Microbiology*.
- Bordón, M. A. (2021). Scale-up and optimization of the spray drying conditions for the development of functional microparticles based on chía oil. *Food and Bioproducts Processing*.
- Caliskanlar, S. S. (2023). Utilization of pomegranate and black grape seed by

- products in yogurt production: Effects on phenolic compounds and antioxidant activity. . *Food Science and Nutrition* .
- Copado, C. I. (2016). Aplicacion de microcapsulas de aceite de chía como sistema de provision de acidos grasos omega-3 en bebidas instantaneas. *Productos naturales bioactivos y sus aplicaciones*.
- Dong, Z. T. (2011). Morphology and release profile of microcapsules encapsulating peppermint oil by complex coacervation. *Journal of Food Engineering*.
- Dong, Z. T. (2021). Effect of processing parameters on the formation of spherical multinuclear microcapsules encapsulating peppermint oil by coacervation. *Microencapsulation* .
- Fonteles, T. C. (2012). Optimización de la fermentación del jugo de melón por *Lactobacillus casei* NRRL B-442. *Tecnología de bioprocesos alimentarios*.
- Gharanjig, H. G. (2020). Development and optimization of complex coacervates based on zedo, gum, cress seed gum and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Harpeni, E. F. (2021). Effects of encapsulated *Bacillus* sp. D2.2 on gut bacterial composition and immune system in brown-marbled grouper *Epinephelus fuscoguttatus*. *Earth and Environmental Science*.
- Hill, C. G. (2014). Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*.
- Ho, C. L. (2020). Alcoholic fermentation of soursop (*Annona muricata*) juice via an alternative fermentation technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Isas, S. (2024). Bebidas lácticas a base de frutas con ingredientes bioactivos y su relevancia nutricional y funcional. *Tesis Doctoral*.
- Janiszewska-Turak, E. P. (2023). Changes in physical and chemical parameters of beetroot and carrot juices obtained by lactic fermentation.
- Kwaw, E. M. (2018). Effect of *Lactobacillus* strains on phenolic profile, color attributes and antioxidant activities of lactic-acid fermented mulberry juice. *Food Chemistry*.
- Lim, J. J. (2022). *Lactiplantibacillus plantarum* K8-based paraprobiotics prevents obesity and obesity-induced inflammatory responses in high fat diet-fed mice. *Food Research International*.

- Malik, M. S. (2018). Biochemical differences among chemotypes? *Industrial Crops*.
- Manaf, M. S. (2017). Efficiency and Release Study in proceedings of the 3rd International Conference on global sustainability and chemical engineering. *IOP Conference Series: Material Science and Engineering*, (pág. Volume 358).
- Martins, N. F. (2015). Plants used in folk medicine: The potential of their hydromethanolic extracts against *Candida* species. *Industrial Crops and Products*.
- Medina, B. (2024). Elaboracion de microcápsulas de citronela para su aplicacion en Ingenieria Textil. *Tesis doctoral*.
- Mekni, M. A. (2013). Phenolic, non phenolic compounds and antioxidant activity of pomegranate flower, leaf and bark extracts of four Tunisian cultivars. *Journal of Medicinal Plants*.
- Mercado, M. L. (2020). *Lippia integrifolia*: Are there morphological, anatomical and biochemical differences among chemotypes? *Industrial crops*.
- Muhoza, B. X. (2020). Microencapsulation of essential oils by complex coacervation method: preparation, thermal stability, release properties and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Nami, Y. V. (2019). Hypocholesterolaemic activity of a novel autochthonous potential probiotic *Lactobacillus plantarum* YS5 isolated from yogurt. *LWT Food Science*.
- Nguyen, B. B. (2019). Probiotic beverage from pineapple juice fermented with *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. *Frontiers*.
- Ogilvie-Battersby, J. N. (2022). Microencapsulation and controlled release of insect repellent geraniol in gelatin/gum arabic microcapsules. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*.
- Pemmari, T. H. (2022). Dried blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) alleviates the inflammation and adverse metabolic effects caused by a high-fat diet in mouse model of obesity. *International Journal of Molecular Science*.
- Perez Alonso, C. C. (2022). Microencapsulación de aceite de chía y aceite de ajonjolí empleando esporopolenina como agente encapsulante. *Revista Mesoamericana de Investigacion*.
- Pontonio, E. M. (2019). Lactic acid fermentation of pomegranate juice as a tool to improve antioxidant activity. *Frontiers in Microbiology*.
- Risch, S. (1995). Encapsulacion: descripcion general de usos y técnicas. *AEC*.

- Ruiz Rodriguez, L. (2017). Bacterias lacticas presentes en frutas regionales, produccion de metabolitos de interes general . *Tesis doctoral*.
- Russo, P. P. (2015). Probiotic lactic acid bacteria for the production of multifunctional fresh-cut cantaloupe. *Food Research International*.
- Salta, F. C. (2005). Enrichment of vegetable oils with polyphenolic extract from olive leaves. *Elsevier*.
- Sanchez, A. (2015). Preparacion y caracterizacion de microcápsulas de aceite de pescado fuente de ácidos grasos esenciales, usando como pared mucílago de linaza (*Linum usitatissimum*) por el método de gelificacion iónica. *Tesis doctoral*.
- Singleton, V. L.-R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*.
- Sperry, M. (2018). Probiotic minas frescal cheese added with *L. casei* 01: Physochemical and bioactivity characterization and effects on hematological/biochemical parameters of hypertensive overweighted women- A randomized double-blind pilot trial. *Functional foods*.
- Us, U. J. (2018). Development and characterization of spray-dried chia oil microcapsules using by-products from chia as wall material. *Powder Technology*.
- Valdez, J. C. (2005). Interference of *Lactobacillus plantarum* with *Pseudomonas aeruginosa* in vitro and in infected burns: the potential use of probiotics in wound treatment. *Clinical Microbioly and Infection*.
- Van Nieuwenhove, C. T. (2019). Improving the conjugated linoleic acid content and the sensorial characteristics of Argentinean semi-hard goat cheeses by adding cultures of native lactic acid bacteria. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 251-263.
- Wang, J. W. (2023). Evaluation of phenolics biotransformation and health promoting properties of blueberry juice following lactic acid bacteria fermentation.
- Wang, M. O. (2021). Comparison of nutrients and microbial density in gojy berry juice during lactic acid fermentation using four lactic acid bacteria strains. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- Wang, Z. F. (2022). Fermentation of kiwifruit from two cultivars by probiotic bacteria: bioactive phenolics,

antioxidant activities and flavor volatiles. *Food Chemistry*.

Yang, J. S. (2022). Fermentation and storage characteristics of "Fuji" apple juice using *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*: Microbial growth, metabolism of

bioactives and in vitro bioactivities . *Frontiers* .

Zheng, J. W. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*.





#### 4. - Sustentabilidad

### Manejos agronómicos alternativos de hortalizas de hojas, en época estival, en el Pedemonte de Tucumán.

Autor - Becario BEI: Pedraza, Enzo Agustin. [enzopedraza15@gmail.com](mailto:enzopedraza15@gmail.com)

Directora de BEI: Villagra, Elizabeth Leonor del Valle. [elizabeth.villagra@faz.unt.edu.ar](mailto:elizabeth.villagra@faz.unt.edu.ar)

Universidad Nacional de Tucumán / Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria.

#### Resumen

El uso inadecuado de fertilizantes de síntesis y el cambio climático, agravaron el estrés en cultivos y el riesgo en la salud de los consumidores. Por ello, se promueven técnicas ecológicas, como los biofertilizantes y cubiertas de suelo. En Argentina hay 30.000 ha con hortalizas de hoja. El objetivo fue evaluar manejos agronómicos alternativos de lechuga, producida en época estival, en el Pedemonte tucumano. En Finca El Manantial-Lules, se sembraron en contenedores las variedades 'Waldman's Green' (WG) y 'Maravilla de las Cuatro Estaciones' (M4E). Se ensayaron T1: plantas con fertilización convencional (fosfato diamónico); T2: inoculadas por inmersión radicular con hongos micorrízicos arbusculares (HMA: 0,5 l.ha<sup>-1</sup>) y T3: con *Trichoderma* (10 ml.l<sup>-1</sup> de agua); T4: 25% T1 + biofertilizantes. Con diseño completamente aleatorizado (DCA), se trasplantó en platabandas cubiertas con viruta; suelo desnudo y *mulching* plástico, en doble hilera y tresbolillo (0,25m x 0,25m). Se registraron temperaturas extremas de 39,6 °C y 15,4 °C durante el ciclo. Se evaluaron parámetros en pre-cosecha, cosecha y poscosecha, con ANOVA y test de Tukey y se determinó que la supervivencia fue influenciada por variedad, cobertura de suelo y nutrición. WG tuvo mayor adaptación al ambiente que M4E. T4 produjo plantas más altas y con mayor número de hojas promedio (18). En rendimiento T4 (3657,35 kg.ha<sup>-1</sup>) y T1 (3377,75 kg.ha<sup>-1</sup>) presentaron los mayores valores. En poscosecha, hubo diferencias por variedad y nutrición. Los resultados, logrados fuera del óptimo térmico del cultivo, son consistentes con el potencial de combinar biofertilizantes con dosis reducidas de fertilizantes de síntesis y mejorar el desempeño agronómico, en poscosecha y costos de producción.

**Palabras clave:** *Lactuca sativa* L., técnicas y tecnologías, ambiente.

## Introducción

Se proyecta que el cambio climático impacte negativamente en la agricultura de regiones tropicales y subtropicales, (como el noroeste argentino -NOA-), modificando su aptitud productiva, aumentando plagas y enfermedades, afectando rendimientos y la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos (Abbass *et al.*, 2022; FAO, 2019; Gull *et al.*, 2019; IPCC, 2021). La lechuga (*Lactuca sativa* L.) pertenece a la familia Asteraceae y forma parte del grupo de hortalizas de hojas. En Argentina, ocupa el tercer lugar entre las hortalizas más cultivadas y consumidas, después de la papa y el tomate. Interesan para la alimentación humana y para regímenes dietéticos, ya que poseen bajo nivel calórico, alto contenido en minerales, fibras y vitaminas A, B, C, además de marcada perecibilidad (Brandán de Antoni, 2009; Vigliola, 1988). Se cultivan en los cinturones verdes de los centros urbanos y zonas especializadas de cultivo (Maroto *et al.*, 2000; Vigliola, 1988). Prefieren climas templados-frescos, ya que el incremento térmico estimula la elongación del escapo floral, la concentración de látex y confiere mal sabor (Maroto *et al.*, 2000). Sin embargo, se ha demostrado la plasticidad fenológica que pueden presentar, así como la sensibilidad de algunos cultivares a las condiciones ambientales, con énfasis en temperatura

(González *et al.*, 2004). Se sostiene que la mayor fuente de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) para los humanos son los alimentos vegetales, especialmente, las hortalizas de hoja. En el caso de la lechuga, puede presentar un contenido de  $\text{NO}_3^-$  superior al 10% del peso seco por planta. La parte de la planta que se consume y el contenido de  $\text{NO}_3^-$  del suelo, son factores que determinan el riesgo para la salud, de allí la importancia del manejo agronómico: la relación absorción de la planta–consumo humano es directa (Maroto *et al.*, 2000; Maynard *et al.*, 1976). La producción de hojas de calidad exige suelos con buen drenaje, capacidad de retención de humedad y elevada fertilidad. Considerando que el 95% del peso fresco es agua y que la lechuga posee un sistema radicular poco profundo, se deduce la importancia del aporte hídrico constante y uniforme durante el cultivo (Galván & Rodríguez, 1999). A nivel nutricional, el nitrógeno (N) es un elemento clave, ya que promueve aumentos en la producción. Su aporte se realiza de manera fraccionada: una parte antes o junto con la siembra o plantación y otra entre 21 y 30 días antes de la cosecha. Una cosecha de  $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  extrae del suelo aproximadamente 95 kg de N, 27 kg de P y 208 kg de K. En lechuga, el cultivo absorbe más del 70% del total de nutrientes tres semanas antes de la cosecha, por lo que es necesario mantener un nivel elevado de nutrientes

hasta ese momento. Dentro de los fertilizantes inorgánicos más utilizados se encuentran la urea y los fosfatos mono y diamónicos, que generalmente acidifican los suelos (Tarigo *et al.*, 2004; Añez & Espinoza, 2003). El efecto depende de la dosis, la formulación y el pH inicial del suelo. Los agroquímicos sintéticos utilizados en hortalizas de hoja, generan impactos ambientales negativos por contaminación de suelo, agua y aire, además de riesgos para la salud de los consumidores. Este escenario, sumado al cambio climático, agrava el efecto del estrés abiótico en la productividad de los cultivos, causando degradación del medio ambiente. Los factores de estrés abiótico (salinidad, sequía, calor, frío y escasez de minerales) se han convertido en amenazas graves para la producción agrícola mundial (FAO, 2019; Gull *et al.*, 2019). Estos estreses inducen toxicidad iónica, desequilibrios nutricionales y hormonales que afectan crecimiento y rendimiento. Ante ello, es necesario adoptar técnicas ecológicas de manejo de cultivos, incluyendo hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y *Trichoderma*, también denominados biofertilizantes. Las micorrizas mejoran el movimiento y la absorción de nutrientes en el suelo, reduciendo la necesidad de fertilizantes de síntesis. Así también, disminuyen la escorrentía, lixiviación y contaminación de agua, generando beneficios ambientales y

económicos para los productores (Rouphael *et al.*, 2015; Aziz *et al.*, 2023). Los HMA son microorganismos benéficos que viven en asociación mutualista con la raíz de la planta huésped en la rizósfera, mejorando su resistencia tanto a estreses bióticos como abióticos (Rouphael *et al.*, 2015; Aziz *et al.*, 2023). Se ha reportado que los HMA incrementan la biomasa en *Lactuca sativa* (Bonilla Llor & Solórzano, 2018). Otros microorganismos que interactúan en la rizósfera son los hongos del género *Trichoderma*, los cuales se adaptan a una amplia variedad de ambientes. Obtienen energía de residuos vegetales en descomposición y, en años recientes, se han confirmado propiedades benéficas que potencian su uso como bioestimulantes. Se ha demostrado que la producción de fitohormonas como auxinas y compuestos volátiles de *Trichoderma* estimulan la ramificación radicular y aumentan la capacidad para captar agua y nutrientes (López-Bucio, 2015). Por lo expuesto, este trabajo tiene como objetivo evaluar manejos agronómicos alternativos de hortalizas de hojas, en época estival, en el Pedemonte de Tucumán.

## **Materiales y métodos**

### *- Ubicación del ensayo*

Este ensayo se ejecutó en el campo experimental de la Cátedra Horticultura, de la Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria de la Universidad Nacional de

Tucumán (FAZyV-UNT), ubicado en Finca El Manantial (26°55' S, 65°20' W y 426 m de altitud). La zona de trabajo se ubica en Lules, Tucumán, dentro de la región agroecológica de la Llanura Chaco Pampeana subhúmeda-húmeda, siendo una de las áreas de importancia, para la producción hortícola provincial (Fig. 1). Con respecto a las características climáticas, la evapotranspiración anual es de 800-900 mm y el balance hídrico es positivo. La temperatura media anual es de 18,9 °C, con suelos que corresponden a un Argiudol Típico con drenaje moderado a bueno y resistencia al planchado (Zuccardi & Fadda, 1985).

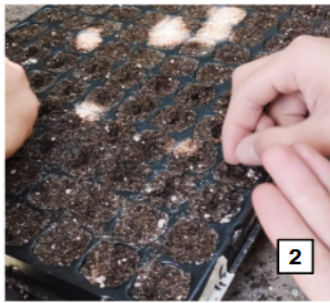


**Fig.1:** Campo experimental de Cátedra Horticultura (FAZyV-UNT) en El Manantial, Lules, Tucumán (Google Maps, 2024).

#### - *Material vegetal*

Se emplearon semillas comerciales de lechuga (*Lactuca sativa* L.), de dos (2) variedades: 'Maravilla de las Cuatro Estaciones' (M4E) del grupo que forma cabezas sueltas, extendidas, mantecosas y se caracteriza por poseer hojas con superficie ampollada, de color verde amarillento y en las partes expuestas al sol, tonos morados. En tanto, la variedad

'Waldman's Green' (WG), pertenece al grupo de hojas sueltas (no forma cabeza), es ampliamente difundida en la provincia, debido a su buena aceptación tanto en la producción como en el consumo regional. Las semillas presentaron una pureza varietal (P) del 99% y una pureza físico-botánica del 99%, con un poder germinativo mínimo del 70%, garantizando un adecuado establecimiento inicial. Este cultivar es de tamaño mediano, color verde intenso y con hojas onduladas; es valorado por su rusticidad y adaptación a condiciones agroecológicas como las locales, mostrando buena tolerancia a las altas temperaturas. La siembra se realizó en contenedores plásticos rígidos, modelo de bandeja de 162 celdas, con un volumen individual de 17 cc. Como medio de germinación y crecimiento inicial se utilizó un sustrato comercial, previamente homogeneizado, lo cual permitió una adecuada aireación, retención de humedad y disponibilidad de nutrientes para las plántulas. El uso de bandejas multicelda permitió la obtención de plantines uniformes y facilitó el posterior trasplante, minimizando pérdidas en la etapa de establecimiento. Así también, el empleo de materiales certificados (semillas – Figuras 2 y 3), aseguró la trazabilidad genética y sanitaria, condición fundamental en ensayos que buscan evaluar la interacción entre bioinsumos y sistemas de manejo agrícolas.



**Fig. 2:** Siembra en bandejas con 162 celdas.



**Fig. 3:** Plántulas de lechuga 7 días después de la fecha de siembra.

#### - Inoculación

La inoculación con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) se realizó en la etapa pre-trasplante, utilizando un producto comercial líquido formulado a base de propágulos de *Glomus intraradices* (actualmente *Rhizophagus irregularis*). Esta especie constituye uno de los agentes micorrícicos más difundidos en la agricultura, por su capacidad para establecer asociaciones simbióticas estables con un amplio rango de cultivos hortícolas, favoreciendo la absorción de fósforo y micronutrientes, mejorando la tolerancia a condiciones de estrés abiótico y contribuyendo a una mayor uniformidad y precocidad en la producción. El inoculante empleado contiene propágulos

viables, suspendidos en un soporte líquido inerte, lo que garantiza la viabilidad y su distribución homogénea. De igual manera, se aplicó un inoculante líquido a base de *Trichoderma viride*, especie ampliamente documentada por sus propiedades de biocontrol frente a patógenos del suelo y por su acción bioestimulante sobre el crecimiento vegetal. *T. viride* tiene capacidad para colonizar rápidamente la rizósfera, competir eficazmente por nutrientes y espacio, secretar metabolitos antifúngicos y estimular la producción de fitohormonas y enzimas asociadas a la ramificación radicular. Estos mecanismos permiten mejorar la captación de agua y nutrientes, inducir resistencia en la planta frente a estreses bióticos y abióticos y, en consecuencia, favorecer el rendimiento y la calidad del cultivo. El procedimiento de inoculación fue idéntico para ambos bioinsumos (Figura 4). Los plantines fueron tratados por inmersión radicular en una solución preparada con las dosis correspondientes a cada producto comercial, de manera independiente, a razón de: 0,5 l·ha<sup>-1</sup> para HMA y 1 l·ha<sup>-1</sup> para *Trichoderma viride*, durante 30 minutos. Una vez transcurrido ese tiempo, las raíces se escurrieron durante 10 segundos y los plantines se trasplantaron inmediatamente en el campo, según el diseño experimental y manejos de coberturas de suelo y nutrición.



Fig. 4: Biofertilizantes comerciales utilizados.

#### - Trasplante

Treinta días antes del trasplante, se realizó un análisis de suelo del campo, para conocer sus propiedades físico-químicas. Se determinó un pH ligeramente ácido (6,6) que favorece la disponibilidad de nutrientes esenciales y es compatible con el rango óptimo para la simbiosis micorrízica. La conductividad eléctrica (0,2 dS/m) indicó una baja salinidad, sin riesgo de estrés osmótico para las plantas. El contenido de materia orgánica fue moderado (2,13%), con un nivel aceptable de nitrógeno total (Nt= 0,1%) y una CIC o capacidad de intercambio catiónico de 13,9 cmolc/kg que indica una adecuada capacidad de retención y disponibilidad de nutrientes. En cuanto a los cationes intercambiables, se registraron correctos niveles de calcio (Ca= 6 cmolc/kg) y potasio (K= 1,3 cmolc/kg), en tanto, se determinaron en menores proporciones el magnesio (Mg= 0,6 cmolc/kg) y el sodio (Na= 0,3 cmolc/kg). Estas condiciones edáficas

permiten interpretar los resultados del ensayo en un contexto de fertilidad moderada, sin restricciones para la efectividad de la inoculación con HMA ni con *T. viride*, ni para el crecimiento del cultivo de lechuga.

Este suelo se preparó mecánicamente con rastra y se acondicionó con herramientas manuales, a fin de eliminar capas compactadas, favorecer la aireación, infiltración y la posterior implantación de los plantines. Sobre el suelo preparado se procedió al armado de platabandas elevadas, para facilitar el drenaje y las labores culturales. Las dimensiones fueron: 0,50 m de ancho y separadas 1,00 m entre centro y centro de platabanda. Una vez conformadas, se dispusieron las tres coberturas de suelo: viruta de pino (V), *mulching* plástico (MP) y suelo desnudo (SD). La viruta de pino, utilizada como acolchado orgánico, tuvo por objetivo disminuir la evapotranspiración, atenuar las variaciones de temperatura y reducir la emergencia de malezas. El *mulching* plástico, de color negro, se aplicó como cobertura inorgánica, actuando como barrera física, capaz de conservar la humedad edáfica, disminuir el crecimiento de malezas y modificar el microclima cercano al suelo. Finalmente, en las platabandas con suelo desnudo, no se aplicó cobertura, lo que permitió disponer de un control directo para evaluar las diferencias atribuibles a las prácticas

de manejo agronómico de suelo, como se muestra en la Figura 5. El trasplante se efectuó inmediatamente después de la inoculación de los plantines, con el fin de asegurar el establecimiento temprano de los bioinsumos en la rizósfera y evitar la pérdida de viabilidad del inóculo aplicado. Se trasplantó sobre las platabandas, con doble hilera y disposición de tresbolillo, con distancias de 0,25 m entre plantas y entre hilera (Figuras 6 y 7).



**Fig. 5:** Terreno con las diferentes coberturas de suelo, pre-trasplante.



**Fig. 6:** Etapa de trasplante.

- *Parámetros morfo-fisiológicos de crecimiento*

Durante el ciclo del cultivo, en primer lugar, se cuantificó el porcentaje de supervivencia (%S) al trasplante, como indicador de la adaptación inicial de los plantines de las variedades (WG y M4E),

en las condiciones de campo, con las coberturas de suelo y nutriciones. Así también, se evaluó el número de hojas (NH) emitidas por planta (por conteo) y la altura de la roseta (AP con regla graduada), variables que reflejan el vigor vegetativo y la capacidad fotosintética del cultivo. En la etapa de cosecha se determinó el rendimiento a partir del peso fresco de las plantas (PF con balanza comercial), información útil para comparar la productividad y eficiencia de los tratamientos aplicados durante el ciclo productivo. Complementariamente, en la fase de poscosecha se evaluó la vida útil de plantas, bajo condiciones controladas de almacenamiento, con el fin de estimar la duración, calidad comercial e incidencia de los tratamientos en la conservación. Estos parámetros en conjunto, permitieron obtener una visión integral del desempeño del cultivo desde el establecimiento hasta las etapas de cosecha y poscosecha.



**Fig. 7:** T1-WG-SD 28 días después del trasplante.

- *Condiciones meteorológicas*

Se llevó un registro detallado de las condiciones ambientales, en especial de

las temperaturas y precipitaciones, desde noviembre – diciembre hasta febrero. Esta información se obtuvo con la estación meteorológica Davis, modelo Vantage Pro II, instalada en Finca El Manantial y permitió analizar la influencia de las variables climáticas sobre el ciclo productivo de las dos (2) variedades de lechuga (WG y M4E). Además, se complementaron algunos datos con información de la página oficial de la sección Agrometeorología de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC, 2024).

#### - Diseño y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA), con 2 variedades de lechuga 'Waldman's Green' y 'Maravilla de las Cuatro Estaciones' (WG y M4E); 3 coberturas de suelo: viruta, mulching plástico y suelo desnudo (V, MP y SD) y 10 repeticiones por tratamiento (T). Los T fueron: T1: plantas con fertilización convencional (productores), de síntesis (fosfato diamónico: 2,5 g/planta); T2: plantas inoculadas con HMA (0,5 l.ha<sup>-1</sup>) y T3: con *Trichoderma* (10 ml.l<sup>-1</sup> de agua); T4: 25% T1 + biofertilizantes. Para evaluar el efecto de la nutrición y la cobertura sobre las variables en estudio, se aplicó un análisis de la varianza (ANOVA) de dos vías, considerando ambos factores y su posible interacción. Previamente, se verificaron los supuestos del modelo lineal general (normalidad de residuos,

homogeneidad de varianzas y ausencia de valores extremos). En todos los casos, se confirmó la validez de la aplicación del ANOVA y se empleó test de Tukey para comparar las medias, con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

## Resultados y discusión

### - Supervivencia de plantas

El porcentaje de supervivencia al trasplante (% S) estuvo influenciado por la cobertura de suelo, variedad y nutrición. Las parcelas con viruta (V= 42,55 %) mostraron diferencias significativas respecto a las otras coberturas, siendo el suelo desnudo (SD= 28,99 %) el de menor desempeño (Figura 8), en este aspecto, se acuerda con lo señalado por Galván & Rodríguez (1999), acerca del rol de las coberturas para la conservación de la humedad y reducción del estrés inicial de las plantas. Hubo diferencias significativas entre las variedades WG (75 %) y M4E (23 %) por características genotípicas y entre nutriciones, así T4 (54,86 %) y T1 (50,66 %), superaron a T2 (24,82 %) y T3 (16,81 %) en porcentaje de supervivencia (Figura 9). Estos resultados coinciden con Tarigo *et al.* (2004) y evidencian que la fertilización química en dosis correcta, o más aún, en combinación con bioinsumos, asegura un mayor y mejor establecimiento inicial de las plantas, comparada con los % S que se logran con los biofertilizantes, de manera independiente o individual.

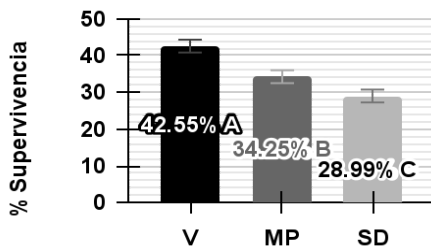


Fig. 8: % S según cobertura de suelo.

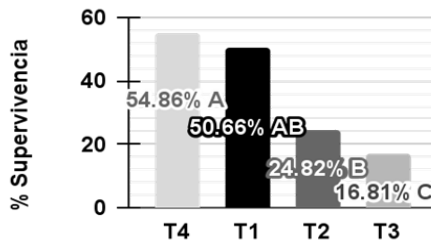


Fig. 9: % S según tratamiento nutricional.

- Número de hojas (NH)

El número de hojas por planta no difirió estadísticamente entre las coberturas de suelo, aunque cuantitativamente, la viruta tendió a producir plantas con mayor NH (Figura 10). Hubo diferencias varietales, WG (18,5) superó a M4E (13,8), evidenciando mayor capacidad de emisión foliar y adaptación al ambiente en concordancia con lo reportado por González *et al.* (2004) sobre la plasticidad fenológica de cultivares de hoja. En nutrición, T4 ≈ 18 hojas/planta (Figura 11) mostró diferencias significativas con el resto de nutriciones, sugiriendo que la combinación 25% de fertilización de síntesis y bioinsumos, estimulan el crecimiento vegetativo, probablemente a través de efectos hormonales asociados a *Trichoderma* (López-Bucio, 2015) y al

aprovechamiento de nutrientes facilitado por los HMA (Rouphael *et al.*, 2015).

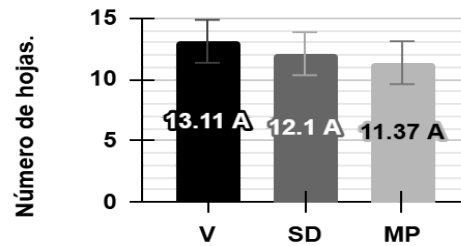


Fig. 10: NH según cobertura de suelo.

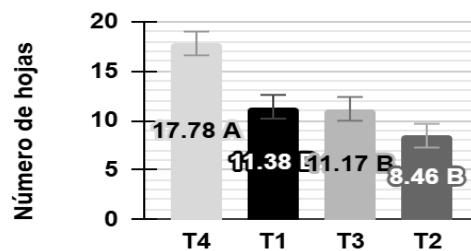


Fig. 11: NH según tratamiento nutricional.

- Altura de planta (AP)

La altura de planta o tamaño, siguió un patrón similar, con mayores valores en parcelas con viruta (16,94 cm) y el menor crecimiento en suelo desnudo (11 cm) (Figura 12). Así también se observó un marcado efecto del tratamiento nutricional T4 (≈ 25 cm) vs. T1 (≈ 10)-T3 (≈ 13) y T2 (≈ 8) (Figura 13). Esto resalta la sinergia entre nutrición mineral y biológica, lo que coincide con los resultados de Bonilla Llor & Solórzano Zambrano (2018), quienes demostraron que la inoculación con HMA potencia la biomasa aérea en *Lactuca sativa*.

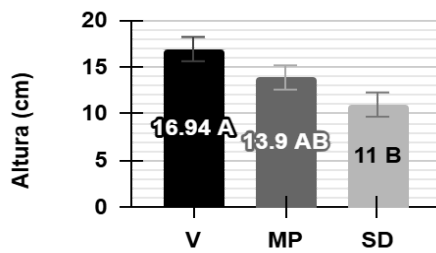


Fig. 12: AP (cm) según cobertura de suelo.

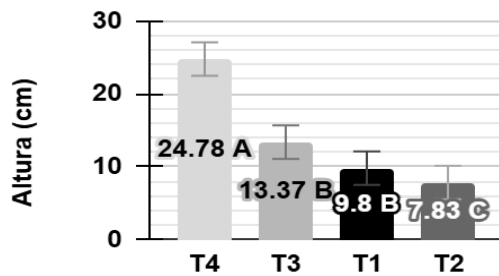


Fig. 13: AP según tratamiento nutricional.

#### - Rendimiento

El rendimiento en biomasa fresca (PF) estuvo influenciado por la cobertura de suelo (Figura 14), lográndose mejores resultados con viruta (V= 2836,68 kg.ha<sup>-1</sup>) y con *mulching* plástico (MP= 2588,68 kg.ha<sup>-1</sup>) frente al suelo desnudo (SD= 1932,68 kg.ha<sup>-1</sup>). No hubo diferencias estadísticas entre variedades, aunque 'Waldman's Green' presentó una ligera ventaja cuantitativa (Figura 15). Entre nutriciones (Figura 16), se diferenciaron dos grupos, según los rendimientos: T4 (3657,35 kg.ha<sup>-1</sup>) - T1 (3377,75 kg.ha<sup>-1</sup>) fueron superiores a T2 (1657,67 kg.ha<sup>-1</sup>) - T3 (1120,67 kg.ha<sup>-1</sup>). Estos resultados confirman que la fertilización de síntesis, sostiene los mayores rendimientos, sin embargo, una estrategia integrada, empleando bajas dosis de agroquímicos y

con bioinsumos/ biofertilizantes, puede igualar y/o incluso superar esa respuesta, como ocurre en este ensayo con T4 y también sugieren como Añez & Espinoza (2003) y Abbass *et al.* (2022) la necesidad de buscar y manejos más eficientes frente al cambio climático.

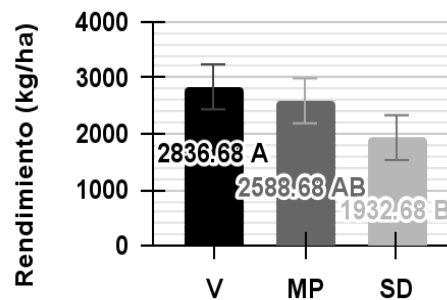


Fig. 14: Rendimiento según cubierta de suelo.

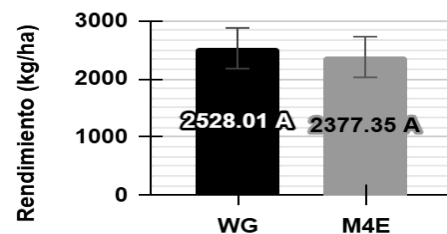


Fig. 15: Rendimiento según variedad.

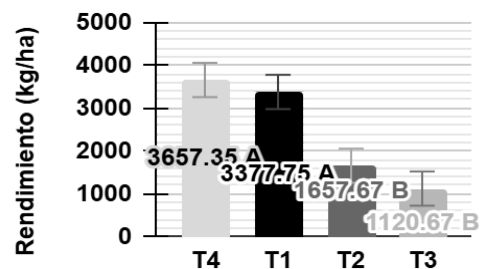


Fig. 16: Rendimiento según nutrición.

#### - Vida útil poscosecha (VU)

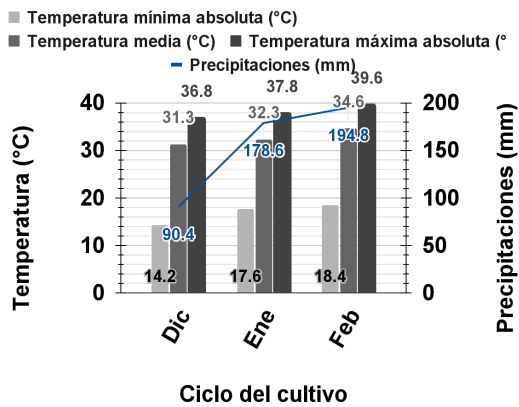
En poscosecha, la vida útil de las plantas dependió de las características varietales y de la nutrición del cultivo. 'Waldman's Green' (WG≈ 8 días) superó a 'Maravilla

de las Cuatro Estaciones' (M4E $\approx$  5 días), destacándose como material de mayor aptitud comercial en la época estival. En nutrición, T4 ( $\approx$  8 días) prolongó significativamente la conservación en fresco respecto a los demás tratamientos, que no difirieron entre sí ( $\approx$  6 días). Estos resultados muestran que T4, con la combinación de fertilización con dosis reducida, junto a los bioinsumos, también podría incrementar la durabilidad o vida útil del producto, lo cual es clave en hortalizas de hoja de elevada perecibilidad (Brandán de Antoni, 2009; Maroto *et al.*, 2000).

#### - Condiciones meteorológicas

Durante el ciclo estival se registraron temperaturas y precipitaciones elevadas que condicionaron el desempeño óptimo del cultivo. En diciembre de 2024 (con plantas trasplantadas), la temperatura mínima absoluta fue de 14,2 °C, la media de 31,3 °C y la máxima absoluta de 36,8 °C, con precipitaciones de 90,4 mm. En enero y febrero se presentaron las condiciones más extremas, con 18,4 °C de temperatura mínima, 34,6 °C de media, 39,6 °C de máxima absoluta y 194,8 mm de precipitación. La persistencia de temperaturas medias  $\geq$  30 °C (Figura 17), durante los meses estivales en Tucumán, acortaron la duración del ciclo productivo, generaron plantas de menor tamaño y peso, aunque de buen sabor. A nivel ambiental, aumentó la evapotranspiración

y el estrés por altas temperaturas, afectando la supervivencia de plantas, la eficiencia fisiológica y la acumulación de biomasa (González *et al.*, 2004; Gull *et al.*, 2019). En este contexto, el uso de coberturas de suelo resultó fundamental para amortiguar los efectos del microclima edáfico (Galván & Rodríguez, 1999), mientras que la fertilización combinada con bioinsumos, contribuyó a sostener el rendimiento y prolongar la vida útil de las plantas en poscosecha (Tarigo *et al.*, 2004; Rouphael *et al.*, 2015). Se destaca que el cultivo de lechuga es de clima templado-fresco y si bien, se realizan cultivos estivales en nuestro medio, éstos se efectúan en zonas de mayor altura y no en la llanura, Sin embargo, aún con las limitantes citadas, se lograron producir dos variedades de lechuga, demandadas por los consumidores y con niveles de calidad y rendimientos aceptables para la época ( $\approx$  3500 kg.ha<sup>-1</sup>). Estos resultados adquieren especial relevancia frente al escenario de cambio climático, donde se prevé un incremento en la frecuencia de altas temperaturas y precipitaciones intensas en regiones subtropicales, lo que acentúa la necesidad de estrategias de manejo sustentables que aumenten la resiliencia de los cultivos y beneficien a los productores (IPCC, 2021).



**Fig. 17:** Condiciones meteorológicas registradas durante el ciclo productivo.

## Conclusiones

El desempeño de las hortalizas de hoja en época estival en el Pedemonte y llanura de Tucumán, estuvo condicionado por la interacción entre el manejo agronómico y las variables ambientales. Las coberturas de suelo (viruta y mulching plástico), favorecieron la supervivencia inicial y el crecimiento vegetativo de plantas, frente a las altas temperaturas y precipitaciones estivales, mientras que el suelo desnudo presentó resultados consistentemente inferiores. Entre las variedades de lechuga ensayadas, 'Waldman's Green' se destacó por una adecuada estabilidad en los parámetros de crecimiento y mayor vida útil en poscosecha, lo que la posiciona como un material de interés para sistemas productivos de ambientes subtropicales. Respecto a la nutrición, la combinación de una dosis reducida de fertilización convencional con bioinsumos (T4) fue el tratamiento más eficiente, ya que permitió

obtener mayor altura/tamaño de planta, número de hojas, mayor rendimiento y vida útil más prolongada en poscosecha. Por el contrario, los tratamientos con HMA y *Trichoderma viride* aplicados de manera independiente, no alcanzaron resultados productivos equivalentes, evidenciando la necesidad de estrategias integradas para sostener la productividad en condiciones de estrés y/o inestabilidad ambiental, en procura de beneficiar a productores y consumidores.

**Agradecimientos:** este estudio forma parte del plan de Beca BEI-UNT (Becas Estudiantiles de Investigación de la Universidad Nacional de Tucumán -2024). Fue financiado y desarrollado en el marco del PIUNT A 734: *Estrategias de manejos alternativos en cultivos hortícolas de interés regional y su interacción con variables agroclimáticas y meteorológicas*. (SCAIT-CIUNT). Un reconocimiento especial a mi Directora.

## Bibliografía citada

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 42539–42559.

- <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Añez, B., & Espinoza, W. (2003). Respuestas de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica. *Revista Forestal Venezolana*, 47(2), 73–82.
  - Aziz, M., Islam, S., Gani, G., Dar, Z. M., Masood, A., & Baligah, S. H. (2023). AM fungi as a potential biofertilizer for abiotic stress management. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.108537>
  - Bonilla Loor, M. J., & Solórzano Zambrano, L. J. (2018). Evaluación de la eficiencia de comunidades de hongos micorrízicos arbusculares. *PRO-SCIENCES: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 2(15), 1–7.
  - Brandán de Antoni, E. (2009). La lechuga. En *Tratado de horticultura* (pp. 319–334). Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.
  - Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2018). InfoStat. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
  - EEAO. (2024). Sección de Agrometeorología de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. <https://agromet.eeaoc.gob.ar/graficos.php?opcion=1&estacn=2049&desd=e=01/01/2000&hasta=01/01/2000>. Consulta: julio de 2024.
  - Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). FAOSTAT. FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
  - Galván, G., & Rodríguez, J. (1999). *Cultivos de hoja. Lechuga. Generalidades y ecofisiología*. Facultad de Agronomía, Montevideo.
  - González, A., Pozo, L. M. I., del Cotroneo, A., & Pertierra, L. D. (2004). Días a floración en espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en diversas épocas de siembra: respuesta a la temperatura y al fotoperiodo. *Agricultura Técnica*, 64(4), 331–337. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/29275>
  - Google Maps - Ubicación del ensayo. En <https://www.google.com/search?q=google+maps+tucuman>, Consulta: julio 2024.
  - Gull, A., Lone, A., & Islam Wani, N. U. (2019). Biotic and abiotic

- stresses in plants. En A. B. de Oliveira (Ed.), Abiotic and biotic stress in plants. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/books/abiotic-and-biotic-stress-in-plants/biotic-and-abiotic-stresses-in-plants>
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021) Cambio climático 2021. Bases físicas. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WG1\\_SPM\\_Spanish.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf). Consulta: abril 2025.
  - López-Bucio, A. (2015). Trichoderma as biostimulant: Exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. *Scientia Horticulturae*, 196, 109–123.
  - Maroto Borrego, J. V., Gamez, A. M., & Baixauli Soria, L. C. (2000). La lechuga y la escarola. Mundi Prensa.
  - Maynard, D. N., Barker, A. V., Minotti, P. L., & Peck, N. H. (1976). Nitrate accumulation in vegetables. En N. C. Brady (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 28, pp. 71–118). Academic Press.
  - Mercado Central de Buenos Aires. (2024). Estacionalidad de las hortalizas de hoja en los meses de verano. <https://mercadocentral.gob.ar/news/estacionalidad-de-las-hortalizas-de-hoja-en-los-meses-de-verano-2024>
  - Mercado Central de Buenos Aires. (2024, julio). Informe de monitoreo federal. <https://mercadocentral.gob.ar/news/informe-de-monitoreo-federal-julio-2024>
  - Roupshael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., & Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196, 91–108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.002>
  - Tarigo, A., Repetto, C., & Acosta, D. (2004). Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a campo. Universidad de la República, Montevideo.
  - Vigliola, M. (1988). Manual de horticultura (1ª ed., pp. 81–89). Editorial Hemisferio Sur.
  - Zuccardi, R. B., & Fadda, G. S. (1985). Bosquejo agrológico de la provincia de Tucumán. Miscelánea N.º 86, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.

## 9. Desafíos de biotecnología y bioquímica

### EVALUACIÓN DE CARACTERES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE NÚCLEOS GENÉTICOS DE BOVINOS DE CARNE DE LA REGIÓN NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES BASADA EN MARCADORES MOLECULARES

Autora: Dunne, Camila, [cdunne@alumnos.unsada.edu.ar](mailto:cdunne@alumnos.unsada.edu.ar)

Profesores guía: Ferreyra, Santiago<sup>1</sup>, [santiago.ferreyra@unsada.edu.ar](mailto:santiago.ferreyra@unsada.edu.ar); Scotti, Leopoldina<sup>1</sup>, [lscotti@docentes.unsada.edu.ar](mailto:lscotti@docentes.unsada.edu.ar)

<sup>1</sup> Universidad Nacional de San Antonio de Areco – Argentina

---

#### Resumen

La identificación de genes asociados a caracteres productivos y de calidad de carne constituye una herramienta estratégica para acelerar el progreso genético y mejorar la rentabilidad ganadera. El objetivo de este trabajo fue evaluar parámetros fenotípicos y reproductivos en machos Aberdeen Angus y analizar la presencia de marcadores moleculares en genes candidatos a selección. Se midieron Peso Vivo, Ganancia Diaria de Peso Vivo, Altura a la Cruz, Altura a la Grupa, Frame Score y Circunferencia Escrotal (CE) en 16 animales, además de obtener muestras de bulbo piloso para análisis moleculares. Se registró variabilidad en las ganancias de peso, influida por cambios de dieta, con tendencia al amesetamiento del crecimiento en altura entre 17–20 meses. La CE aumentó con la edad, alcanzando 30 cm en animales de 11–13 meses, en concordancia con la bibliografía. Mediante PCR-HRM se identificaron variantes alélicas en IGF1, ligado a madurez sexual, predominó el genotipo CC (75%), seguido de TT (18,7%) y CT (6,3%), con alta frecuencia del alelo C (78,1%), asociada a menor precocidad. En CAPN1, vinculado a terneza, proteólisis post mortem se observaron genotipos CG (81,2%), CC (12,5%) que indica carne menos tierna y GG (6,3%) mayor terneza. En CAST, inhibidor de calpaína (CAPN1), predominó CG (56,2%), seguido de CC (37,5%) y GG (6,3%), con frecuencia C=65,6%, que indica menor actividad de CAST y por lo tanto mayor terneza. La integración de datos fenotípicos y moleculares aporta información clave para programas de mejora genética en pequeños y medianos productores, optimizando eficiencia y sustentabilidad de los sistemas ganaderos.

**Palabras clave:** Bovinos, selección, marcadores moleculares

---

## INTRODUCCIÓN

### Ganadería de carne en Argentina

La producción de carne bovina es una actividad clave para la economía argentina. Si bien el ganado vacuno está distribuido en todo el país, las características agroecológicas permiten identificar cinco grandes regiones ganaderas: Región Pampeana (principal área ganadera), Región del Noreste (NEA), Región del Noroeste (NOA), Región Semiárida, Región Patagónica.

La Región Pampeana concentra la mayor parte del stock bovino. Según el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), hasta el año 2021, las existencias de bovinos se distribuían de la siguiente manera: 20.113.909 en la provincia de Buenos Aires; 4.730.134 en Córdoba; 6.255.687 en Santa Fe; 4.493.777 en Corrientes, y 4.380.057 en Entre Ríos.

### Cadena de producción de carne

Silva (2004) identificó cuatro actores principales en la cadena de producción de carne en Argentina:

- Criadores: ganaderos que poseen rodeos de vientres y toros, con el objetivo de producir terneros. Esta etapa abarca desde el nacimiento hasta el destete. Una vez destetados, los terneros pasan a la recría, que se puede realizar en el

mismo campo o en el campo del invernador.

- Invernadores: Estos engordan los terneros/as luego de su destete.
- Feed-lots: maximizan la ganancia diaria de peso, superior a 1 kg por animal por día.
- Frigoríficos/Mataderos: Según MAGyP, (2021), en esta etapa se obtienen dos medias reses, además de una variedad de productos y subproductos como cuero, sangre, grasas, menudencias y vísceras que siguen diferentes cadenas de valor.

Si bien estos actores conforman el núcleo operativo de la cadena de valor de la carne bovina, el origen de toda mejora genética y productiva radica en un eslabón esencial:

- Cabañas o Criadores de reproductores: encargados de desarrollar y proveer animales reproductores con atributos genéticos superiores, que luego impactan en toda la cadena productiva.

Resulta clave comprender su situación y su rol estratégico

dentro del sistema ganadero argentino.

## Situación general de productores de cabañas

En 2018 se registraron 789 Explotaciones Agropecuarias (EAP) de cabañas, 361 en Buenos Aires, con predominio de Aberdeen Angus (279) y Hereford (71) (INDEC, 2018). En el noreste bonaerense, SENASA (2025, comunicación personal.) registró 45 establecimientos, destacándose San Vicente y Suipacha con 6 cada uno.

Las cabañas desempeñan un papel fundamental en la implementación de mejoras genéticas y en el aprovechamiento de herramientas tecnológicas avanzadas que contribuyen al desarrollo del sector. Sin embargo, también es importante destacar el rol de pequeños y medianos productores de animales reproductores, quienes, pese a las limitaciones económicas y tecnológicas que enfrentan, aplican su experiencia y conocimiento en la selección genética de sus rodeos.

La articulación entre la producción y la ciencia resulta clave para enfrentar problemas complejos del sector ganadero. Es necesario que la investigación científica y el desarrollo tecnológico estén al servicio de los productores. Por ello, como una alternativa, surge la necesidad de generar y facilitar el acceso a información fenotípica y genética precisa, que sirva de respaldo hacia el productor en la toma de decisiones y mejora en sus rodeos.

## Crecimiento y desarrollo

Según Hammond *et al.* (1960) el crecimiento se define como el aumento de peso que experimentan los animales desde su nacimiento hasta estabilizarse en la edad adulta. Por otro lado, el desarrollo lo define como a las modificaciones que ocurren en las proporciones corporales, la conformación, la composición química y las funciones fisiológicas del animal a medida que envejece. Según Bavera *et al.* (2005), el crecimiento en animales se evalúa principalmente a través del peso corporal, representado en una curva de crecimiento que refleja la acumulación de peso a lo largo del tiempo. Esta curva presenta dos fases:

Autoaceleración: en los primeros meses de vida, con altas ganancias de peso.

Auto inhibición: cercana a la pubertad, cuando el crecimiento se desacelera hasta la madurez. El punto de inflexión marca la transición entre ambas fases y coincide con la pubertad. Se define como la edad en que el animal alcanza la madurez sexual, corresponde al momento en que la circunferencia escrotal alcanza los  $27,9 \pm 0,2$  cm (Lunstra, 1978).

El crecimiento también se relaciona con el tamaño estructural o Frame (F), que mide la relación entre la altura de la grupa y la edad, expresándose en una escala de 1 a 9 (Pourrain, 2004). Los animales de mayor frame alcanzan la pubertad más tarde,

mostrando menor precocidad, mientras que los de menor frame llegan a la madurez a una edad más temprana, reflejando mayor precocidad (Bavera *et al.*, 2005).

El crecimiento y la madurez sexual de los bovinos están determinados por la genética, lo que permite usar marcadores moleculares para mejorar el rendimiento reproductivo y la calidad de carne. La secuenciación del genoma bovino en 2009 marcó un hito, al posibilitar la identificación de miles de SNPs, que hoy son clave en el mejoramiento genético animal (Elsik *et al.*, 2009).

### Marcadores moleculares

Los SNPs son los marcadores moleculares más utilizados, ya que permiten predecir el potencial genético de un animal antes de que exprese un carácter, facilitando la selección en rasgos como ternera, marmoleo, fertilidad y docilidad. El desarrollo de chips de genotipado ha potenciado la selección asistida por marcadores, especialmente en razas como Angus y Hereford (Berger, 2008; Van Eenennaam *et al.*, 2007; Lirón *et al.*, 2012).

### Marcadores de precocidad

Este rasgo resulta clave para reducir el período improductivo del animal y aumentar la rentabilidad del sistema.

Factores endocrinos y metabólicos como IGF1, insulina, leptina y GH participan en la pubertad bovina, destacándose el IGF1 por su rol en el desarrollo testicular y la espermatogénesis. Altos niveles de IGF1 se asocian a mayor perímetro escrotal y mejor calidad seminal, lo que lo convierte en un candidato relevante en la selección por precocidad (Thomas *et al.*, 2002; Bagu, 2006). En Angus, el polimorfismo IGF1-SnaBI se relaciona con la edad de pubertad: toritos con genotipo CC alcanzan la madurez reproductiva más tarde que los portadores de alelos CT o TT (Lirón *et al.*, 2012).

### Marcadores de ternera

La calidad de la carne bovina constituye un importante factor de interés económico. Entre todos los atributos que contribuyen a la calidad, se ha comprobado que la ternera es el más apreciado por los consumidores. (IPCVA 2011).

En bovinos, los genes CAPN1 (calpaína 1) actúa sobre el tejido muscular y CAST (calpastatina) es su principal inhibidor, por lo que ambos son determinantes en la ternera, ya que regulan la degradación de proteínas musculares post mortem.

Para CAPN1 316, el genotipo **GG** en animales Angus, se asocia con carne más tierna, mientras que **GC** y especialmente **CC** con mayor dureza (Casas *et al.*, 2006; Page *et al.*, 2002).

En CAST 282, el genotipo **CC** se vincula a mayor terneza, el **GG** a carne más dura, y el **CG** muestra efectos intermedios, con resultados consistentes en razas taurinas y cebuinas (Page *et al.*, 2002; Barendse *et al.*, 2007).

En este marco, resulta prioritario integrar los conocimientos tradicionales del productor con herramientas tecnológicas que permitan seleccionar reproductores con mayor precisión y eficiencia. La incorporación de datos fenotípicos junto con el análisis genético mediante marcadores moleculares, ofrece una oportunidad única para mejorar los parámetros productivos del rodeo.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar caracteres productivos y reproductivos de un núcleo genético de bovinos y analizar la presencia de marcadores moleculares en genes candidatos a selección.

### Objetivos específicos

- Medir caracteres fenotípicos a campo: Altura a la Cruz, Altura a la Grupa, Frame Score, Circunferencia Escrotal, Peso Vivo y Ganancias Diarias de Peso Vivo.
- Analizar marcadores moleculares de genes de producción y

reproducción vinculados a criterios de selección: IGF1, CALP Y CAST.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Escuela de la UNSAdA (Universidad Nacional de San Antonio de Areco) durante 14 semanas, entre noviembre 2024 y febrero 2025.

Se elaboró un perfil meteorológico (figura 1) con datos de temperatura, humedad y precipitaciones registrados diariamente por una estación meteorológica del campo, promediados de forma semanal.

Se trabajó con 16 toros Aberdeen Angus ( $311 \pm 39$  kg), nacidos entre mayo y diciembre de 2023 y destetados en febrero de 2024, provenientes de un establecimiento dedicado a la selección genética.

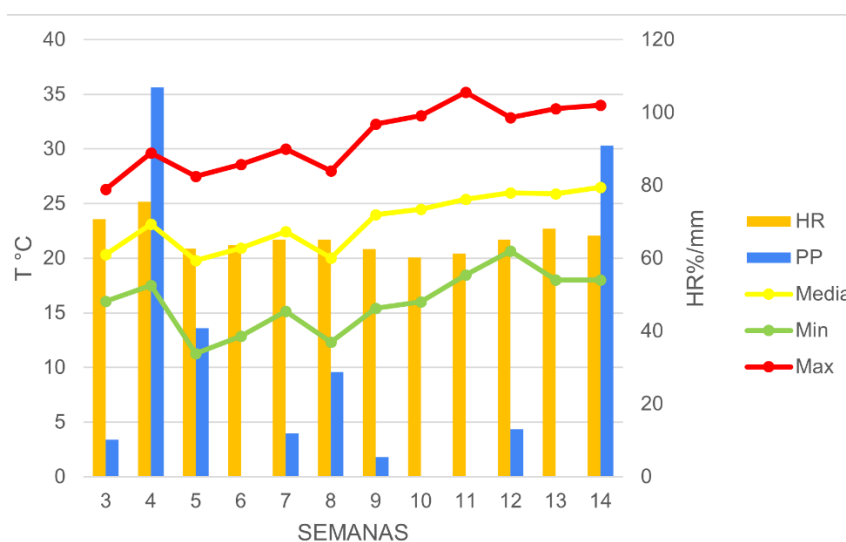
Los animales fueron manejados en pastoreo rotativo con suplementación, sobre una pastura polifítica naturalizada (*Lolium*, *Bromus*, *Trifolium spp.*, *Lotus tenuis*, *Paspalum* y *Cynodon*), con parcelas de 0,4–0,5 ha y permanencias  $\leq 7$  días.

Al iniciar el ensayo, se realizó una adaptación al balanceado, dado que los animales provenían de una dieta basada en pastizales naturales limitados. La misma tuvo una duración de 7 días, en la cual, de manera gradual se incorporó el suplemento “recrea” desde los 0,8 kg/animal/día (0,3

%PV) hasta alcanzar 1,5 kg/animal/día (0,5 %PV) y se mantuvo hasta la semana 8. A partir de la semana 8, los animales pasaron de comer alimento de recría a un alimento balanceado para reproductores (0,5% PV). En la semana 10, el suplemento

se incrementó a 2,4 kg/animal/día (0,7 %PV) y finalmente, en la semana 12, la ración alcanzó los 3,4 kg/animal/día (1%PV), manteniéndose así hasta la finalización del ensayo (semana 14).

**Figura 1:** Perfil meteorológico, promedio semanal de Temperaturas Máximas (T°Max), Mínimas (T°Min), Media (T°), Humedad Relativa (HR%) Y Precipitaciones (PPmm) registradas durante el periodo experimental.



Fuente: Elaboración propia a partir de los registros obtenidos de la Estación Meteorológica EasyWeather® ubicada en el Campo-Escuela de la UNSAdA.

### Mediciones de performance

Los animales fueron identificados con caravanas electrónicas oficiales (SENASA) y caravanas de tarjeta del establecimiento, lo que permitió un seguimiento individualizado y un registro preciso de datos. Las mediciones se realizaron en una casilla de operaciones con cepo y balanza electrónica, conectada a un monitor de

lectura y a un bastón lector de caravanas mediante Bluetooth, optimizando la carga de información.

Variables productivas medidas:

- Peso Vivo (PV): registrado cada 2 semanas (6 mediciones en total). Se utilizó el PV promedio para ajustar la ración cuando fue necesario.

- Ganancia de Peso Vivo (GPV): diferencia entre dos PV consecutivos.
- Ganancia Diaria de Peso Vivo (GDPV): calculada como GPV dividido por los días entre mediciones. Se obtuvieron 5 valores a partir de las 6 pesadas. También se calculó la GDPV media considerando el peso inicial y final del ensayo.

Mediciones de conformación:

- Altura a la Cruz (AC) y Altura a la Grupa (AG): medidas con tallímetro cada 4 semanas.
- Frame Score (F): estimado para cada animal con base en la altura a la grupa y la edad, utilizando la calculadora de la Asociación Argentina de Angus. Se obtuvo un Frame promedio individual y otro agrupado por progenitor.
- Circunferencia Escrotal (CE): medida con escrotímetro en la región medial de los testículos, con frecuencia mensual, al igual que la altura.

### Mediciones genotípicas

Extracción de ADN:

Se obtuvieron pelos de la cola del animal con bulbo piloso. Se extrajo el ADN usando el kit ADN PuriPrep-S (Inbio Highway), siguiendo los pasos de lisis, incubación, centrifugación, lavado y elución final en 150

µL de buffer BE a 70 °C. Se cuantificó el ADN donde se midió la absorbancia a 260 nm (para determinar presencia de ADN) y 280 nm (si había contaminación con proteínas) con espectrofotómetro.

Se calculó la concentración con la fórmula:  
$$\text{ADN } (\mu\text{g}) = \text{DO}_{260} \times 50 \mu\text{g/ml} \times \text{vol. eluido} (0,15 \text{ ml}) \times \text{dilución.}$$

Se obtuvo el índice de pureza a partir de la relación A260/A280.

PCR en tiempo real (qPCR): Se diseñaron primers con Primer-BLAST para amplificar fragmentos de 58–144 pb correspondientes a SNPs de IGF1-SnaBI, CAPN316 y CAST282. Cada SNPS se analizó de manera independiente en una mezcla de reacción: 20 µL con ADN (2 ng/µL), primers (10 µM) y Master Mix qPCR. La amplificación se realizó en un termociclador precalentando a 95°C durante 5 minutos, seguido de 40 ciclos, con una etapa de desnaturalización a 95 °C por 10 segundos, una de alineamiento específica para cada par de cebadores por 30 segundos y una de extensión a 72°C por 10 segundos. Para la detección de SNPs se utilizó un software del termociclador, High Resolution Melting (HRM) donde se aplicó un gradiente de 60–80 °C (0,05 °C/s). Las curvas de disociación permitieron identificar genotipos homocigotas y heterocigotas.

Se calcularon las frecuencias genotípicas y alélicas:

- Genotípicas: número de individuos con cada genotipo / total de individuos.
- Alélicas: número de alelos en la muestra / ( $2 \times$  número de individuos).

### **Análisis estadístico y diseño experimental**

Se agruparon a los animales en distintos grupos etarios debido a la amplia variabilidad en sus edades. GE1: 11 a 13 meses [11-13), GE2: 13 a 15 meses [13-15), GE3: 15 a 17 meses [15-17), GE4: 17 a 19 meses [17-19) y GE5: 19 a 20 meses [19-20].

El análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico InfoStat® versión Estudiantil 2020e (Di Renzo *et al.*, 2020). Se aplicó un análisis estadístico descriptivo y las comparaciones se realizaron a partir de un análisis de la varianza (ANVA) y un test de comparación de medias de Tuckey con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0,05$ ).

### **RESULTADOS**

Durante el ensayo se evaluaron las ganancias diarias de peso vivo (GDPV) (Tabla 1). Los resultados mostraron una alta variabilidad entre los animales, evidenciada por un elevado coeficiente de variación. En particular, la medición GDPV4 presentó una caída abrupta en la ganancia diaria. Por lo que se analizó si la variable ambiental o la alimentación estarían influyendo en la disminución de las GDPV. En el perfil meteorológico a partir de la semana 8 se observa un incremento la temperatura por lo que se calculó el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) para la semana 10 que se realizó la medición 4 e indicó que las condiciones térmicas eran normales (ITH promedio de 72), descartando estrés por calor como causa. Por lo tanto, se consideró que la disminución en las ganancias de peso estaba asociada al cambio de dieta, al pasar de la categoría “recría” a “reproductor”, y al momento de la medición los animales aún se encontraban en un período de acostumbramiento, que según CONtexto Ganadero (2023), dura al menos 15 días.

**Tabla 1:** Ganancias diarias de peso vivo (GDPV) parciales y media (GDPVm).

Variable	n	Media (Kg)	D.E.	CV	Mín (Kg)	Máx (Kg)
GDPV1	15	0,659	0,534	81,024	-0,813	1,313
GDPV2	15	0,374	0,395	<b>105,511</b>	-0,389	1,000
GDPV3	16	0,851	1,008	<b>118,499</b>	-0,385	3,000
GDPV4	15	0,229	0,697	<b>304,969</b>	-1,143	1,286
GDPV5	16	1,204	0,147	12,193	0,971	1,486
GDPVm	16	0,762	0,143	18,770	0,479	1,000

D.E: Desvío estándar; CV: Coeficiente de Variación.

Dada la heterogeneidad observada en la tropa, se procedió a analizar las ganancias de peso según el Grupo Etario de los animales. (Tabla 2). El análisis de las ganancias diarias de peso vivo por grupo etario mostró una disminución del coeficiente de variación en comparación con los datos globales, lo que indica una mayor homogeneidad dentro de cada

grupo. Esto justifica el uso del grupo etario como criterio de agrupamiento para el análisis de otras variables. Además, se evidencia que las medias de las ganancias diarias de peso vivo muestran una homogeneidad dentro de cada grupo etario, con valores similares de ganancias, sin importar la edad.

**Tabla 2:** Ganancias Diarias de Peso Vivo (GDPV) según Grupo Etario (GE)

GE	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
[11-13)		6	0,858	0,221	<b>25,816</b>	0,571	1,118
[13-15)		13	0,777	0,334	<b>43,012</b>	0,269	1,309
[15-17)	GDPV	15	0,820	0,397	<b>47,330</b>	0,220	1,371
[17-19)		17	0,903	0,464	<b>51,339</b>	0,222	1,846
[19-20]		7	1,079	0,242	<b>22,423</b>	0,692	1,429

D.E: Desvío estándar; CV: Coeficiente de Variación

La altura a la cruz de los animales mostró un incremento conforme avanzaba la edad (figura 2), siguiendo la tendencia esperada de la curva de crecimiento teórica. No obstante, entre los 17 y 20 meses se

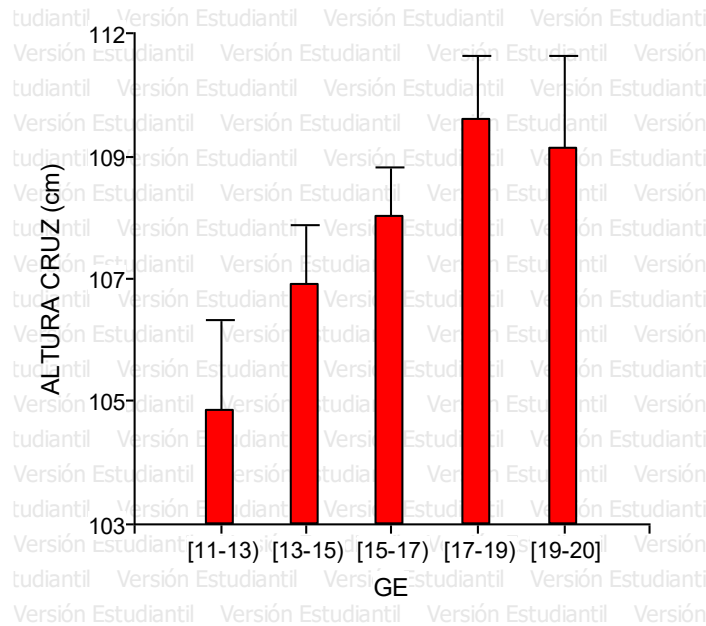
observó un amesetamiento, indicando una desaceleración en el crecimiento estructural.

El análisis de Frame Score (F) de los hijos agrupados por padre no demostró

diferencias estadísticamente significativas  
( $p=0,177$ ) (Tabla 3).

En cuanto a la circunferencia escrotal, ésta  
aumentó progresivamente con la edad  
(figura 3).

**Figura 2:** Evolución de la Altura a la Cruz (ACcm) según Grupo Etario (GE).

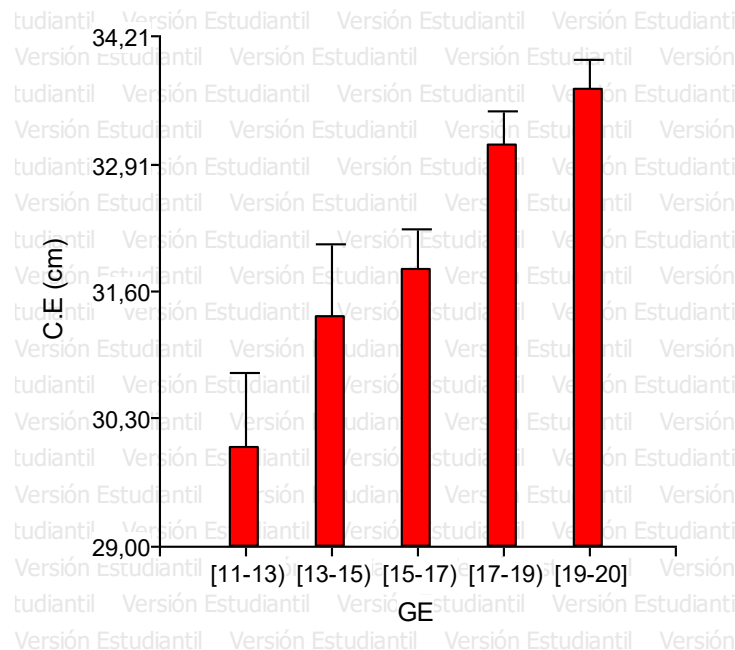


**Tabla 3:** Análisis de la varianza de Frame promedios de los hijos, agrupados por padre ( $\alpha=0,05$ )

PADRE	n	Medias (F)	E.E.
TAPALQUE	1	1,111	0,565
955	3	1,150	0,326
LIO	4	1,558	0,283
RP 1030	6	1,682	0,231
CATICO	1	2,871	0,565

E.E: Error Estándar

**Figura 3:** Evolución de Circunferencia Escrotal (CE) según Grupo Etario (GE).



Para abordar el análisis de marcadores moleculares relacionados con producción y reproducción, se utilizó PCR en tiempo real acoplada a curvas de disociación de alta resolución (HRM), lo que permitió identificar variantes alélicas en los genes IGF1, CAPN y CAST asociados a polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs). Esta técnica permitió diferenciar con precisión los genotipos homocigotas y heterocigotas de cada animal, basándose en las diferencias de temperatura de melting ( $T_m$ ) del ADN amplificado.

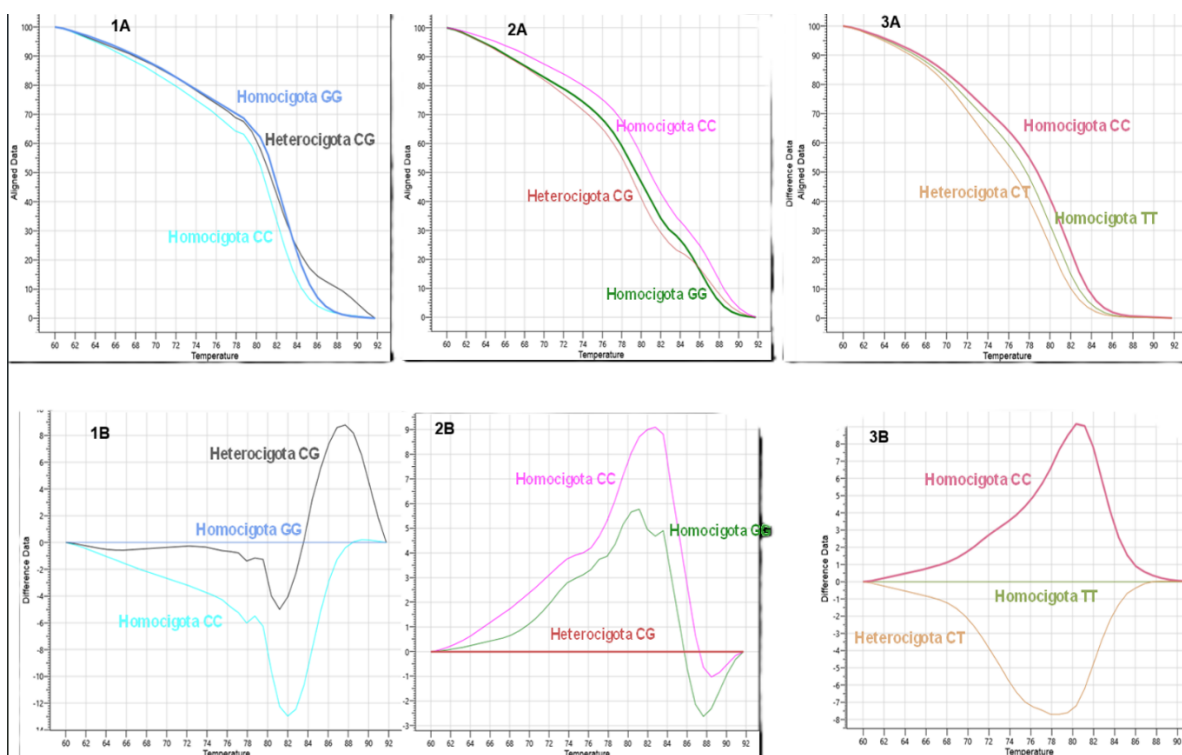
En el caso del gen IGF1, se observó una amplificación eficiente y reproducible en todas las muestras, con ciclos umbral (Ct) entre 23 y 28. El análisis HRM permitió identificar tres genotipos: CC, CT y TT (figura 4). La mayoría de los animales

presentaron el genotipo CC (75%), seguido por TT (18,7%) y CT (6,3%). A nivel alélico, el alelo C predominó con una frecuencia de 78,1%, mientras que el alelo T alcanzó el 21,9%.

Para el gen CAPN, la amplificación fue eficiente, con Ct entre 23 y 24. Las curvas HRM diferenciaron tres genotipos (figura 4): GG, CC y CG, siendo el heterocigoto CG el más frecuente (81,2%), seguido por CC (12,5%) y GG (6,3%). A nivel alélico, el alelo C predominó con 53,1% frente al 46,9% del alelo G. La alta proporción de heterocigotos indica mayor variabilidad genética, mientras que la mayoría de los animales poseen al menos una copia de la variante favorable para ternera, lo que resulta positivo desde el punto de vista productivo.

En el gen CAST, la amplificación mostró Ct cercano a 28, confirmando buena calidad de ADN. El análisis HRM (figura 4) permitió diferenciar los genotipos CC, CG y GG, asociados a terneza de la carne. La mayoría de los animales fueron heterocigotos CG (56,2%), seguidos por CC (37,5%) y GG (6,3%). El alelo C predominó con una frecuencia del 65,6%, mientras que el alelo G tuvo 34,4%. En la

población analizada se observa una mayor proporción de individuos heterocigotos para el gen CAST, lo que indica mayor variabilidad genética. También se identificaron animales homocigotos CC, asociados a mayor terneza debido a la menor actividad de la calpastatina.



**Figura 4:** Curvas de disociación de HRM (High Resolution Melting).1A) Curva de normalización para el gen CAPN 1B) Curva de diferenciación respecto al genotipo homocigota. 2A) Curva de normalización para el gen CAST. 2B) Curva de diferenciación respecto al genotipo homocigota. 3A) Curva de normalización para el gen IGF1. 3B) Curva de diferenciación respecto al genotipo homocigota.

## DISCUSIÓN

La altura de la cruz promedio registrada en el ensayo fue de 107,8 cm, valor inferior al reportado por Mernies *et al.* (2002) en bovinos Angus y Hereford de 2 a 5 años. Si bien la edad de los animales del ensayo es menor a dos años, el comportamiento observado en la curva (Figura 2) permite suponer que, aun considerando la diferencia etaria, podrían presentar alturas inferiores a las esperadas en relación con los valores reportados por dicho autor.

Con respecto a la circunferencia escrotal (CE), los animales de 11 a 13 meses presentaron un promedio de 30 cm, similar a lo reportado por Prando (2015) para edades cercanas. Sin embargo, todos los valores obtenidos en este trabajo son inferiores a las medidas orientativas de circunferencia escrotal reportadas por la Asociación Angus Argentina, que establece parámetros mayores para las mismas edades en animales Puros de Pedigree (PP) y Puros Controlados (PC).

Al relacionar los resultados de performance a campo con los marcadores moleculares, se destacan ciertos animales con características relevantes para la selección de reproductores. En cuanto a precocidad sexual, el toro 1326, hijo de RP 955, presentó menor Frame, menor altura y menores ganancias diarias de peso, lo que se podría relacionar con una madurez sexual más temprana, consistente con

autores que indican que animales de menor tamaño alcanzan antes la pubertad (Bavera *et al.*, 2005). Este comportamiento se corresponde con los resultados de laboratorio, donde el mismo toro resultó homocigoto para los dos alelos favorables (TT) asociados a precocidad, y a los 14 meses ya presentaba una circunferencia escrotal de 32,5 cm, superando a otros animales que alcanzaron ese valor a edades mayores. Similar a lo obtenido por Lirón *et al.*, (2012) donde animales con genotipos (TT) alcanzaron una circunferencia escrotal de 28 cm, antes que animales con genotipos (CC) o (CT).

En relación con la terneza, el toro 1330 se destacó por ser homocigoto para las variantes favorables en ambos genes analizados: CC en calpastatina (CAST 282) y GG en calpaína (CAPN 316). Este perfil genético sugiere un efecto aditivo positivo sobre la característica de terneza, en concordancia con lo reportado por Page *et al.* (2002), quienes observaron mayor terneza en animales con genotipos CC para CAPN 316 y GG para CAST 282.

## CONCLUSIONES

El trabajo demostró que los datos productivos tomados a campo facilitan la identificación y comparación de animales dentro del rodeo, optimizando la toma de decisiones y valorizando el trabajo de pequeños y medianos productores.

Además, los avances en genética molecular permiten detectar genes asociados a características productivas, mejorando la eficiencia de selección. El mayor beneficio se obtiene al combinar estos marcadores genéticos con métodos tradicionales, considerando el ambiente y genes aún no identificados. En conjunto, estos resultados constituyen una base sólida para organizar un sistema de registros productivos y reproductivos, integrando mediciones a campo con estudios genéticos para respaldar el mejoramiento genético en rodeos.

#### FINANCIAMIENTO

Proyecto NACT Expediente: 089/2024 UNSAdA. (Universidad Nacional de San Antonio de Areco)

#### AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Martin Vivanco, del establecimiento "Las Espuelas", por su valiosa participación y la provisión de los animales que hicieron posible la realización de este trabajo.

#### BIBLIOGRAFÍA

Asociación Argentina de Angus. (s.f.).

Calculadora de Frame Score.

[https://www.angus.org.ar/calculador\\_framscore.php](https://www.angus.org.ar/calculador_framscore.php)

Bagu, E. T., Cook, S., Gratton, C. L., & Rawlings, N. C. (2006). Postnatal changes in testicular gonadotropin receptors, serum gonadotropin, and testosterone concentrations and functional development of the testes in bulls. *Reproduction* (Cambridge, England), 132(3), 403–411. <https://doi.org/10.1530/rep.1.00768>

Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., & Petryna, A (2005). Crecimiento, desarrollo y precocidad. [https://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/05-crecimiento\\_desarrollo\\_y\\_precocidad.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/externo/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf)

Berger, H. (2008). Marcadores moleculares en ganadería de carne: no más ficción. [https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/132/JB2008\\_25-29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/132/JB2008_25-29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Bovine Genome Sequencing and Analysis Consortium ; Amadio, Ariel Fernando; Poli, Mario Andres; The Genome Sequence of Taurine Cattle: A Window to Ruminant Biology and

Evolution; American Association for the Advancement of Science; Science; 324; 5926; 4-2009; 522-528. <http://hdl.handle.net/11336/102238>

- Butler, M. L., Bormann, J. M., Weaber, R. L., Grieger, D. M., & Rolf, M. M. (2020). Selection for bull fertility: A review. In *Translational Animal Science* (Vol. 4, Issue 1, pp. 423–441). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/TAS/TXZ174>
- Casas, SN White, TL Wheeler, SD Shackelford, M. Koohmaraie, DG Riley, CC Chase, DD Johnson, TPL Smith, Efectos de los marcadores de *calpastatina* y  $\mu$ -*calpaína* en el ganado vacuno de carne sobre los rasgos de ternura. *Journal of Animal Science*, Volumen 84, Número 3, marzo de 2006, páginas 520–525, <https://doi.org/10.2527/2006.843520x>
- CONtexto Ganadero. (1 de marzo de 2023). ¿Qué implicaciones tiene el periodo de acostumbramiento? CONtexto Ganadero. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/que-implicaciones-tiene-el-periodo-de-acostumbramiento>
- Di Renzo, J., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Robledo, C., & Di Rienzo, J. A. (2020). InfoStat, versión estudiantil 2020e. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de <https://www.infostat.com.ar>
- Hammond, J. 1960. *Farm animals*. Edward Arnold Publishers Ltd., 3ª ed, London, VIII, 322 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2018). Censo Nacional Agropecuario 2018: Resultados definitivos. [https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_definitivos.pdf)
- IPCVA. (2011). MARCADORES MOLECULARES DE TERNEZA Y CALIDAD DE CARNE. [https://www.produccion-animal.com.ar/genetica\\_seleccion\\_cruzamientos/bovinos\\_de\\_carne/92-marcadores.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/92-marcadores.pdf)
- Kysel'ová, J., Rychtářová, J., Sztankóová, Z. & Czerneková, V. 2012. "Simultaneous identification of CSN3 and LGB genotypes in cattle by high-resolution melting curve analysis". *Livestock Science*, 145 (1): 275–279, ISSN: 1871-1413. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.12.018>
- Liron, J. P., Prando, A., Fernández, M. E., Ripoli, M. V., Rogberg-Mun'oz, A., Goszczynski, D. E., Posik, D. M., Peral-García, P., Baldo, A., and Giovambattista, G. (2012).

- Association between GNRHR, LHR and IGF1 polymorphisms and timing of puberty in male Angus cattle. BMC Genet. 13, 26. doi:10.1186/1471-2156-13-26
- Lunstra, JJ Ford, SE Echterkamp, Pubertad en toros de carne: concentraciones hormonales, crecimiento, desarrollo testicular, producción de esperma y agresividad sexual en toros de diferentes razas, Journal of Animal Science , volumen 46, número 4, abril de 1978, páginas 1054–1062, <https://doi.org/10.2527/jas1978.4641054x>
- Mernies, B., Macedo, F., Fernández, G., & Borrelli, J. (2002). Análisis de caracteres morfológico-productivos y de adaptabilidad medidos en bovinos Angus y Hereford. XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. [https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/537/JB2002\\_328-331.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/537/JB2002_328-331.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2021). Ficha sectorial carne bovina - diciembre 2021. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha\\_sectorial\\_carne\\_bovina\\_-\\_diciembre.2021.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ficha_sectorial_carne_bovina_-_diciembre.2021.pdf)
- Page, B. 1 , E. Casas, M. P. Heaton, N. G. Cullen, D. L. Hyndman, C. A. Morris, M. Crawford, T. L. Wheeler, M. Koohmaraie, J. W Keele y T. P. L. Smith, 2002. Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. J. Anim. Sci. 80: 3077.
- Pourrain, Alexis. (2004). Tamaño, estructura corporal en vacunos o frame. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/frame%20score/10-frame.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/10-frame.pdf)
- Prando, A. J. (2015). Estudio de asociacion entre marcadores genéticos y precocidad sexual en el macho bovino (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). <https://doi.org/10.35537/10915/45776>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Caracterización de existencias bovinas. <https://www.argentina.gob.ar/senasa/mercados-y-estadisticas/estadisticas/animal-estadisticas/bovinos/bovinos-y-bubalinos-sector-primario>
- Silva-Culler, Alejandro. (2004). SECTOR GANADO Y CARNE VACUNOS ARGENTINO: CARACTERIZACION

ECONOMICA Y PRODUCTIVA.  
[https://www.researchgate.net/publication/242207641\\_SECTOR\\_GANADO\\_Y\\_CARNE\\_VACUNOS\\_ARGENTINO\\_CARACTERIZACION\\_ECONOMICA\\_Y\\_PRODUCTIVA](https://www.researchgate.net/publication/242207641_SECTOR_GANADO_Y_CARNE_VACUNOS_ARGENTINO_CARACTERIZACION_ECONOMICA_Y_PRODUCTIVA)

Van Eenennaam A. L. (2017). Genetic modification of food animals. *Current opinion in biotechnology*, 44, 27–34.  
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.10.007>

---

1.- DDHH en América Latina: desafíos presentes y futuros

### **Regulación Jurídica de la Muerte Encefálica: Dilemas Bioéticos**

Autor: Martínez, Sol; smmartinez@uni.edu.py

Orientador/a: Brítez, Juan de la Cruz; jbritez@medicina.uni.edu.py

Universidad Nacional de Itapúa / Facultad de Ciencias Jurídicas

#### **Resumen**

Esta revisión bibliográfica aborda la compleja interacción entre la muerte encefálica, el derecho y la bioética. Se traza la evolución histórica del concepto de muerte, desde sus orígenes hasta la consolidación de la muerte encefálica como criterio legal de fallecimiento en el siglo XX, enfatizando el papel crucial de los avances de la investigación médica, científica y tecnológica. El objetivo general es describir la evolución conceptual, la regulación jurídica y los dilemas bioéticos relacionados con la muerte encefálica en Paraguay. Utilizando una metodología descriptiva y retrospectiva, se realizó una revisión exhaustiva de fuentes especializadas sobre la normativa jurídica internacional y la legislación paraguaya (Ley N° 6170/2018). El estudio compara los marcos legales de países como Estados Unidos, Argentina, Países Bajos, España y Japón, analizando los requisitos para la definición y certificación de la muerte encefálica, así como su validez jurídica y sus implicaciones en la donación de órganos. Además, se profundiza en los dilemas bioéticos que emergen al definir y diagnosticar la muerte encefálica, considerando las perspectivas culturales, religiosas y el impacto emocional en las familias. Esta revisión resalta la necesidad de integrar la evidencia científica y legal con los valores éticos y las sensibilidades sociales para abordar de manera efectiva la muerte encefálica y la donación de órganos, promoviendo así un enfoque más comprensivo y humano.

**Palabras clave:** Regulación Jurídica, Muerte Encefálica, Bioética.

## Introducción

La noción de muerte ha experimentado una significativa evolución a lo largo de la historia, desde concepciones arcaicas centradas en la pérdida del aliento vital hasta la moderna comprensión basada en la función neurológica. Hitos como la teoría de la muerte celular y la descripción clínica del "coma *dépassé*" marcaron puntos de inflexión, culminando en la formalización de la muerte encefálica como criterio definitivo de fallecimiento. Este cambio paradigmático, impulsado por avances médicos y tecnológicos (Díaz T., 2009; Rodríguez del Pozo, 1993; Wertheimer et al., 1959; Mollaret & Goulon, 1959), generó la necesidad de establecer criterios neurológicos precisos, formalizados por instituciones como la Escuela de Medicina de Harvard y colegios reales de medicina (Escuela de Medicina de Harvard, Comité Ad Hoc para Examinar la Definición de Muerte Cerebral, 1968; Mohandas & Chou, 1971; Diagnosis of brain death, 1976; Guidelines for the determination of death, 1981).

La aceptación y regulación jurídica de la muerte encefálica varían a nivel global. Mientras que la mayoría de los países iberoamericanos la reconocen como certificación legal de fallecimiento (Escudero et al., 2009), las legislaciones difieren en los procedimientos de certificación y los requisitos para la donación de órganos (Tomorrow.bio, s.f.;

Greer et al., 2023; De Olazábal, 2022; El Mundo, 2018; Ministerio de Salud, Perú, s.f.; Terunuma & Mathis, 2021). En el contexto paraguayo, la Ley N° 6170/2018 establece un marco jurídico específico para la definición, certificación y consentimiento presunto para la donación, reflejando un enfoque particular en la autonomía individual y la solidaridad social (Congreso de la Nación Paraguaya, 2018).

La transición hacia la muerte encefálica como criterio de muerte no ha estado exenta de dilemas bioéticos. Cuestiones relacionadas con la comprensión pública del concepto, las creencias religiosas y culturales sobre el final de la vida, y el proceso de toma de decisiones familiares. en el contexto de la donación de órganos representan desafíos significativos (Armenteros Iznaga, s.f.; Ramis Gay, 2018; Cáceres González, 2019; Carral & Perellada, 2003). La necesidad de una comunicación clara y sensible con las familias, así como la consideración de las diversas perspectivas éticas y legales, son fundamentales para garantizar la confianza pública y la adecuada aplicación de los criterios de muerte encefálica en la práctica clínica y la legislación.

El diagnóstico de muerte encefálica reviste gran relevancia desde perspectivas éticas, legales y clínicas. Una mayor comprensión por parte de la sociedad y un enfoque más estandarizado podrían aumentar la disponibilidad de donantes de

órganos, ofreciendo una oportunidad vital y una nueva esperanza a numerosos pacientes que lo necesitan, tanto a nivel local como internacional.

### **Historia de la muerte encefálica.**

El entendimiento de la muerte ha experimentado una notable transformación a lo largo de la historia. En la antigua Grecia, la muerte se concebía como la pérdida del *pneuma*, el espíritu vital que residía en el corazón, una noción que presenta similitudes con la definición actual de muerte cardiovascular (Díaz T., 2009). Un descubrimiento significativo en la comprensión de la muerte se produjo en el siglo XVIII con la teoría de los tejidos de Virchow. Esta teoría introdujo la idea de la muerte celular como la verdadera manifestación del cese de la vida, aunque señaló la persistencia vital de ciertos tejidos, como el óseo, durante periodos prolongados (Rodríguez del Pozo, 1993). Así también Xavier Bichat propuso el encéfalo como órgano vital. Su disfunción podría causar la muerte.

El siglo XX, impulsado por los avances tecnológicos, trajo consigo la descripción clínica de un estado crucial en la definición de la muerte. En 1959, Wertheimer, Jovet y Descotes describieron pacientes en coma con paro respiratorio y evidencia de daño irreversible del sistema nervioso (Wertheimer et al., 1959). Posteriormente, Mollaret y Goulon (1959) acuñaron el

término "coma *dépassé*" para referirse a este estado de ausencia de respuesta neurológica.

La formalización de la definición de muerte basada en criterios neurológicos llegó en 1968, cuando un comité *ad hoc* de la Escuela de Medicina de Harvard estableció los criterios de muerte cerebral (Escuela de Medicina de Harvard, Comité Ad Hoc para Examinar la Definición de Muerte Cerebral, 1968). Este concepto se enriqueció en 1971 con las aportaciones de Mohandas y Chou (1971), quienes enfatizaron la necesidad de la presencia de daño irreversible en el tronco encefálico.

Un paso fundamental en la consolidación de esta definición se dio en 1976 con la declaración emitida por el secretario honorario de la Conferencia de Colegios Reales de Medicina y sus Facultades en el Reino Unido, que formalizó la muerte cerebral como la pérdida completa e irreversible de la función del tronco encefálico (*Diagnosis of brain death, 1976*). En 1981, las directrices para la determinación de la muerte, elaboradas por los consultores médicos de la Comisión Presidencial para el estudio de problemas éticos en medicina e investigación biomédica y del comportamiento, definieron la muerte cerebral como el cese irreversible de todas las funciones cerebrales, subrayando el papel esencial del tronco encefálico en este concepto

(*Guidelines for the determination of death, 1981*).

Esta evolución conceptual no ha estado exenta de implicaciones. La definición de muerte basada en criterios neurológicos ha generado diversos desafíos éticos, legales y sociales, que se suman a las consideraciones puramente médicas.

Escudero y Otero (2001) definen la muerte encefálica como la pérdida irreversible de todas las funciones neurológicas intracraneales. Este concepto goza de amplia aceptación en la comunidad científica y ha sido incorporado en la legislación de diversos países, incluyendo España, donde se estima que entre el 14% y el 30% de los fallecimientos en unidades de cuidados intensivos son atribuibles a la muerte encefálica, siendo los accidentes cerebrovasculares hemorrágicos y los traumatismos craneoencefálicos las causas principales.

El estado de cese prolongado e irreversible de toda actividad encefálica se caracteriza por la ausencia completa de movimientos voluntarios, respuesta a estímulos, reflejos del tronco encefálico y respiraciones espontáneas. Es crucial destacar que, antes de establecer el diagnóstico de muerte encefálica, deben excluirse afecciones reversibles que puedan simular este estado clínico, como sobredosis de sedantes o hipotermia (Adams et al., 1997, pp. 348-349).

A nivel iberoamericano, la legislación de todos los países, con la excepción de Nicaragua, reconoce la muerte encefálica (ME) como la certificación legal del fallecimiento (Escudero et al., 2009). Para la declaración oficial de muerte, la mayoría de estos países exigen la confirmación por parte de dos o tres profesionales médicos. En todos los casos, se requiere la constatación de un coma arreactivo, la ausencia de reflejos del tronco encefálico y la falta de respiración espontánea. Los valores de presión parcial de dióxido de carbono durante la prueba de apnea varían entre 50 y 60 mmHg, y la temperatura corporal mínima requerida para la exploración neurológica se sitúa entre 32 y 35 grados Celsius. La prueba de atropina es obligatoria en el 35% de los países. El periodo de observación más frecuente es de seis horas, aunque se observa una variabilidad considerable, llegando en algunos casos hasta las 24 horas. En el 40% de los países, la realización de una prueba instrumental es siempre obligatoria, mientras que en el resto se reserva para circunstancias específicas, incluyendo aquellas donde no se contempla la donación de órganos (Escudero et al., 2009).

En la práctica médica contemporánea, el concepto de muerte se equipará fundamentalmente con la muerte encefálica, definida como el cese total e irreversible de la actividad funcional del

sistema nervioso central (SNC), abarcando tanto los hemisferios cerebrales como el tronco encefálico (Ostabal Artigas, 2002).

### **Regulación Jurídica de la Muerte Encefálica: Un Análisis Internacional y del Contexto Paraguayo.**

La muerte legal, entendida como el reconocimiento oficial del cese de la vida de una persona bajo el marco jurídico de cada nación, requiere la certificación por parte de un profesional médico. Los criterios para la determinación de la muerte varían geográficamente, aunque la evaluación de la parada circulatoria y la muerte cerebral constituyen los métodos más comunes (Tomorrow.bio, s.f.).

En Estados Unidos, la Ley de Determinación Uniforme de la Muerte (UDDA) establece la base legal para la declaración de muerte cerebral a nivel nacional. Esta ley promueve la uniformidad en los criterios diagnósticos, facilitando la práctica médica, las regulaciones legislativas y, de manera crucial, los procesos de donación de órganos tras la certificación de muerte encefálica. Generalmente, la confirmación de la muerte cerebral exige la evaluación de dos médicos, aunque las normativas específicas pueden variar entre los estados (Greer et al., 2023).

En Argentina, el Instituto Nacional Central Único Coordinador de Ablación e Implante (INCUCAI) es el organismo

responsable de establecer el protocolo para la certificación de la muerte encefálica. Conforme a la Ley 24.193 (t.o. Ley n.º 26.066), la declaración del deceso debe ser suscrita por dos médicos, uno de los cuales debe ser neurólogo o neurocirujano, y ninguno de ellos puede formar parte del equipo de trasplantes del paciente. La hora oficial del fallecimiento corresponde al momento en que se documentan por primera vez los signos de muerte encefálica (Echevarría, 2013).

En contraste, los Países Bajos implementaron en julio de 2020 un sistema de consulta proactiva sobre la donación de órganos y cuerpos para fines científicos o médicos dirigida a todos los mayores de 18 años. La ausencia de respuesta a dos comunicaciones en un lapso de seis meses conlleva el registro automático del individuo como "sin objeción" a la donación. Tras el fallecimiento, y sin oposición familiar por "daño insuperable", se procede a la donación. Previamente, la decisión final recaía en la familia. Los donantes pueden especificar la exclusión de ciertos órganos. Es relevante señalar que los Países Bajos presentan una de las tasas de donación más bajas de Europa (El Mundo, 2018). La declaración de muerte encefálica en este país requiere la intervención de al menos dos médicos: el responsable del cuidado del paciente y un médico externo encargado de una verificación y opinión independiente (De Olazábal, 2022).

España, desde la aprobación de la Ley de Trasplantes de Órganos en 1979 (Ley 30/1979, de 27 de octubre), ha priorizado la voluntad del fallecido y su familia, adoptando un enfoque ético y legal centrado en el interés colectivo. Este modelo ha contribuido significativamente al liderazgo mundial del país en donación y trasplantes. Además, la figura del coordinador de trasplantes en los hospitales españoles juega un papel crucial en la gestión de estos procesos (El Mundo, 2018). La certificación de muerte encefálica en España exige la participación de tres profesionales médicos: un neurólogo o neurocirujano, el médico responsable del paciente y un representante del centro de salud (Ministerio de Salud, Perú, s.f.).

Japón ha abordado la muerte cerebral desde una perspectiva legal y cultural particular durante décadas. La declaración de muerte encefálica requiere el consentimiento explícito de la familia, reflejando valores culturales que enfatizan la participación familiar en las decisiones médicas. Esta situación se extiende a otros países con influencias confucianas como China y Corea del Sur, donde la ambigüedad legal y las prácticas clínicas pueden generar tensiones y riesgos legales. La Ley de Trasplante de Órganos de 1997 formalizó la equivalencia entre muerte cerebral y muerte legal en Japón, aunque su aplicación se centra principalmente en la donación de órganos,

y el consentimiento familiar sigue siendo un requisito legal que puede prevalecer sobre la voluntad del paciente (Terunuma & Mathis, 2021).

En el contexto legal paraguayo, la muerte encefálica está explícitamente reconocida como la muerte de una persona. La Ley N° 1246/98, modificada por la Ley N° 6170/2018, establece el marco jurídico para la donación y el trasplante de órganos y tejidos, incluyendo la definición y los protocolos para la certificación de la muerte encefálica. La legislación paraguaya define la muerte encefálica como el cese irreversible de todas las funciones encefálicas, incluyendo el tronco encefálico (Ley N° 6170/2018, Art. 21). Su certificación requiere el dictamen firmado por dos médicos calificados, siendo obligatorio que uno de ellos sea especialista en neurología, neurocirugía o medicina crítica y cuidados intensivos. Estos profesionales deben ser independientes del equipo médico de trasplante (Ley N° 6170/2018, Art. 22). El momento del fallecimiento se registra en la historia clínica al documentarse los primeros signos inequívocos de muerte encefálica (Ley N° 6170/2018, Art. 22).

Respecto al consentimiento para la donación de órganos, Paraguay opera bajo un sistema de consentimiento informado presunto. Se presume donante a todo individuo mayor de 18 años que no haya manifestado formalmente su oposición

ante el Instituto Nacional de Ablación y Trasplante (INAT) (Ley N° 6170/2018, Art. 17). El INAT mantiene un registro nacional actualizado de las personas que han expresado su voluntad de no ser donantes (Ley N° 6170/2018, Art. 17). La ley paraguaya establece restricciones a la ablación de órganos en individuos que hayan registrado su oposición, pacientes en instituciones neuropsiquiátricas y mujeres embarazadas (Ley N° 1246/98, Art. 20, modificado por la Ley N° 6170/2018).

### **Dilemas Bioéticos y Derechos Humanos en la Muerte Encefálica.**

A pesar de los avances, persisten vacíos y controversias en la regulación, especialmente en lo que respecta a la necesidad de respetar la voluntad del paciente o de sus familiares en la donación de órganos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras entidades han promovido activamente directrices legales y éticas para salvaguardar estas prácticas y los derechos humanos implicados. En este sentido, la OMS destaca que el derecho fundamental a la salud incluye el respeto por la dignidad y los derechos humanos de los individuos, incluso en situaciones tan delicadas como la muerte encefálica (Organización Mundial de la Salud & Naciones Unidas, 2024). Para prevenir conflictos éticos y legales, los protocolos de muerte encefálica deben

asegurar la transparencia, una documentación rigurosa y una clara separación entre el diagnóstico y la coordinación de donación de órganos.

La bioética se erige como un pilar fundamental de la profesión médica, intrínsecamente ligada al ejercicio de los profesionales de la salud desde sus orígenes. Sus fundamentos se remontan al juramento hipocrático, que históricamente ha sido la matriz de diversos juramentos, regulaciones y principios éticos que delinear la conducta médica.

La bioética médica, que históricamente priorizó los principios hipocráticos de no maleficencia y beneficencia, se enriqueció a partir de la década de 1970 con las contribuciones de Potter, Beauchamp y Childress, incorporando la autonomía y la justicia como pilares esenciales. La autonomía, definida como la libertad de elección y la capacidad de establecer la propia postura moral y asumir la responsabilidad de las acciones, es fundamental. En este contexto, la solidaridad y el humanismo son clave para una mejor asimilación social del concepto de muerte encefálica. Para garantizar la ética en los trasplantes, es mandatorio que los médicos involucrados en la cirugía no participen en el diagnóstico de muerte encefálica, evitando así posibles conflictos de interés. Además, la atención al paciente en muerte encefálica y el proceso de donación de órganos poseen una

significativa dimensión social; si la familia objeto, el procedimiento se detiene, lo que resalta la importancia de una adecuada preparación psicológica y orientación pública mediante los medios de comunicación. Paralelamente, el consentimiento informado, otorgado en vida, representa un acto de altruismo con una profunda implicación social (Armenteros Iznaga, s.f.).

La definición de vida y muerte, inherentemente humana, está sujeta a interpretaciones dinámicas y cambiantes a lo largo del tiempo. En consecuencia, el debate sobre la naturaleza de la muerte persiste como una cuestión abierta, resistiendo cualquier intento de clausura definitiva. Lo esencial radica en fundamentar las decisiones con argumentos sólidos y actuar con prudencia, reconociendo que los criterios utilizados para definir la muerte, aunque racionales y prudentes, nunca alcanzarán la categoría de verdades absolutas (Armenteros Iznaga, s.f.).

En el complejo proceso de la donación de órganos, diversos factores ejercen un impacto significativo en las familias (Ramis Gay, 2018). Entre ellos destacan la calidad y la cantidad de información proporcionada, así como la estrategia comunicacional empleada. Una concepción errónea generalizada equipará la muerte con el paro cardiorrespiratorio, induciendo la creencia de que la extracción

de órganos precipitará el fallecimiento del paciente. Esta idea ignora que la retirada de las medidas de soporte vital se realiza *después* de la certificación de la muerte (Cáceres González, 2019).

Las dudas acerca de la validez del diagnóstico de muerte encefálica, condición *sine qua non* para la donación, también representan un obstáculo considerable. Algunos estudios revelan que la incompreensión de este concepto genera expectativas irreales de recuperación, lo que influye negativamente en la decisión familiar (Ramis Gay, 2018).

La Iglesia Católica ha oficializado la aceptación de la muerte encefálica como un criterio válido para certificar el fallecimiento. No obstante, esta postura se sujeta a una verificación médica sumamente rigurosa y a una deliberación teológica ininterrumpida. En el año 2000, el Papa Juan Pablo II afirmó que la muerte encefálica, al representar el cese irreversible de toda actividad cerebral, es compatible con la noción de la separación del alma y el cuerpo desde una doctrina católica (Cantillo, s.f.).

Las creencias religiosas, especialmente aquellas relacionadas con la reencarnación y la vida después de la muerte, pueden generar resistencia a la donación al considerarse una "profanación" del cuerpo. Adicionalmente, la dinámica familiar y la necesidad de evitar conflictos internos pueden llevar a miembros favorables a la

donación a ceder ante la oposición de otros, particularmente en momentos de alta vulnerabilidad emocional. En contraste, el conocimiento previo de la voluntad del paciente respecto a la donación facilita significativamente la toma de decisiones y asegura el respeto de sus deseos (Ramis Gay, 2018).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoció la trascendencia de establecer directrices para el trasplante de órganos en 1987, y la Asamblea Mundial de la Salud aprobó la Resolución 40.13, instando al análisis exhaustivo de los aspectos legales y éticos inherentes a esta intervención médica (Carral & Perellada, 2003).

En Paraguay, la Ley N° 1246/98, modificada por la Ley N° 6170/2018 y reglamentada en 2019, constituye el marco legal que regula el trasplante de órganos y tejidos. El artículo 17 establece la potestad de toda persona mayor de dieciocho años para manifestar su oposición a la donación ante el Instituto Nacional de Ablación y Trasplante (INAT) u otras instituciones habilitadas. Esta voluntad expresada será respetada en todos los casos, con la posibilidad de especificar los órganos cuya ablación se prohíbe. En ausencia de tal especificación, la oposición se entenderá únicamente para fines de trasplante en seres humanos vivos, excluyéndose la investigación científica. El INAT mantiene un registro nacional de opositores a la

donación. En consecuencia, se considera a todos los paraguayos como donantes potenciales a menos que exista incompatibilidad o hayan manifestado explícitamente su oposición (Cáceres González, 2019).

El INAT ejerce la función de entidad reguladora y coordinadora de la distribución de órganos a nivel nacional, estableciendo criterios de prioridad y gestionando la posibilidad de recepción a nivel internacional (Cáceres González, 2019).

Si bien la Ley 6170, en su artículo 19, enfatiza la necesidad de una comunicación que brinde apoyo y contención a los familiares, la notificación del fallecimiento exige un entorno de profundo respeto y contención ante su duelo. Debe realizarse con la mayor prontitud posible para facilitar su adaptación a la nueva realidad. Resulta fundamental comunicar con transparencia que, desde una perspectiva científica, ética y legal, la muerte encefálica constituye la certificación inequívoca del deceso de la persona. En este proceso comunicativo, es crucial evitar el uso de terminología ambigua que pueda generar incertidumbre o la falsa impresión de que solo una "parte" del paciente ha dejado de funcionar.

Al comunicar información a los familiares, es fundamental honrar su autonomía, evitar cualquier daño y asegurar un trato justo. Por consiguiente, el derecho a la información implica encontrar

un equilibrio delicado entre el respeto a su deseo de no saber, la evitación de una comunicación insensible o excesivamente cruda, y la presentación de la verdad de manera considerada, empleando delicadeza, diplomacia y afecto. Es crucial impedir que una información brutal se transforme en una forma más de medicina defensiva. La información proporcionada a la familia debe ajustarse a sus necesidades y a su capacidad de asimilación. En este contexto, prevalece el "tiempo de la familia", y no la urgencia o la perspectiva del profesional de la salud (Pérez Villares, 2020).

En la cultura japonesa, un cadáver se considera impuro y potencialmente peligroso. Por lo tanto, la donación de órganos, al implicar la intervención en un cuerpo sin vida, plantea desafíos significativos en relación con las tradiciones funerarias y la aceptación del concepto de muerte encefálica. En contraste, el budismo presenta una visión favorable hacia la donación, tanto en vida como después del fallecimiento. El hinduismo también adopta una postura permisiva, aceptando la continuidad del alma más allá de la muerte física y la validez de la donación de órganos. La interpretación dentro del judaísmo es más compleja, ya que, si bien existe una inclinación positiva hacia los trasplantes como medio para salvar vidas, la prohibición de obtener beneficios de un

cuerpo sin vida genera diversas opiniones sobre la donación de órganos. La Iglesia Anglicana aprueba los criterios de muerte cerebral y la donación de órganos y tejidos, siempre que se mantenga el respeto por el difunto y sus allegados. El Islam también se ha manifestado a favor de los criterios de muerte encefálica y los trasplantes. Finalmente, la Iglesia Católica Romana ha respaldado la donación de órganos y tejidos desde la declaración inicial de Pío XII en 1956 (Cantillo Ferreiro et al., 2019).

## Objetivos

Objetivo General:

Describir la evolución conceptual, la regulación jurídica y los dilemas bioéticos relacionados con la muerte encefálica en Paraguay.

Objetivos Específicos

1. Describir la evolución conceptual de la muerte encefálica.
2. Revisar la regulación jurídica de la muerte encefálica en Paraguay y compararla con la de otros países.
3. Identificar los dilemas bioéticos que surgen en torno a la determinación y abordaje de la muerte encefálica en Paraguay y sus implicaciones en los Derechos Humanos para la práctica médica y la sociedad.

## Materiales y Métodos

Se empleó una metodología descriptiva retrospectiva que se basó en una

investigación bibliográfica y documental. Los principales procedimientos técnicos incluyeron la revisión de fuentes teóricas y regulaciones jurídicas tanto a nivel nacional (Paraguay) como internacional.

De esta forma, inicialmente, se caracterizó la evolución conceptual de la muerte encefálica en la literatura médica y jurídica. La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas y jurídicas especializadas como Scielo, Google Scholar, Redalyc, DeCS. Los términos clave utilizados incluyeron: muerte encefálica, regulación jurídica, bioética, derechos humanos, donación de órganos. Este enfoque permitió recopilar y sintetizar la información relevante para describir la normativa vigente y los dilemas bioéticos, así como sus implicaciones en los derechos humanos asociados a la muerte encefálica.

### Resultados y Discusión

La revisión bibliográfica confirma la estrecha relación entre la evolución del conocimiento médico y el gradual reconocimiento legal del concepto de muerte encefálica. En Iberoamérica, la legislación de casi todos los países la reconoce como la certificación legal del fallecimiento (Escudero et al., 2009), lo que refleja un consenso regional en su definición. No obstante, el análisis comparativo de las leyes de diferentes naciones (Congreso de la Nación

Paraguaya, 2018; Tomorrow.bio, s.f.; Greer et al., 2023; De Olazábal, 2022; El Mundo, 2018; Ministerio de Salud, Perú, s.f.; Terunuma & Mathis, 2021) revela que, más allá de la ciencia, los factores socioculturales, ético-religiosos y la idiosincrasia de cada sociedad impactan directamente en la práctica médica y legal. Estas divergencias son especialmente visibles en los requisitos para el diagnóstico y el consentimiento para la donación, afectando la operatividad de los programas de trasplante.

### Historia de la Muerte Encefálica

El concepto de muerte ha evolucionado significativamente, pasando de la noción antigua de la pérdida del "pneuma" o espíritu vital, arraigada en el corazón (Díaz T., 2009), a un entendimiento más moderno y científico. Este cambio fue impulsado por hitos como la teoría de los tejidos de Virchow en el siglo XVIII, que introdujo la idea de la muerte celular como el verdadero cese de la vida (Rodríguez del Pozo, 1993). El concepto de muerte encefálica tomó forma en el siglo XX, con las descripciones del "coma dépassé" por Mollaret y Goulon (1959) y la formalización de los criterios de muerte cerebral por un comité *ad hoc* de la Escuela de Medicina de Harvard (1968).

El énfasis en el daño irreversible del tronco encefálico, destacado por Mohandas y Chou (1971) y formalizado en

el Reino Unido (Diagnosis of brain death, 1976), consolidó la base neurológica de la muerte. Este desarrollo conceptual ha generado implicaciones éticas y legales que van más allá de lo médico. La definición de la muerte encefálica como la pérdida irreversible de todas las funciones neurológicas intracraneales, tal como la conciben Escudero y Otero (2001), es ahora ampliamente aceptada y se ha incorporado en las legislaciones de muchos países. Sin embargo, el diagnóstico requiere la exclusión de condiciones reversibles, como la hipotermia o la sobredosis de sedantes (Adams et al., 1997, pp. 348-349).

### **Regulación Jurídica de la Muerte Encefálica en Paraguay.**

El análisis comparativo de la regulación jurídica de la muerte encefálica a nivel internacional revela una marcada variabilidad en los criterios diagnósticos y en los procesos de consentimiento para la donación. Por ejemplo, la Ley de Determinación Uniforme de la Muerte (UDDA) en Estados Unidos busca estandarizar los criterios (Greer et al., 2023), mientras que en los Países Bajos se utiliza un sistema de consentimiento presunto proactivo, donde la no objeción se registra automáticamente (De Olazábal, 2022). En contraste, la ley japonesa, influenciada por valores culturales confucianos, exige el consentimiento

explícito de la familia, incluso si el paciente había manifestado su voluntad de donar (Terunuma & Mathis, 2021).

En el contexto paraguayo, la Ley N° 6170/2018 (Arts. 21 y 22) reconoce explícitamente la muerte encefálica como el cese irreversible de todas las funciones encefálicas. La certificación requiere el dictamen de dos médicos calificados, uno de ellos especialista en neurología, neurocirugía o medicina crítica, y ambos deben ser ajenos al equipo de trasplante (Ley N° 6170/2018, Art. 22). Además, el país opera bajo un sistema de consentimiento informado presunto (Ley N° 6170/2018, Art. 17), donde toda persona mayor de 18 años se considera donante a menos que haya manifestado formalmente su oposición. A pesar de este marco legal, la tasa de donación en Paraguay es notablemente baja, lo que evidencia un desfase entre la ley y su implementación práctica, así como la necesidad de abordar los factores socioculturales que influyen en la donación (Cáceres González, 2019).

### **Dilemas Bioéticos y Derechos Humanos en la Muerte Encefálica**

El diagnóstico de muerte encefálica y el proceso de donación de órganos están plagados de complejos dilemas bioéticos. La bioética moderna, que se ha expandido de los principios hipocráticos para incluir la autonomía y la justicia (Armenteros Iznaga, s.f.), es fundamental para guiar estas

prácticas. La OMS y otras organizaciones promueven directrices para garantizar la transparencia, la documentación rigurosa y la separación clara entre el diagnóstico de muerte y la coordinación de la donación (Organización Mundial de la Salud & Naciones Unidas, 2024).

El principal obstáculo en el proceso de donación es la incompreensión del concepto de muerte encefálica por parte de las familias, que a menudo la equiparan con la muerte cardiovascular y albergan esperanzas de recuperación (Ramis Gay, 2018; Cáceres González, 2019). Esto resalta la importancia de una comunicación familiar empática, clara y oportuna (Pérez Villares, 2020). Es crucial que los profesionales de la salud eviten la terminología ambigua y expliquen que la muerte encefálica es el cese irreversible de todas las funciones cerebrales, y que la retirada del soporte vital se realiza solo después de la certificación del fallecimiento (Cáceres González, 2019).

Las creencias religiosas y culturales también juegan un papel significativo. Mientras que religiones como el budismo y el hinduismo ven la donación de órganos de manera favorable, otras, como en el caso del judaísmo, tienen opiniones más complejas. La Iglesia Católica, por su parte, ha aceptado oficialmente la muerte encefálica como un criterio válido, con la condición de una verificación médica rigurosa y una deliberación teológica

ininterrumpida (Borgoño, s.f.; Cantillo Ferreiro et al., 2019). Estos factores culturales y religiosos, junto con la dinámica familiar y el duelo, hacen que el consentimiento para la donación sea un proceso profundamente personal y delicado. El respeto por la autonomía de la familia y el conocimiento previo de la voluntad del paciente son vitales para una toma de decisiones ética y efectiva (Ramis Gay, 2018).

### Conclusiones

En conclusión, la evolución conceptual y la regulación jurídica de la muerte encefálica han sido un proceso dinámico, influenciado por avances en la medicina y la ciencia y una red compleja de factores socioculturales, éticos y religiosos. A nivel global, persisten diferencias significativas en los criterios para certificar la muerte y en los procedimientos de obtención del consentimiento para la donación de órganos, lo que impacta directamente en la operatividad y eficacia de los programas de trasplante.

En el contexto paraguayo, aunque la legislación sobre muerte encefálica y donación de órganos busca equilibrar la autonomía individual con la solidaridad social, la alarmante tasa de donación de solo 3 donantes por millón de habitantes, en contraste con un promedio regional de 12, resalta una necesidad urgente. Esta disparidad indica que es esencial fortalecer

la comprensión pública del concepto de muerte encefálica y optimizar las estrategias de comunicación con las familias.

Una comunicación clara y empática con los familiares es fundamental para fomentar la confianza social y asegurar la adecuada implementación de los criterios de muerte encefálica, tanto en la práctica clínica como en el ámbito legal. Es crucial integrar diversas perspectivas éticas, legales y culturales al diseñar políticas y prácticas que promuevan la donación de órganos, respetando al mismo tiempo los valores y creencias de cada sociedad.

En última instancia, el desafío radica en armonizar los avances científicos y los marcos legales con los valores éticos y las sensibilidades humanas. Solo a través de esta integración será posible superar los retos asociados a la muerte encefálica y la donación de órganos, maximizando la disponibilidad de órganos vitales y ofreciendo esperanza a innumerables pacientes que aguardan un trasplante.

### Referencias Bibliográficas

Díaz T., V. (2009). Muerte cerebral o muerte encefálica. La muerte es una sola. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*, 20, 263-270.

Gracia, D. (1998). *Ética de los confines de la vida*. Editorial Códice.

Mollaret, P., & Goulon, M. (1959). Le coma dépassé (mémoire préliminaire). *Revue Neurologique*, 1, 3-5.

Rodríguez del Pozo, P. (1993). La determinación de la muerte: historia de una incertidumbre. *Jano*, 22, 71-77.

Tribunal Constitucional de Chile. (s.f.). Sentencia Rol N° 397. Recuperado de <http://www.tribunalconstitucional.cl/index.php/sentencias/download/pdf/397>

Diagnosis of brain death: Statement issued by the honorary secretary of the Conference of Medical Royal Colleges and their Faculties in the United Kingdom on 11 October 1976. (1976). *BMJ*, 2(6046), 1187-1188.

Escuela de Medicina de Harvard, Comité Ad Hoc para Examinar la Definición de Muerte Cerebral. (1968). A definition of irreversible coma: Report of the Ad Hoc Committee of Harvard Medical School to examine the definition of brain death. *JAMA*, 205(6), 337-340.

Guidelines for the determination of death. Report of the medical consultants on the diagnosis of death to the President's Commission for the study of ethical problems in medicine and biomedical and behavioral research. (1981). *JAMA*, 246(19), 2184-2186.

- Mohandas, A., & Chou, S. N. (1971). Brain death: A clinical and pathological study. *Journal of Neurosurgery*, 35(2), 211-218.
- Escudero, D., Matesanz, R., Soratti, C. A., & Flores, J. I. (2009). Muerte encefálica en Iberoamérica. *Medicina Intensiva*, 33(9), 419-426.
- Ostabal Artigas, M. I. (2002). La muerte encefálica y el mantenimiento del donante de órganos. *Medicina Intensiva*, 40(1), 21-26.
- Cáceres González, S. R. (2019). Repercusión de la donación de órganos en familias donantes paraguayas, 2019 (Trabajo final de grado). Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Caaguazú.
- Carral, J., & Perellada, J. (2003). Aspectos históricos y bioéticos sobre trasplante de órganos. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*, 2(1), 80-83. Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/mie/vol2\\_1\\_03/mie11103.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/mie/vol2_1_03/mie11103.pdf)
- Ramis Gay, J. C. (2018). ¿Seguimos siendo autónomos después de morir en la donación de órganos? [Tesis]. Universitat De Les Illes Balears. Recuperado de [http://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/4112/Ramis\\_Gay\\_Juan\\_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/4112/Ramis_Gay_Juan_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Congreso de la Nación Paraguaya. (2018). Ley N° 6170 / Modifica varios artículos de la Ley N° 1246/1998 “De Trasplantes de Órganos y Tejidos Anatómicos Humanos” y la Ley N° 4758/2012 “Que crea el Fondo Nacional de Inversión Pública y Desarrollo (FONACIDE) y el Fondo para la Excelencia de la Educación y la Investigación” y su modificatoria Ley N° 6069/2018 (Ley Anita).
- Escudero, D., & Otero, J. (2001). Avances clínicos y legales en el diagnóstico de muerte encefálica durante la década de los trasplantes en España. *Nefrología*, 21(Suplemento 4), 30-39.
- Adams, J. H., Adams, R. D., & Victor, M. (2005). *Principles of neurology* (6th ed., pp. 348–349). McGraw-Hill.
- Tomorrow.bio. (s.f.). ¿Cómo se declara la muerte en los distintos países? Recuperado de <https://www.tomorrow.bio/es/post/como-se-declara-la-muerte-en-los-distintos-paises>
- Greer, D. M., Kirschen, M. P., Lewis, A., Gronseth, G. S., Rae-Grant, A., Ashwal, S., Babu, M. A., Halperin, J. J., & Subcommittee on Neurological Criteria for Brain Death of the American Academy of Neurology (AAN), American Academy of Pediatrics (AAP), Child Neurology Society (CNS), & Society of Critical Care Medicine (SCCM). (2023). Informe de la guía de

consenso sobre muerte encefálica pediátrica y adulta / muerte por criterios neurológicos del subcomité de pautas de la AAN, AAP, CNS y SCCM. *Neurology*, 101(24), 1112–1132. <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000007740>

El Mundo. (2018, 15 de febrero). Tras el fallecimiento, y si la familia lo desea, se puede donar el cuerpo para investigación o trasplantes. *El Mundo*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/salud/2018/02/15/5a846509268e3ea9448b461f.html>

De Olazábal, M. P. (2022, 3 de enero). Leyes de eutanasia en Bélgica y Países Bajos: su análisis. *Centro de Bioética*. Recuperado de <https://www.centrodebioetica.org>

Ministerio de Salud. (s.f.). La muerte encefálica es el principal requisito para la donación de órganos. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/69413-la-muerte-encefalica-es-el-principal-requisito-para-la-donacion-de-organos#:~:text=Tambi%C3%A9n%20dijo%20que%20para%20declarar,director%20del%20establecimiento%20de%20salud>

Terunuma, Y., & Mathis, B. J. (2021). Cultural sensitivity in brain death determination: A necessity in end-of-life decisions in Japan. *BMC Medical Ethics*,

22, 58. <https://doi.org/10.1186/s12910-021-00626-2>

Armenteros Iznaga, V. K. (s.f.). Dilemas éticos en relación a la muerte encefálica. Resumen de tesina de diplomado en bioética. Recuperado de <https://www.cbioetica.org/revista/193/2428.pdf>

Pérez Villares, J. M. (2020). Bioética en donación y trasplante de órganos. *Revista de Bioética y Derecho*, (48), 9-26. Recuperado de [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1886-58872020000100007&lang=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1886-58872020000100007&lang=es)

Cantillo Ferreiro, E., Noa Pérez, D., Cantillo Arias, L., & Cantillo González, E. D. (2019). Polémicas actuales sobre donación y el trasplante de órganos desde una perspectiva bioética. *Revista Información Científica*, 98(6), 1601-1611. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-99332019000600815&lang=es#B24](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-99332019000600815&lang=es#B24)

Echevarría, G. M. (2013). Muerte encefálica. Situación legal en Argentina. *Neurología Argentina*, 5(1), 101-107. <https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2013.03.000>

Armenteros Iznaga, V. K. (s.f.). Dilemas éticos en relación a la muerte encefálica.

Resumen de tesina de diplomado en bioética.

<https://portal.ips.gov.py/sistemas/ipsportal/contenido.php?sn=25>

Instituto de Previsión Social. (n.d.). Tasa de donación de órganos en Paraguay. Recuperado de

Organización Mundial de la Salud & Naciones Unidas. (2024). *Salud mental, derechos humanos y legislación*. Organización Mundial de la Salud.

## 6. Innovación en el ámbito alimentario

### **Combinación de abonos orgánicos con fertilización mineral a base de potasio en cultivo de pimiento**

Autora: Silva Arza, Vanina Gisselle; E.mail: [vanisilva281@gmail.com](mailto:vanisilva281@gmail.com)

Co-autor(es): Sánchez Jara, Raúl; Rodríguez Esteche, Sara Noemí.

Universidad Nacional de Concepción / Facultad de Ciencias Agrarias

#### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la combinación de enmienda orgánica con fertilización mineral a base de potasio en el cultivo de pimiento. El experimento se localizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias en el área de Horticultura, perteneciente a la Universidad Nacional de Concepción, en el periodo comprendido entre los meses de abril del 2024 a octubre del 2024. El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar (DBCA), dispuesto en esquema factorial ( $2 \times 4$ ). El factor A correspondió a estiércol bovino (con y sin estiércol) y el factor B, diferentes dosis de fertilizante potásico (0, 50, 100 y 150 kg ha<sup>-1</sup> KCl), con tres repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales. Las determinaciones evaluadas fueron peso individual de fruto y rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>. Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA), mediante el Test F y se realizó el análisis de regresión en las determinaciones que presentaron diferencias estadísticas significativas. Los resultados mostraron que la enmienda orgánica generó diferencias significativas en el rendimiento, mientras que la fertilización con KCl tuvo efecto en el peso individual de los frutos. Se concluye que la combinación de enmienda orgánica y KCl influyó de manera positiva en la producción de pimiento.

**Palabras clave:** enmienda orgánica, potasio, pimiento

---

## Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, debido a la combinación de su sabor, el valor nutricional y económico. Se cultiva en la mayoría de los países del mundo donde las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo (Olivet-Rodríguez y Cobas-Hernández, 2021)

Es una de las hortalizas más apreciadas y con mayor demanda por los consumidores. A nivel mundial se producen 31167 millones de kilogramos de pimiento, cultivados sobre 1914685 hectáreas. (Quiñonez et al., 2020).

Por su parte, la aplicación de enmienda orgánica de origen animal se torna una práctica útil y económica para los pequeños y medianos productores de hortaliza. Este tipo de materia orgánica cuando se aplica varios años consecutivos proporciona la acumulación de nitrógeno orgánico en el suelo, aumentando el potencial de mineralización del mismo y su disponibilidad para las plantas (Sokolowski, 2024) En este sentido, (Enríquez, 2022) afirma que las hortalizas responden bien a ese tipo de fertilización, tanto en producción como en productos obtenidos, siendo el estiércol bovino la fuente más utilizada por los agricultores.

En cuanto al fertilizante potásico juega un rol clave en los procesos metabólicos de la planta; es esencial en la fotosíntesis, activa más de 60 sistemas enzimáticos, promueve

la síntesis, translocación y el almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales (Leguizamón et al, 2023).

## Objetivos

El objetivo principal de este trabajo fue analizar el efecto de la aplicación de fertilizante potásico y estiércol bovino en el cultivo de pimiento. Los objetivos específicos fueron los siguientes: determinar el peso individual de los frutos, y estimar el rendimiento en kg por hectárea.

## Materiales y Métodos

El estudio es de carácter experimental cuali-cuantitativo. El experimento fue implantado en el área experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción, situada en la ciudad de Concepción en las coordenadas: latitud Sur 23°24'38", y longitud 57°24' y 49,9", en el periodo comprendido entre los meses de mayo hasta octubre del 2024.

La precipitación promedio para el Departamento es de 1337 mm anuales, existiendo una variabilidad estacional de lluvias. La mayor precipitación ocurre de octubre hasta marzo, constituyendo julio y agosto los meses de menor precipitación, existiendo una variabilidad en la distribución de las lluvias mensuales en las diferentes localidades, siendo el clima tipo continental.

Las temperaturas medias registradas en la región oscilan en el rango de 24 °C, con picos máximos de 45 °C de temperatura en la estación de verano, e invierno temperaturas de 20 °C con heladas leves.

Las características físico-químicas del suelo, según el resultado del análisis para una profundidad de 0 a 20 cm son: pH en agua: 5,90; materia orgánica (%) 1,50; Al<sup>+3</sup> (Cmolc kg<sup>-1</sup>): 1,4; Ca + Mg (Cmolc kg<sup>-1</sup>): 1,8; P (Mg kg<sup>-1</sup>): 11,0. Textura: Franco arenosa. El potasio se encuentra en niveles considerados bajos.

El diseño utilizado en el experimento fue Bloques Completos al Azar (DBCA), en un esquema factorial (2×4). El factor A fue la aplicación de estiércol bovino y el factor B correspondió a las dosis de fertilizante potásico, con 8 tratamientos y 3 repeticiones totalizando 24 unidades experimentales, el número total de muestras fue considerado de 24 plantas en cada UE, de las cuales el número total de muestras útiles fueron de 5 plantas. La dimensión de cada parcela fue de 2,6 m<sup>2</sup> de longitud con 1 m de ancho totalizando 120 m<sup>2</sup> de área total, con 24 metros de largo y 5 metros de ancho. Los detalles de los tratamientos aplicados se encuentran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Tratamientos utilizados en el experimento.

Trat	Factor A:	Factor B:
	Enmienda Orgánica*	Fertilizante potásico (kg ha <sup>-1</sup> de KCL)
T1	Sin Estiércol	0
T2	Sin Estiércol	50
T3	Sin Estiércol	**100
T4	Sin Estiércol	150
T5	Con Estiércol	0
T6	Con Estiércol	50
T7	Con Estiércol	100
T8	Con Estiércol	150

Trat.: Tratamientos. \*La dosis de aplicación del estiércol se definió de acuerdo a las recomendaciones del análisis de suelo: 50 t ha<sup>-1</sup>.

\*\*Dosis de KCl recomendada por el análisis de suelo.

Se realizó limpieza de la parcela y extracción de muestras de suelo para el análisis físico químico, ya condicionado el terreno se realizó la preparación de camellones de 20 cm de altura y 50 cm de ancho. Al momento de la preparación de los camellones, se realizó la incorporación del estiércol bovino en una dosis de 50 t ha<sup>-1</sup>, por recomendación del laboratorio de suelos, basada en el análisis de suelo. La aplicación se realizó teniendo en cuenta la distribución de los tratamientos descritos en la tabla 2.

La siembra se realizó en bandejas de plástico con 128 celdas, las cuales fueron primeramente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2%, posterior a ello fueron rellenadas con un sustrato comercial. El

material que se utilizó fue el híbrido de pimiento Nathalie, se sembró 1 semilla por celda a una profundidad no superior al doble del tamaño de la semilla, las bandejas fueron resguardadas en un vivero hasta que alcanzaron los días necesarios para su trasplante, es decir, cuando presentaron 3 a 4 hojas verdaderas. Una vez listas las mudas, se procedió al trasplante al lugar definitivo en los camellones correspondientes con distanciamiento de 1 m entre hileras por 0,5 m entre plantas.

Para mantener la humedad adecuada en la parcela experimental, se instaló un sistema de riego por goteo, colocando una cinta por cada camellón. La irrigación fue realizada diariamente en horas tempranas de la mañana durante 1 hora; considerando siempre los niveles de humedad del suelo y las condiciones meteorológicas del momento.

La aplicación del estiércol (factor A) se realizó 40 días antes de trasplante, incorporado al suelo en los camellones, mientras que, las dosis de potasio (factor B) señaladas en la tabla 2, fueron aplicadas en dos ocasiones, en el momento del trasplante y a los 45 días (antes del inicio de la floración), colocando el fertilizante en un hoyo a unos 10 cm de la planta. Además, en el momento de trasplante, se realizó la aplicación de urea ( $174 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y súper fosfato triple ( $391 \text{ kg ha}^{-1}$ ) como fuentes de nitrógeno y fósforo respectivamente, colocando los fertilizantes en el mismo hoyo,

a unos 10 cm de la planta.

El control de la maleza se llevó a cabo de manera manual, utilizando diversas herramientas como la azada, el rastrillo y la tijera. Durante el proceso de deshierbe, se realizó un aporque para asegurar que las plantas se mantuvieran firmes.

Se realizaron tres cosechas de manera manual a partir de 60 días después del trasplante (DDT), extrayendo los frutos con una tijera de poda para una cosecha eficiente y para evitar lesiones en la planta.

Para las determinaciones se seleccionaron cinco plantas de cada UE. Para el registro y colecta de datos se utilizaron los siguientes elementos: planilla de registro digital, calibrador vernier, cinta métrica, balanza de digital.

Peso individual de frutos: se pasaron los frutos utilizados en anteriores determinaciones, se registró su peso individual en una balanza digital de precisión y se reportó su peso en gramos (g).

Rendimiento en  $\text{kg ha}^{-1}$ : al final del ciclo del cultivo se efectuó la cosecha del área útil total y se determinó el peso de la producción de frutos en una balanza de precisión, posteriormente mediante relaciones matemáticas se convirtió a  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) mediante el test Fischer y donde se halló diferencia significativa, se realizó el análisis de regresión con los datos provenientes de tratamientos cuantitativos.

## Resultados y Discusión

### Peso individual de fruto

El análisis de varianza aplicado, demuestra que no hubo diferencia estadística entre los niveles del factor A (enmienda orgánica), sin embargo, sí se encontró diferencia significativa entre las dosis de potasio (factor B). No se observó una interacción entre ambos factores.

En la tabla 2 se aprecia la comparación de medias del peso individual de frutos de pimiento influenciado por la enmienda orgánica.

Se observa que los tratamientos que recibieron la aplicación de estiércol presentaron mayor peso individual de frutos, con una media de 73,25 g, frente a los tratamientos donde no se aplicó estiércol, que presentaron una media de 70,75 g de peso por fruto.

**Tabla 2.** Comparación de medias de efectos de la enmienda orgánica en el peso individual de frutos de pimiento.

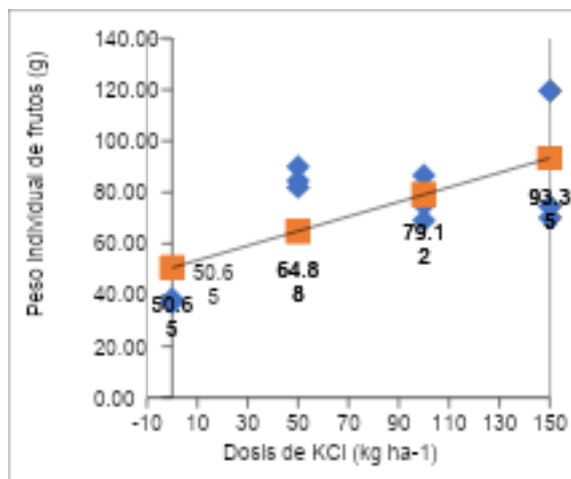
Factor	Descripción	Peso individual de fruto (g)
Enmienda orgánica <sup>(NS)</sup>	Con estiércol	73,25
	Sin estiércol	70,75
DMS (5%) =		16,02
MG:		72,00
CV (5%):		25,41

NS: Diferencia no significativa. DMS: Diferencia mínima significativa. MG: Media General. CV: Coeficiente de variación.

Se puede observar en la figura 1 el análisis de regresión que muestra la relación entre el peso individual de los frutos de pimiento y la dosis de KCl aplicada. La ecuación resultante fue la siguiente:  $y = 50,65 + 0,285x$ , donde la pendiente de la recta indica que por cada kg ha<sup>-1</sup> adicional de KCl, el peso del fruto aumenta en aproximadamente 0,285 g.

El valor  $R^2 = 0,4596$  (coeficiente de determinación) indica que el 45,96% de la variabilidad en el peso de los frutos puede explicarse por la dosis de KCl aplicada. Esto sugiere una relación moderada entre la fertilización con KCl y el peso del fruto. Sin embargo, más de la mitad (54,04%) de la variabilidad se debe a otros factores como la genética de la planta, condiciones climáticas, disponibilidad de agua, o interacciones con otros nutrientes.

La tendencia lineal positiva señala que el peso promedio de los frutos aumenta con la dosis de KCl. Aunque la tendencia es positiva, los datos experimentales muestran una dispersión notable, lo que indica que algunos frutos son mucho más livianos o más pesados que el promedio.



**Figura 1.** Regresión lineal para la determinación del peso individual de frutos de pimiento fertilizado con distintas dosis de cloruro de potasio (KCl).

El dato obtenido con relación a la dosis de potasio fue similar a lo reportado por Brigitte (2022), quien logró conseguir unas medias que oscilan entre 69,00 y 74,69 gramos con la aplicación de diferentes dosis de potasio. Chávez (2022) en su investigación sobre Productividad del cultivo del pimiento (*Capsicum annuum*) con la aplicación de un bioestimulante complementando con la fertilización edáfica obtuvo una diferencia considerable en los valores obtenidos en la presente investigación. Chávez reportó un aumento notable en la producción de frutos por planta, con una media de 85,51 gramos en los tratamientos con bioestimulante, mientras que el testigo presentó un valor de 175,31 gramos. Esta diferencia de 89,8 gramos podría indicar que el uso de un bioestimulante tiene un efecto mucho más pronunciado en la producción de pimientos

en comparación con la fertilización con KCl. Olvera (2015) en su investigación sobre los efectos de los fertilizantes potásicos en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), reportó diferencias significativas en cuanto al peso individual de los frutos, obteniendo el mayor valor con una dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante potásico. Esto contrasta con los resultados de tu estudio, donde las dosis más altas de KCl (el T8 con 150 t ha<sup>-1</sup>) no mostraron una mejora significativa en la producción en comparación. La diferencia en los resultados observados entre este estudio y el de Olvera (2015) podría deberse a una serie de factores agronómicos, es posible que una cantidad excesiva de potasio no haya sido aprovechada eficientemente por las plantas, lo que no resultó en una mejora significativa en el peso de los frutos. Tonconi (2015), en su trabajo sobre respuesta del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) variedad Candente a la aplicación de bioestimulantes, reportó resultados mayores a comparación con la presente investigación, obtuvo diferencias estadísticas significativas logrando el mayor resultado con 345 gramos, 77 gramos más a comparación con el testigo, donde obtuvo 268 gramos, resultados obtenidos en esta investigación podrían atribuirse a varios factores que influyen en la respuesta del cultivo de pimiento como la aplicación de bioestimulante y la dosis utilizada.

## Rendimiento

El análisis de varianza para la determinación de peso de frutos por planta señala que hubo diferencia significativa entre los niveles del factor A (Enmienda orgánica), pero no hubo diferencia estadística significativa para el factor B (Dosis de KCl). No se halló efecto significativo para la interacción entre ambos factores.

En la tabla 3 se muestra la comparación de medias de rendimiento de pimiento sometido a dosis de KCl y enmienda orgánica, donde se observa que los tratamientos que recibieron la aplicación de enmienda orgánica tuvieron los mayores resultados, con una media de 31012,4 kg ha<sup>-1</sup> comparadas con los tratamientos que no recibieron la aplicación de estiércol, con una media de 24484,1 kg ha<sup>-1</sup>.

Como se menciona en el párrafo anterior, para el efecto de la dosis de KCl no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, el mayor rendimiento se observó con 100 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (29856,3 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por 50 kg ha<sup>-1</sup> (27742,2 kg ha<sup>-1</sup>), 0 kg ha<sup>-1</sup> (26787,0 kg ha<sup>-1</sup>) y 150 kg ha<sup>-1</sup> (26607,6 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente.

Torres (2024) encontró que tanto la dosis de K<sub>2</sub>O como el humus de lombriz mejoraron significativamente el rendimiento del cultivo, con una relación cuadrática que permitió estimar una producción máxima con 150,67 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 7,69 tn ha<sup>-1</sup> de humus de lombriz. Esto propone que la respuesta del cultivo puede depender del tipo de

fertilización utilizada, la disponibilidad de nutrientes y condiciones del suelo.

**Tabla 3.** Comparación de medias de efectos principales para la determinación del rendimiento del pimiento sometido a dosis de KCl y enmienda orgánica.

Factor	Descripción	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Enmienda orgánica (*)	Con estiércol	31012,4 a
	Sin estiércol	24484,1 b
DMS:		495,5322
Dosis KCl (kg ha <sup>-1</sup> de KCl) (NS)	100	29856,3
	50	27742,2
	0	26787,0
	150	26607,6
DMS:		949,6927
MG:		27748,2
CV (5%):		20,39

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí. NS: Diferencia no significativa. DMS: Diferencia mínima significativa. MG: Media General. CV: Coeficiente de variación.

Collantes (2015) encontró que la aplicación de fertilizantes potásicos mejoró significativamente el rendimiento, alcanzando 24,52 tn ha<sup>-1</sup>, un valor inferior al obtenido en esta investigación. Sin embargo, esta diferencia podría explicarse por factores como la variedad genética del cultivo, las condiciones del suelo y otros factores ambientales que influyen en la respuesta del pimiento a la fertilización con potasio.

Los estudios de Toñanez et al. (2020) coinciden en que la fertilización potásica

mejora significativamente el rendimiento del pimiento, mostrando diferencias con los tratamientos sin fertilización. En este estudio, sin embargo, las dosis de KCl no presentaron diferencias significativas en el rendimiento, lo que también sugiere que otros factores, como la fertilidad inicial del suelo o la fuente de potasio utilizada, pueden haber influido en la respuesta del cultivo.

### Conclusiones

Teniendo en cuenta las condiciones en las que fue desarrollado el experimento, se concluye que, la aplicación de cloruro de potasio (KCl) y enmienda orgánica influyó en las determinaciones realizadas.

Aunque no se observa diferencia estadística en el factor A, la aplicación de enmienda orgánica demostró los mayores resultados tanto en el peso individual de los frutos como en el rendimiento.

En cuanto al aporte de potasio a través de la aplicación de KCl, este influyó positivamente en el peso individual de frutos, presentando una diferencia estadística entre las distintas dosis, obteniendo los mejores resultados con la dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup>. En el rendimiento no se presentó diferencia estadística entre los niveles de KCl, sin embargo, se logró la mayor producción con la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup>, observándose una reducción del rendimiento con el aumento de la dosis.

### Referencias Bibliográficas

- Brigitte, M. M. J. (2022). *Evaluación de la aplicación de potasio en la productividad del cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.)* [Tesis de licenciatura, Universidad Agraria del Ecuador]. Recuperado de: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MORENO%20MAYORGA%20JAHAYRA%20BRIGITTE.pdf>
- Chávez, S. (2022). *Productividad del cultivo del pimiento (Capsicum annuum) con la aplicación de un bioestimulante complementando con la fertilización edáfica. En la ciudad de Concepción* [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Agrarias – UNC, Paraguay].
- Collantes, J. (2015). *Estudio de dos tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en dos híbridos comerciales de pimiento (Capsicum annuum L.) en la parte alta de la Cuenca del Río Guayas* [Tesis de grado, Universidad Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Agronómica]. Recuperado de: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/514c5cef-e9fd-473c-bdb3-681bd3f94531>
- Enríquez, G. A. (2022). *Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11324/20083>
- Leguizamón Resquín, A., Ocampos Areco, H. R., Sánchez Jara, R., Sánchez

- González, M. A., & Chávez, S. (2024). Producción de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en respuesta a la fertilización potásica y densidad de siembra. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 4529-4542. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i6.9017](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9017)
- Olivet-Rodríguez, Y. E., & Cobas-Hernández, D. (2021). Influencia de diferentes marcos de siembra en el desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido 'Carleza' bajo cultivo protegido. *Cultivos Tropicales*, 42(3), e15. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883015/html/>
- Olvera, M. (2015). *Efectos de fertilizantes nitrogenados y potásicos en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.) en condiciones de campo, en la zona de Babahoyo* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador]. Recuperado de: <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/729>
- Quiñonez, J., Tandazo, J., & Minda, J. (2020). Producción de pimiento (*Capsicum annuum* L.) mediante la aplicación de abonos orgánicos. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(3), 42-48. Recuperado de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/887>
- Sokolowski, A. C. (2024). *La salud del suelo en la horticultura periurbana del Área Metropolitana de Buenos Aires: diagnóstico en producciones hortícolas familiares y experimentación a campo*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2183/39419>
- Tonconi, F. (2015). *Respuesta del cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.) variedad candente a la aplicación de diferentes bioestimulantes en el CEA III Los Pichones* [Tesis de grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Perú]. Recuperado de: <https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/1202>
- Toñanez, L., Bottino, J. A., & Galeano, X. (2019). Efectos de la aplicación de diferentes niveles de fertilización potásica en el rendimiento y la calidad de frutos en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) Var: Híbrido Nathalie, en el distrito de Pilar, año agrícola 2017/2018. En *Bienal Científica Internacional UNICAN 2019*. Recuperado de: [https://www.eventos.unican.edu.py/eventos/index.php/bienal\\_unican/bienal2019/paper/view/124](https://www.eventos.unican.edu.py/eventos/index.php/bienal_unican/bienal2019/paper/view/124)
- Torres, R. (2024). *Influencia de la aplicación*

*de fertilizante potásico y humus de lombriz en el cultivo del pimiento. En la ciudad de Horqueta [Tesis de*

grado, Facultad de Ciencias Agrarias – UNC, Paraguay].

---

---

#### 4.- Sustentabilidade

### **Adaptación climática en la caficultura colombiana: gobernanza frente a la crisis ambiental**

Autor: Pesellin Silva, Laura. E-mail: laura.pesellin@acad.ufsm.br

Co-autor(es): Velho, João

Orientador/a: Machado Pinto, Nelson.; E-mail nelson.pinto@ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

#### **Resumen**

El estudio analiza la adaptación climática en la caficultura colombiana, sector vital económica y culturalmente, pero vulnerable a los cambios climáticos, el objetivo es comprender los impactos ambientales sobre el cultivo, estrategias de mitigación y adaptación lideradas por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) y el modelo de gobernanza sustentable de Sucafina Colombia. La metodología combina revisión bibliográfica de fuentes académicas e institucionales con una entrevista cualitativa a la coordinadora de sustentabilidad de Sucafina. Los resultados revelan que, aunque las certificaciones han impulsado mejoras y apertura de mercados, presentan limitaciones respecto a su transparencia y control. La FNC promueve acciones como la agricultura regenerativa, reforestación, seguro climático y políticas de equidad, mientras Sucafina articula alianzas con productores, fundaciones y compradores internacionales para implementar prácticas sustentables y rastreables. Se concluye que una gobernanza climática efectiva exige participación comunitaria, justicia social e integración de saberes locales y técnicos, garantizando la sustentabilidad de la caficultura como símbolo nacional y medio de vida rural.

**Palabras clave:** Sustentabilidad, cambio climático, café colombiano

## Introducción

El café en Colombia trasciende lo económico y constituye un componente social y cultural profundamente arraigado en la cotidianidad del país; en este sentido, Mendoza y Aparicio (2023) destacan cómo este producto ha transformado la nación hasta el presente, incidiendo en aspectos como la cultura y la sociedad.

En línea con esta perspectiva, Carmona y Henao (2021) reconocen que el café fue uno de los principales impulsores de la modernización nacional, con un impacto que aún se refleja en la geopolítica y la estructura económica del país, especialmente durante los siglos XIX y XX, cuando la caficultura (basada en mano de obra familiar y haciendas autosuficientes) superó a la minería y el tabaco como motor de desarrollo, consolidándose como una actividad rentable y organizativa, capaz de enfrentar crisis mediante estrategias productivas y gremiales.

Esta relevancia histórica se mantiene, como lo señala Presta-Novello et al. (2023), al reconocer que 22 de los 32 departamentos colombianos producen café, con cerca del 25% de la población rural vinculada al cultivo, destacando la participación femenina como sustento de muchos hogares. Sin embargo, el cambio climático plantea retos significativos para su permanencia, pues según los Acuerdos Cero Deforestación Colombia (2022), se

estima que hacia 2050 podría perderse hasta el 50 % de la superficie apta, obligando a migrar a zonas más altas y comprometiendo ecosistemas sensibles, lo cual genera impactos ambientales, sociales y económicos en las comunidades cafeteras. Aunque Colombia ha sido pionera en prácticas sostenibles, aún se requiere avanzar hacia enfoques más integrales que prioricen el bienestar de los productores y la adaptación climática con base en el conocimiento local.

Canal-Albán (2024) advierte que los países productores enfrentan desafíos adicionales como alteraciones en el pH del suelo, aumento de precipitaciones, mayor exposición a desastres naturales y una creciente competencia global, ya que otras regiones podrían desarrollar condiciones más favorables para el cultivo. Ante este escenario, las agremiaciones como la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) adquieren relevancia como mecanismos de resiliencia; de acuerdo con Caballero (2024), la FNC es un “gremio especial y único en su naturaleza”, con una historia que inicia en 1920, y que desde su consolidación en 1927 ha mantenido una estrecha relación con el Estado, incidiendo en política económica, protegiendo la industria y promoviendo el posicionamiento internacional del café colombiano con iniciativas como las tiendas Juan Valdez, actualmente, la FNC ejerce un doble rol:

gremial y de representación directa de los caficultores, orientando su estrategia hacia la rentabilidad, el bienestar social, la sostenibilidad y la consolidación institucional.

### **Materiales y métodos**

La investigación se basa en una revisión bibliográfica de fuentes académicas e institucionales, junto con el análisis cualitativo la entrevista realizada con la coordinadora de sostenibilidad de Sucafina Colombia, segunda mayor exportadora del país en 2024, quien ofrece una visión empresarial sobre la gobernanza en sostenibilidad y los desafíos que enfrenta el sector ante el cambio climático.

### **Resultados y discusión**

#### *El cambio climático y sus efectos en el cultivo de café*

El cambio climático es cada vez más perceptible en la vida cotidiana, aún más en la agricultura a nivel mundial, al respecto, García-Martín (2024) menciona diez acciones clave en la agricultura que pueden contribuir a reducir su impacto.

Dentro de las acciones descritas se destacan la aplicación de buenas prácticas agrícolas, el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el reconocimiento de las condiciones de los suelos y su manejo según su vocación productiva, permitir periodos de descanso para conservar su fertilidad, respetar las

densidades de siembra y hacer un uso eficiente del agua, entre otras.

En este sentido, se reconoce que la sostenibilidad incide directamente en la rentabilidad de los cultivos, tanto por la conservación del suelo como por las exigencias del mercado internacional.

De esta forma, los certificados de sostenibilidad cada vez más influyen en el posicionamiento en el mercado y permiten la inserción en cadenas de valor con mejores retornos económicos, a la vez que fomentan acciones en materia ambiental y social.

En cuanto al impacto del cambio climático en el cultivo de café, aunque ya se evidencian algunas consecuencias, se prevé que sea aún más considerable, Montoya et al. (2022) recogen datos de la Federación Nacional de Cafeteros para proyectar algunas estimaciones sobre producción.

Usando modelos cuantitativos de oferta y demanda, se proyecta que para 2050 se perdería el 75 % de la tierra apta para café arábigo (la variedad predominante en el país) y el 63 % de los terrenos aptos para café robusta.

Estos datos son alarmantes si se considera que, en 2019, según los mismos autores, se cultivaron 853,70 hectáreas de café arábigo, mientras que, de cumplirse la proyección, en 2050 esa cifra se reduciría a solo 213,42 hectáreas.

Actualmente, los caficultores ya perciben algunas consecuencias, de acuerdo con Montoya et al. (2022), aunque la producción ha aumentado anualmente, también lo ha hecho el costo del insumo cafetalero, debido a las variaciones de temperatura que obligan a los caficultores a implementar más prácticas de manejo, lo que reduce su rentabilidad.

Entre las medidas que ya se están adoptado están la tecnificación del cultivo, la siembra de árboles a distancias adecuadas según la topografía y la inclusión de variedades de mayor productividad.

Así mismo, en municipios de Antioquia, por ejemplo, ya se están buscando zonas más altas con temperaturas más adecuadas, ya que el incremento de la temperatura favorece el desarrollo del hongo de la broca.

Dicha afectación incide en la calidad del grano y provoca pérdidas económicas, además de que en las tierras más bajas aumenta el riesgo de desastres como inundaciones y deslizamientos (Vega-Roa, 2023).

Frente a estas condiciones, muchos caficultores optan por cambiar de cultivo en busca de opciones más rentables y adaptadas a las nuevas temperaturas.

Sin embargo, esta transformación implica un proceso complejo, ya que exige adecuar los suelos y enfrentar una curva de aprendizaje sobre el nuevo cultivo, lo cual

requiere inversiones de tiempo y dinero, por lo que, ante la incertidumbre, algunos agricultores deciden vender sus tierras.

En esta misma línea, es pertinente destacar que la sostenibilidad ambiental se ha convertido también en un requerimiento de los compradores internacionales de café colombiano, quienes hacen énfasis en reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

En este sentido, Vega-Roa (2023) indica que se han intensificado los esfuerzos para compensar las emisiones mediante proyectos de captura de carbono, buscando alcanzar el cero neto a nivel global o sectorial.

Algunas de las metas específicas fijadas por varios compradores de café colombiano (Vega-Roa, 2023) son: Nespresso (2030 Net Zero en producción de café verde AAA), Lavazza (carbono neutro en 2030), Marubeni para Tim Hortons (Net Zero para 2050), Löfbergs (2030 Net Zero en operaciones directas), Starbucks (carbono neutral en café verde para 2030), Nestlé (Net Zero al 2050), Illy (carbono neutro para 2033) y Costa Coffee (Net Zero para 2040).

Respecto a este esfuerzo, Ávila (2024) señala que “a 2050 la economía debe estar descarbonizada”, lo cual supone una transición hacia la agricultura regenerativa, que incluye el desafío de educar a los caficultores sobre el cambio climático.

Se busca con las mismas, no solo aportar a la sostenibilidad sino también minimizar los impactos en el suelo y el agua, con prácticas como la agroforestería, la reforestación y las olas de plantación, que permiten el secuestro de carbono en el suelo, medidas que, entre otras, están contempladas en las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs).

Muchas de estas medidas ya están siendo adoptadas por caficultores vinculados a la Federación Nacional de Cafeteros, quienes ven en la agricultura regenerativa, un enfoque que contribuye a conservar y restaurar la tierra y su economía.

También se promueve la mejora de la gestión del agua, controlar adecuadamente la escorrentía, fomentar la biodiversidad y enriquecer el suelo mediante mayor contenido de materia orgánica y menor erosión, lo cual permite mantener la producción de café ante el cambio climático, al tiempo que se contrarrestan sus efectos.

Al mismo tiempo, se está promoviendo la conservación de la biodiversidad, ya que, se han identificado más de 135 insectos que interactúan con este cultivo y 90 especies de abejas cuyo manejo es vital para la caficultura colombiana, por lo que se pretende que las estrategias de control de plagas no perjudiquen al ecosistema.

A la vez que se requiere el desarrollo de estrategias y productos basados en la

investigación, resaltando aquí el papel de la extensión rural y del conocimiento generado por Cenicafé como entidad que investiga y produce soluciones acordes a la realidad agrícola y en especial cafetera del país.

#### *Estrategias de adaptación y mitigación impulsadas por la FNC*

La Federación Nacional de Cafeteros, siendo la organización que reúne el mayor número de caficultores, ha promovido acciones que contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático, en este sentido, Baena-Tovar (2024) destaca “la finca cafetera como escenario de la acción climática”.

En este aspecto, se adelantan acciones como la renovación de cafetales con variedades resistentes y el acompañamiento técnico ofrecido por el equipo de extensión de la FNC.

Estos esfuerzos se complementan con alianzas como el proyecto Reforestación Colombia junto a Nestlé, que incluye material vegetal, cartillas y seguimiento a compromisos firmados con los productores (FNC, 2025).

Otro proyecto clave es “Inversiones Verdes para la Paz” (FNC, 2021), que, bajo el enfoque de finanzas combinadas, busca apoyar a pequeños caficultores con prácticas para capturar o reducir emisiones, conservar biodiversidad y proteger fuentes hídricas, generando

créditos comercializables en zonas PDET. La FNC también ha promovido desde 2019 políticas de sostenibilidad, fomentadas desde la organización, incluyendo prácticas como una adecuada gestión ambiental, equidad de género, inclusión y eficiencia operativa, junto con inversiones en innovación y programas transitorios durante la pandemia (FNC, 2025).

Tras la Cumbre Café y Cambio Climático, evento realizado en Bogotá en noviembre de 2023 y que reunió diversos actores de la cadena del café, Ávila (2024) resalta en las memorias de dicha cumbre la visión compartida para 2030 que posiciona a la caficultura colombiana como referente global en sostenibilidad, desarrollo rural, adaptación climática e innovación.

Para lograrlo, se requiere proteger la biodiversidad, regenerar ecosistemas, mejorar las condiciones de vida rural, fortalecer la cadena de valor y fomentar la paz territorial mediante un compromiso ético y ambiental del sector.

Así mismo, se señala que los mercados de carbono representan una oportunidad para alinear las acciones del gremio con los compromisos del Acuerdo de París, vinculando mitigación y desarrollo económico mediante bioeconomía, energías limpias y uso de tecnologías circulares.

Al respecto, la FNC ha definido como áreas clave la gestión del riesgo climático, el manejo hídrico, la agricultura regenerativa,

el uso eficiente del suelo y la economía circular, proyectando una “caficultura del futuro” basada en sostenibilidad, trazabilidad y acceso a financiamiento climático.

A través de la articulación entre ciencia, política, mercado y saber local, se marca, la hoja de ruta construida entre la FNC y Cenicafé, estableciendo la agricultura regenerativa como estrategia integral de adaptación.

Dicha estrategia integra conocimiento científico y prácticas agroecológicas ajustadas a las realidades rurales colombianas, ofreciendo respuestas sistémicas desde lo físico, biológico, social y económico (Ávila, 2024).

Adicionalmente, dentro de las prácticas incorporadas se incluyen la restauración del suelo mediante retorno de materia orgánica, cobertura vegetal, control biológico de plagas y diversificación vegetal.

Sumadas a mejoras en estructura, retención de agua y nutrientes, complementadas con compostajes, bioinsumos y manejo del paisaje que promueve la conectividad ecológica y la conservación de servicios ecosistémicos.

En línea con estos esfuerzos, la FNC también se ha adherido al acuerdo “Café, Bosque y Clima”, que de acuerdo con información de Cero Deforestación Colombia (2022), reúne actores públicos y privados.

Las acciones de dicho acuerdo giran en torno a la reducción de la huella de deforestación, la promoción de agricultura regenerativa y la implementación de sistemas agroforestales, apoyados por gobiernos como los de Noruega, Suiza, Alemania y Países Bajos.

Adicionalmente, el Acuerdo Café, Bosque y Clima (2023) señala que, aunque hay diversidad de enfoques sostenibles, todos buscan mitigar impactos negativos y potenciar beneficios socioambientales, facilitando el acceso a pagos por servicios ambientales mediante mercados de carbono.

Si bien estos beneficios no siempre se traducen en mejores precios, podrían consolidarse avances en este sentido conforme avancen normativas internacionales como el Reglamento Europeo sobre cadenas libres de deforestación y la Directiva de Debida Diligencia en sostenibilidad empresarial.

Finalmente, ante los cambios climáticos y los impactos que estos pueden tener en el cultivo de café, los productores que hacen parte de la FNC cuentan con un seguro climático paramétrico o basado en índices. Dicha herramienta, como menciona Vega-Roa (2023), “se activa automáticamente si se alcanzan o se superan ciertos indicadores”, este seguro no es el único mecanismo en marcha para enfrentar los retos del cambio climático.

Se han identificado ocho herramientas clave, como plantea Canal-Albán (2024), que pueden impulsar el crecimiento económico sostenible en este contexto: “financiación combinada, canje de deuda, mecanismos de deuda contingente, bonos verdes, mercados de carbono, derechos especiales de giro, financiamiento basado en resultados, bonos vinculados a la sostenibilidad”.

### *La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia: estructura y gobernanza*

La Federación Nacional de Cafeteros fue creada en 1927 como persona jurídica gremial para representar los intereses del sector cafetero frente a las dificultades que enfrentaban los productores, cuyas necesidades no estaban siendo atendidas por la Sociedad de Agricultores de Colombia.

Hoy sigue siendo el principal organismo del gremio, y, según Legiscomex (n.d.), agrupa aproximadamente a 250 mil cafeteros cedulados, lo que representa más del 80 % de los productores y más del 95% de la producción total del país.

Es así como, manteniendo su misión de hacer que la caficultura sea “viable, eficiente y competitiva” con presencia a nivel nacional con una estructura compuesta por 387 comités municipales.

De acuerdo con información de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC, 2025), para que un productor pueda

afiliarse, se exige que tenga al menos 375 kg de café pergamino seco o una hectárea sembrada para hacer parte de un comité municipal.

Los Comités Departamentales, presentes en 15 departamentos, agrupan a municipios con al menos 400 caficultores federados y una producción mínima de 60.000 arrobas anuales, estos órganos orientan y ejecutan planes regionales, cada uno con seis miembros principales elegidos por voto directo de los productores por un periodo de cuatro años.

El Comité Directivo, conformado por un delegado de cada comité departamental, cumple funciones de orientación gremial y administrativa, interpreta reglamentos, atiende inquietudes regionales y define políticas internas.

El Comité Ejecutivo, compuesto por miembros del Comité Nacional y el Gerente General, gestiona los asuntos gremiales y supervisa la ejecución del contrato del Fondo Nacional del Café, entre el Gobierno Nacional y el gremio cafetero.

En el ámbito administrativo, la representación legal recae en la Gerencia General, que ejecuta los programas y representa a los caficultores ante el gobierno y el exterior, siendo nombrado por el Congreso Nacional de Cafeteros.

Dicho congreso es la máxima autoridad del gremio, y sus delegados son elegidos por los Comités Departamentales, no obstante, cualquier contrato suscrito por el gerente

debe ser aprobado por el Comité Directivo, limitando así su capacidad de comprometer a la institución (FNC, 2025).

La estructura administrativa se compone, además, por la Gerencia Financiera y de Recursos Organizacionales, que gestiona los recursos físicos, humanos y financieros para garantizar la sostenibilidad institucional.

La Gerencia Técnica, que lidera los procesos de investigación en producción, cosecha y sostenibilidad; la Gerencia Comercial, que desarrolla estrategias de venta de café verde e industrializado, en colaboración con las cooperativas del gremio.

La Gerencia de Operaciones, coordina alianzas, logística y gestión de riesgos, todo ello con supervisión de la Revisoría Fiscal, encargada de auditar el desempeño institucional y elegida por votación cada dos años.

Además de representar al gremio, la Federación ofrece servicios como investigación científica, fomento de técnicas eficientes de cultivo, instalación de almacenes y tostadoras, envío de comisiones a países productores y consumidores para el intercambio técnico y comercial.

También, desarrolla investigaciones para extender el cultivo y promoción internacional del café colombiano, así como la recopilación de datos estadísticos

sobre mercados, cotizaciones, ventas y producción.

Así mismo, facilita programas de salud, educación e infraestructura, ofrece asistencia técnica sin requerir afiliación y compra café tipo Federación a precio fijo durante todo el año, además de distribuir fertilizantes, semillas y herramientas.

En cuanto a su función técnica, la FNC ha promovido investigación, extensión y estrategias de mercadeo que han permitido posicionar al café colombiano como producto diferenciado, buscando dejar atrás la categoría de commodity y lograr precios premium en el mercado.

Este enfoque se refleja en la expansión de las certificaciones de sostenibilidad y procesos de industrialización, que en 2021 representaron más del 43 % del total exportado (Junguito-Bonnet et al., 2022), el rol político y técnico de la Federación se explica por su alcance nacional, misión gremial y oferta de servicios

En este sentido, Junguito-Bonnet et al. (2022) afirman que la FNC ha tenido una influencia decisiva en la política cafetera, desde la creación del impuesto que financia el Fondo Nacional del Café hasta su papel en la formulación de políticas macroeconómicas.

Dicha influencia ha llevado a que el gerente de la Federación durante buena parte del siglo XX tuviera un peso comparable al del ministro de Hacienda, incluso generando

tensiones con gobiernos por el trato diferenciado hacia el gremio.

La relación con las cooperativas es clave en el funcionamiento de la Federación, actualmente se apoya en 33 cooperativas cafeteras que operan 525 puntos de compra y atienden a más de 77.000 productores.

Estas organizaciones son consideradas “aliadas estratégicas de la institucionalidad cafetera”, especialmente por su papel en la garantía de compra, mecanismo que permite asegurar precios ligados al mercado internacional y la tasa de cambio. Esta sinergia contribuye a la estabilidad del ingreso del productor (FNC, 2025), sin embargo, cabe destacar que las cooperativas pueden ofrecer el café a otros actores, en algunos casos, exportadoras también como es el caso de Sucafina.

#### *La gobernanza en Sucafina: segundo mayor exportador de café colombiano*

Sucafina es una multinacional suiza fundada en Ginebra hace más de 50 años, con presencia en Colombia desde 2016, donde además de promover la comercialización del café colombiano en mercados internacionales, estableció un centro logístico para Latinoamérica (Las2orillas, 2024).

En el país, la empresa realiza la mayor parte de sus compras a través de Cafexport, su socio comercial con más de dos décadas de trayectoria, que articula

productores y cooperativas (en su mayoría certificados y con trazabilidad) ubicados en departamentos como Caldas, Huila, Tolima, Antioquia, Quindío, Santander y Magdalena (Sucafina, s.f.).

En 2024, movilizaron un total de 2.366 contenedores desde el puerto de Cartagena (Pinzón Lemos, 2025) siendo la segunda mayor exportadora de café de Colombia en dicha vigencia.

En el marco de esta investigación se realizó una entrevista a Sara Ocampo Jiménez, Sustainability Coordinator de Sucafina Colombia, con el fin de comprender el modelo de gobernanza que la empresa implementa en materia de sostenibilidad.

Dicho modelo se estructura en torno a una red de cerca de sesenta mil caficultores, organizados principalmente a través de cooperativas, y está orientado a articular estándares ambientales, sociales y comerciales con exigencias crecientes, especialmente desde el mercado europeo (S. Ocampo Jiménez, comunicación personal, 9 de junio de 2025).

Un componente clave de esta gobernanza es la alianza con la Fundación Local Partners, organización sin ánimo de lucro que opera como apoyo de Sucafina para la realización de prácticas sostenibles, encargándose de ejecutar los proyectos en campo, articular actores de la cadena, diseñar intervenciones y promover

prácticas que contribuyan al bienestar de las familias productoras.

A la vez que se promueve el aumento de la productividad y a la conservación del medio ambiente, esta plataforma permite a la empresa implementar una gobernanza multinivel basada en la acción local con proyección global.

A través de Local Partners, se gestionan iniciativas que integran actores públicos, multilaterales, universidades, ONG, asociaciones de productores y clientes privados, con estrategias centradas en la conservación del suelo, el uso eficiente del agua y la adaptación al cambio climático.

Entre las acciones se destacan el análisis de suelos, la entrega de planes de fertilización técnica, la instalación de tecnologías de beneficio ecológico y la optimización del uso hídrico en el proceso productivo.

Los compradores internacionales también juegan un rol activo en esta arquitectura, no solo exigiendo trazabilidad y certificaciones, sino también cofinanciando mejoras en infraestructura y tecnologías en finca.

Esta lógica de corresponsabilidad, donde cada actor asume parte de los retos del sistema, ha facilitado la adquisición de maquinaria especializada, sistemas de monitoreo y procesos de formación, consolidando una gobernanza compartida a lo largo de toda la cadena de valor.

Sucafina también avanza en temas de diligencia debida en derechos humanos y sostenibilidad corporativa, adaptándose a nuevas regulaciones como la Directiva de Sostenibilidad Corporativa de la Unión Europea.

Este trabajo ha implicado mapear condiciones laborales, visibilizar informalidades estructurales del trabajo rural y construir soluciones contextualizadas, especialmente para pequeños productores que no siempre pueden garantizar la formalización plena de su mano de obra.

Desde el frente ambiental, la empresa trabaja en la adopción de prácticas de agricultura regenerativa enfocadas en restaurar la salud del suelo, reducir emisiones y generar impactos positivos en los ecosistemas.

Estas prácticas enfatizan en el uso de microorganismos, manejo de materia orgánica, captura de carbono y validación de metodologías técnicas que permitan demostrar resultados medibles frente al cambio climático (S. Ocampo Jiménez, comunicación personal, 9 de junio de 2025).

Es así, que se puede reconocer que, la gobernanza de sostenibilidad de Sucafina Colombia se sustenta en alianzas que articulan tanto las capacidades empresariales, como el conocimiento territorial y promueven compromisos

multilaterales, siendo la Fundación Local Partners su eje operativo.

De esta manera, este modelo promueve la corresponsabilidad entre productores, técnicos, clientes y aliados para construir una caficultura más justa, resiliente y alineada con los desafíos del siglo XXI.

### ***Discusión***

La gobernanza ejercida por actores de la cadena del café en Colombia, como Sucafina y la Federación Nacional de Cafeteros se configura como una estrategia fundamental frente a los impactos crecientes del cambio climático.

En esta línea, Ávila (2024) destaca la necesidad de una “articulación efectiva entre gobernanza ambiental, justicia social, equidad económica y participación comunitaria”, lo cual exige fortalecer esquemas inclusivos.

En este modelo los caficultores participan activamente en la toma de decisiones, promueven liderazgos locales y construyen colectivamente soluciones, apoyados por procesos de extensión, investigación aplicada y planificación participativa, de modo que la adaptación climática sea contextualizada y su seguimiento se ajuste a las realidades de cada territorio.

La sostenibilidad cafetera debe abordarse desde una perspectiva integral que articule dimensiones económicas, sociales y ambientales; en el plano económico, esto implica promover el comercio justo, el

acceso a mercados diferenciados y una distribución equitativa del valor.

En el social, se destaca la equidad de género, el relevo generacional, la educación rural y el bienestar comunitario y laboral de los productores y sus familias.

En lo ambiental, se priorizan prácticas agroecológicas, la transición energética y la reducción de la huella ecológica, entendiendo que estos ejes se retroalimentan y deben ser gestionados de manera interdependiente.

Otro aspecto clave en la respuesta climática desde la caficultura es la seguridad alimentaria rural, que requiere implementar sistemas de producción diversificada con huertas familiares, agroforestería y cultivos básicos.

Esta respuesta se enmarca en un enfoque de soberanía alimentaria que fortalezca la autonomía de los territorios cafeteros y su resiliencia frente a las crisis climáticas y económicas (Ávila, 2024).

En el caso de la Federación Nacional de Cafeteros, uno de los principales retos en materia de gobernanza es mantener su carácter democrático y representativo, sin perder capacidad de respuesta.

Aunque cuenta con una estructura participativa, centraliza decisiones clave como la gestión de recursos y la formulación de políticas, lo que plantea la necesidad de equilibrar eficiencia operativa y participación territorial.

Este es un reto considerable, teniendo en cuenta que se encuentran en un contexto de mercado altamente cambiante que exige agilidad, transparencia y cercanía con los caficultores.

Por su parte, Sucafina enfrenta el desafío de sostener y fortalecer su modelo de acompañamiento territorial en sostenibilidad, desarrollado junto a Local Partners y diversos aliados.

Sucafina adapta sus intervenciones a las condiciones y necesidades reales de los productores, sin perder de vista los estándares exigidos en materia de calidad y responsabilidad ambiental, especialmente por los mercados europeos. Cabe resaltar que la sostenibilidad en el café colombiano no solo busca posicionar el producto como bien de consumo diferenciado, sino también contribuye a que esta industria se consolide como símbolo de responsabilidad ambiental y justicia climática, integrando educación ambiental y transformación social en los territorios.

No obstante, tanto la FNC como Sucafina enfrentan retos estructurales: la primera por su centralización que puede limitar la agilidad y conexión con realidades locales, y la segunda por su dependencia de alianzas y financiamiento externo que podrían excluir a pequeños productores no certificados.

En este contexto, fortalecer una gobernanza adaptativa, sensible al cambio climático y capaz de responder con

flexibilidad a escenarios de incertidumbre, se vuelve una necesidad estratégica para el futuro del sector.

## CONCLUSIONES

Aunque el cultivo del café ha sido parte fundamental de la historia colombiana, permeando dimensiones económicas, culturales y ambientales, el cambio climático representa hoy uno de sus mayores desafíos.

Si bien ha superado crisis políticas, sociales y de mercado, la presión ejercida por el entorno natural amenaza la continuidad de esta tradición productiva, por lo que la gobernanza, desde entidades como la Federación Nacional de Cafeteros o empresas como Sucafina, se consolida como una herramienta clave.

La gobernanza se consolida como una aliada para enfrentar esta realidad, especialmente ante la vulnerabilidad del cultivo frente al aumento de las temperaturas, que a su vez impacta directamente en los modos de vida de las familias cafeteras del país.

Pese a que la sostenibilidad se ha posicionado como el eje central para la adaptación del sector, tanto la FNC como Sucafina han basado gran parte de su estrategia en certificaciones internacionales.

Si bien estas han incentivado mejoras y apertura a nuevos mercados, también presentan debilidades importantes, como

lo señala el informe de Repórter Brasil (2025), que evidencia la falta de mecanismos de control y transparencia efectivos.

Esto se presenta especialmente cuando las certificaciones se adquieren de manera colectiva a través de cooperativas, lo que impide verificar las condiciones laborales específicas en cada finca, generando dudas sobre la veracidad y vigencia de las acreditaciones exhibidas.

Este contexto explica por qué algunas entidades, como Sucafina, han optado por fortalecer su presencia directa en territorio mediante alianzas como la que mantiene con la Fundación Local Partners, desde donde promueven acciones concretas con impacto real en la vida de los caficultores.

Este modelo permite mayor seguimiento, pertinencia y adaptación, integrando soluciones diseñadas desde el conocimiento local, lo cual se alinea con lo afirmado por su funcionaria: “los caficultores siempre se han enfrentado a cambios, ellos conocen las mejores respuestas” (S. Ocampo Jiménez, comunicación personal, 9 de junio de 2025).

Reconocer y potenciar este conocimiento es esencial para construir estrategias integradas que respondan a los desafíos actuales del cambio climático, por lo que una gobernanza orientada a la participación colectiva, con base en el diálogo entre saberes técnicos y locales,

representa no solo una vía posible, sino una necesidad urgente para sostener el presente y el futuro de la caficultura colombiana.

## REFERENCIAS

ACUERDO CAFÉ, BOSQUE Y CLIMA. (2023). Impacto de los sistemas sostenibles de producción de café. <https://acuerdocafebosqueyclima.com/wp-content/uploads/2023/05/ImpactoSistemasSostenibles.pdf>

Ávila, M. (2024). Cambio Climático & Biodiversidad en el Café. *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1). <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cum/article/view/1401>

Ávila, M. (2024). Café y cambio climático: Nuestro sueño en el 2030. *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1). <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cum/article/view/1404>

Ávila, M. (2024). La Sostenibilidad del café frente a los escenarios del cambio climático. *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1). <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cum/article/view/1402>

Ávila, M. (2024). Agricultura regenerativa Cenicafé y la Biología (El poder de la vida). *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1). <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cum/article/view/1405>

Ávila, M. (2024). Como los mercados de carbono ayudan a enfrentar el cambio climático. *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1). <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cum/article/view/1403>

BAENA-TOVAR, J. (2024). La finca cafetera como escenario de la acción climática. *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1), e01107. <https://doi.org/10.38141/10803/e01107>

CABALLERO ARGÁEZ, C. (2024). Aproximación a la historia de los gremios empresariales en Colombia. *Anuario Centro de Estudios Económicos de la Empresa y el Desarrollo*, (22), 85-128.

CANAL-ALBÁN, F. J. (2024). Acciones complementarias de mitigación y adaptación para el cultivo de café. *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1), e01105. <https://doi.org/10.38141/10803/e01105>

CARMONA, J. P., & HENAO, M. G. (2021). Desarrollo cafetero en los principales departamentos productores de Colombia (1895-1940). *Fragua*, 14(28), 1-17.

COMITÉ DE CAFETEROS DE ANTIOQUIA – FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (n.d.). Infografía institucional. Recuperado el 9 de junio de 2025, de <https://fncantioquia.org/infografia-institucional/>

- CERO DEFORESTACIÓN COLOMBIA. (2022, junio). ABC — Acuerdo Café, Bosque y Clima [PDF]. <https://cerodeforestacioncolombia.co/wp-content/uploads/2022/06/ABC-ACUERDO-CAFE-BOSQUE-Y-CLIMA.pdf>
- DE CALDAS, C. D. D. C., & LAVOLA, A. (2017). Nama café de Colombia: Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada (NAMA) en el Sector Cafetero de Colombia.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (2021, diciembre 14). *FNC y PNUD firman alianza por la sostenibilidad de la caficultura en Colombia*.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. (s.f.). *Estructura institucional*. <https://federaciondecafeteros.org/wp/federacion/estructura/>
- GARCÍA-MARTÍN, B. X. (2024). Cambio climático, ¿por qué debemos preocuparnos? . *Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático*, 1(1), e01101. <https://doi.org/10.38141/10803/e01101>
- JUNGUITO-BONNET, R., CABALLERO-ARGÁEZ, C., PERFETTI-DEL CORRAL, J. J., & LÓPEZ-ENCISO, E. (2022). Episodios de la historia de la agricultura en Colombia.
- LAS2ORILLAS. (2024). Las 4 empresas extranjeras que ahora exportan más café colombiano que muchas nacionales. <https://www.las2orillas.co/las-4-empresas-extranjeras-que-ahora-exportan-mas-cafe-colombiano-que-muchas-nacionales/>
- LEGISCOMEX.COM. (n.d.). *Federación Nacional de Cafeteros*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://www.legiscomex.com/Documentos/FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS>
- MONTOYA, L. J. A., OTALVARO, D. A., ORREGO, C. T. M., & GIRALDO, F. R. (2022). Cambio climático en la producción de café.
- PINZÓN LEMOS, M. (2025). Fedecafé, Sucafina y Carcafé, las que más exportan el grano por el camino marítimo. La República. <https://www.larepublica.co/empresas/fedecafe-sucafina-y-carcafe-las-que-mas-exportan-el-grano-por-el-camino-maritimo-4107292>
- PRESTA-NOVELLO, D., SALAZAR-CAMACHO, N. A., DELGADILLO-MIRQUEZ, L., HERNÁNDEZ-SARABIA, H. M., & ÁLVAREZ-BUSTOS, M. D. P. (2023). Sustainable Development in the Colombian Post-Conflict—The Impact of Renewable Energies in Coffee-Growing Women. *Sustainability*, 15(2), 1618.
- REPÓRTER BRASIL (2025). ¿El mejor café del mundo? [Informe en español]. Repórter Brasil. [https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/06/ReporterBrasil\\_Cafe\\_Colombia\\_ESPANOL.pdf](https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/06/ReporterBrasil_Cafe_Colombia_ESPANOL.pdf)

SUCAFINA. (S. F.). *Colombia*.

<https://sucafina.com/na/origins/colombia>

VEGA-ROA, M. E. (2024). La sostenibilidad ambiental frente a los escenarios del cambio climático. Memorias De La Cumbre De Café Y Cambio Climático, 1(1), e01103. <https://doi.org/10.38141/10803/e01103>

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal Docente, Brasil (CAPES) por la beca, a la Universidade Federal de Santa Maria por el espacio y apoyo para desarrollar la actividad y a Sara Ocampo Jiménez de Sucafina por su tiempo y disposición en la entrevista realizada.

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERÉS:**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los patrocinadores fundadores no participaron en el diseño del estudio, ni en la recopilación, el análisis o la interpretación de los datos, ni en la redacción del manuscrito, ni en la decisión de publicar los resultados.

## 5- Inclusión

### Superando o Racismo Institucional na Educação Superior: possibilidades a partir da UFSC

Autor: Chaves, Leslie S.; [leslie.chaves@ufsc.br](mailto:leslie.chaves@ufsc.br);

Junior, Lindberg N.; [lindberg.junior@ufsc.br](mailto:lindberg.junior@ufsc.br);

Schucman, L.V.; [liavainers@gmail.com](mailto:liavainers@gmail.com);

Co-autor(es): Alves, Mailson N.; [mailsonogueira16@gmail.com](mailto:mailsonogueira16@gmail.com);

Chagas, Maria Eduarda D.; [medelfinochags@gmail.com](mailto:medelfinochags@gmail.com);

dos Santos, Gileade J. B.; [gileade.braga@gmail.com](mailto:gileade.braga@gmail.com);

Litwin, Pedro C.; [pedroclitwin@gmail.com](mailto:pedroclitwin@gmail.com);

Marostica, Hellen; [hellenmarostica20@gmail.com](mailto:hellenmarostica20@gmail.com);

Medeiros, Giulia T.; [giuliatescari.psi@gmail.com](mailto:giuliatescari.psi@gmail.com);

Melo, Willamys C.; [willamys.costa@gmail.com](mailto:willamys.costa@gmail.com);

Modesto, Joice R.; [joicemodestopsicologa@gmail.com](mailto:joicemodestopsicologa@gmail.com);

Petry, Heloisa; [helo.floripa@gmail.com](mailto:helo.floripa@gmail.com);

Portuguez, Benilde S.; [benilde.portuguez@gmail.com](mailto:benilde.portuguez@gmail.com);

Santos, Heitor M.; [psi.heitormarques@gmail.com](mailto:psi.heitormarques@gmail.com);

Orientador/a: Schucman, L. V.; [liavainers@gmail.com](mailto:liavainers@gmail.com);

Universidad de origen / Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

#### Resumo

Este trabalho apresenta o processo de elaboração do primeiro diagnóstico sobre racismo institucional na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), desenvolvido pelo Subgrupo de Monitoramento e Avaliação da Política de Enfrentamento ao Racismo. O objetivo central foi identificar as desigualdades raciais que estruturam a vida acadêmica da instituição, bem como propor estratégias de superação. O diagnóstico foi construído a partir de bancos de dados referentes a estudantes, técnicos administrativos e docentes, contemplando a série histórica de 2000 a 2022. As variáveis analisadas incluíram ingresso, permanência, conclusão de curso, bolsas, estágios, cargos administrativos e distribuição por cor/raça. Os resultados apontaram que, embora as políticas de ações afirmativas tenham ampliado a presença de estudantes negros, pardos e indígenas na graduação, persistem disparidades significativas na pós-graduação, na distribuição de bolsas e estágios e, sobretudo, na composição do corpo docente e técnico, majoritariamente branco. O relatório propõe cenários de transformação que incluem: fortalecimento das políticas de permanência estudantil; campanhas junto a empresas para ampliar a contratação de estudantes negros e

indígenas em estágios; ampliação do número de bolsas para esse público; e implementação de concursos públicos com reserva de vagas. Conclui-se que o diagnóstico representa um marco para a UFSC, ao tornar visível o racismo institucional e oferecer caminhos concretos para enfrentá-lo.

**Palavras-chave:** racismo institucional; equidade racial; ensino superior.

## INTRODUÇÃO

Há tempos, a UFSC tem fomentando o debate e ações importantes sobre a questão racial no Brasil, em parte representados por ações individuais realizadas pelos departamentos, cursos, funcionários e estudantes, além das diversas reuniões, eventos, seminários, colóquios, campanhas, etc, quanto também pela implementação de ações afirmativas, políticas de cotas, formação para bancas de heteroidentificação, mudanças curriculares nos cursos de graduação, ampliação e diversificação dos temas de pesquisa, e mais recentemente pela Resolução Normativa bº 175/2022/CUn.

Esse conjunto de ações, já coloca a UFSC, na vanguarda de uma reflexão ampla sobre as práticas institucionais de democratização do ensino superior e o papel e função social da universidade pública. Contudo, ao passo que esses avanços acontecem, é inegável a necessidade de que a instituição tem de ampliar o conhecimento sobre as práticas racistas e/ou racializadas desenvolvidas no interior e no cotidiano da universidade.

Destaca-se que o não reconhecimento de processos racistas e de racialização pela universidade podem aprofundar significativamente práticas de discriminação, exclusão e de violência racial, e por isso, é urgente a avançar em medidas que possam auxiliar no rompimento dos silenciamentos das populações negras, indígenas e quilombolas na universidade, e na da superação de ideias, discursos e práticas orientadas por elementos de superioridade racial. A esse tipo de racismo praticado e desenvolvido na universidade, dá-se o nome de racismo institucional.

Não exclusivo á UFSC, o racismo institucional é um dos maiores desafios das universidades brasileiras, e para construir uma instituição universitária que seja compromissada com o seu combate, é necessário, fundamentalmente, conhecer e reconhecer como o racismo tem sido desenvolvido e praticado por ela. Esse (re)conhecimento é elementar, e não passa exclusivamente pela dimensão individual ou cotidiana do racismo (ALMEIDA, 2020; KILOMBA, 2020), mas

principalmente pela capacidade que as práticas racistas têm de orientar a normalidade das ações e decisões institucionais. Operacionalmente, é preciso conhecer as formas de manifestação do racismo institucional desde sua base, e essas práticas podem ser conhecidas inicialmente pelo reconhecimento do perfil racial da comunidade.

É deste ponto que o presente relatório foi organizado e pensado. A preocupação é exatamente tornar conhecido um processo que impacta diretamente na vida individual de cada agente da comunidade universitária, e que estruturalmente, atende a organização da instituição como reprodutora de uma sociedade racista e racializada. O objetivo principal é descrever estatisticamente os perfil racial de estudantes e servidores (técnicos administrativos em educação e docentes), e a partir deste universo, oferecer à comunidade interna e externa indicadores de disparidade racial que designem sínteses para avaliação operacional do racismo institucional na universidade. Com esse pretende-se indicar transformações positivas a partir de construção de cenários, que promovam a

diversificação mais equitativa do perfil racial da comunidade enquanto estratégias de combate ao racismo institucional.

Para isso esse relatório foi dividido em seis partes. Na primeira apresenta uma breve contextualização conceitual sobre racismo institucional, além dos aspectos mais relevantes para seu tratamento, medição e análise no escopo dos estudos do tema. Na segunda parte, são contempladas as fontes dos dados, os procedimentos metodológicos e os critérios utilizados para medir o racismo institucional.

O perfil da comunidade é apresentado na terceira e quarta partes, e tem por intuito auxiliar na caracterização do racismo institucional na UFSC considerando uma abordagem histórica, numérica (absoluta) e proporcional (relativa) para aproximação da realidade racial na UFSC. A quinta parte atende uma avaliação dos dados representados e sua qualificação em medidas estratégicas de enfrentamento ao racismo institucional, a serem implementadas em prazos curtos (2030), médios (2040) e longos (2050). O relatório é finalizado na sexta parte, com as considerações finais.

## **O QUE É RACISMO INSTITUCIONAL E COMO (RE)CONHECÊ-LO?**

Desde setembro de 2001, na III Conferência Mundial contra o Racismo,

Discriminação Racial, Xenofobia e Formas Conexas de Intolerância, organizada em Durban, na África do Sul, a recomendação universal para que os países adotassem políticas voltadas para a valorização dos segmentos vítimas de discriminação e racismo, colocou a universidade como instituição de vanguarda para desenvolvimento de estratégias e instrumentos voltados ao combate e diminuição das desigualdades raciais, sociais e regionais (SILVA, 2017).

No contexto brasileiro, o debate foi orientado inicialmente para reserva de vagas no ensino superior para a população negra, indígena e mais recentemente as pessoas com deficiência, por meio das políticas de Ações Afirmativas - AAs (PASSOS, 2015). Desde então, as AAs tem rompido publicamente com o discurso da democracia racial no Brasil, no que tange ao acesso ao ensino superior, e levaram ao estabelecimento de dispositivos proativos para o efetivo enfrentamento do racismo, como, por exemplo, a Lei Federal 10.639/2003 e 11.645/2008, que tornou obrigatório o ensino da história e cultura afro-brasileira, africana e indígena na educação básica.

Se consideradas as perdas históricas acumuladas pelas políticas de segregação e racialização do estado brasileiro (SILVA, 2009) e as marcas culturais e institucionais do mito da democracia racial, pode-se afirmar que

esses marcos legais, junto com a Lei Federal Nº 12.288/2010 que institui o Estatuto da Igualdade Racial, contemplam os avanços mais fundamentais para garantir e efetivar progressivamente primeiro a igualdade de oportunidades, em seguida a defesa dos direitos étnicos individuais, coletivos e difusos e o combate à discriminação e às demais formas de intolerância étnica (BRASIL, 2010).

Neste sentido, para dar continuidade às transformações indicadas pelos marcos legislativo, é imprescindível considerar que “[...] as organizações são um campo fecundo para a reprodução das desigualdades raciais” (BENTO, 2005, p. 176). Para Bento (2005), as instituições apregoam e asseguram a condição de que todos as pessoas e grupos disputam sob os mesmos níveis de oportunidades, em que a competência individual a que oferece a melhor garantia de acesso.

Contraditoriamente, as desigualdades raciais persistem e evidenciam que em grande parte dos casos a instituição se resguarda ao silêncio e pelo sentido de neutralidade (BENTO, 2005), de outro modo seria na ausência de justificativa coerente sobre sua participação na manutenção das desigualdades raciais e sociais da sociedade brasileira. Denomina-se racismo institucional esse tipo de racismo

silenciado e praticado pelas organizações, inclusive a universitária.

Enquanto conceito, o racismo institucional foi popularizado em 1967, e inicialmente utilizado para especificar a manifestação do racismo enquanto um sistema de opressão que privava a garantia e o acesso de direitos civis e sociais negros, sendo praticado pelo conjunto de instituições sociais – estado, igreja, universidade, etc. Para os autores, Carmichael e Hamilton (1967, p. 4, tradução nossa) trata-se da falha/fracasso coletivo de uma organização para prover um serviço apropriado e profissional para as pessoas por causa de sua cor, cultura ou origem étnica.

Almeida (2020) pondera o conceito de racismo institucional afirmando que ele não se limita exclusivamente a comportamentos de agentes institucionais com atitudes preconceituosas, mas como resultado do funcionamento das instituições, que passam a atuar em uma dinâmica que confere, ainda que indiretamente, desvantagens e privilégios com base na raça enquanto parte da normalidade organizacional (ALMEIDA, 2020, p. 37-38). Por essa natureza, o racismo institucional não pode ser confundido como racismo individual, sobretudo, quando for reduzido a uma conduta não adequada segundo os parâmetros de boa convivência definida pela instituição.

De outro modo, e, sobretudo, o racismo institucional é praticado quando, a partir do princípio da totalidade das normas, dos padrões, das técnicas de controle, condicionam o comportamento dos indivíduos, mesmo quando estes carregam em si os privilégios, interesses, conflitos e contradições simultâneas e inerentes à condição de funcionamento normal da instituição. Em outras palavras, o racismo institucional não seria somente associado à postura de silenciamento e a neutralidade da instituição diante de um evento ou ação isolada de indivíduos ou grupos racistas (BENTO, 2005), mas principalmente porque essas posturas são concebidas e legitimadas por uma instituição que está embutida e dominada por grupos sociais que utilizam mecanismos institucionais para impor e manter seus interesses e expectativas de raça, e criando a normalidade de funcionamento da instituição enquanto tradição (ALMEIDA, 2020).

O argumento de que nenhuma sociedade é homogênea, e assim, a universidade tem sido organizada por grupos raciais hegemônicos com fins de estabelecer, manter e garantir a normalidade da vida social e das práticas institucionais auxilia a fortalecer esse argumento. Por isso, a Resolução Normativa bº 175/2022/CUn, no Artigo 2º, inciso IV, o racismo institucional foi definido como “[...] o estabelecimento, nas

instituições, de parâmetros discriminatórios baseados na raça de modo a manter a hegemonia do grupo racial no poder, dificultando a ascensão de outros grupos raciais, não problematizando a desigualdade racial e naturalizando o domínio branco”.

Essa definição auxilia na interpretação de que, com efeito, o racismo praticado pela e na universidade é fundamentalmente um dos mecanismos com o qual o racismo estrutural se realiza, e é usado para manter e impor e manter os interesses e expectativas do grupo racial hegemônico, que em conjunto com a cultura, a tradição, a estética e as práticas sociais, dão o sentido de normalidade racial (ALMEIDA, 2020) nos projetos de futuro e de universidade.

Em síntese, o racismo institucional, sugere que, *Lato sensu*, a falta de reconhecimento pela dignidade humana dos povos negros e indígenas pelas instituições, e o mecanismo pelo qual a universidade normaliza suas práticas e culturas no cotidiano de trabalho, das tarefas, das ações e dos processos decisórios, incluindo-se posturas frente às práticas racistas, e cultura, tradição, a estética e projetos de universidade.

Mas como detectar a existência de racismo institucional na universidade? Quais parâmetros podem ser admitidos para identificar e avaliar esses mecanismos? Operacionalmente, a

maneira mais tradicional de conhecer, detectar e avaliar o racismo institucional são a partir de indicadores quantitativos de proporcionalidade racial em instituição. Algumas possibilidades são apresentadas na próxima seção.

### **Identificação e avaliação do racismo institucional**

Como destacado, a abordagem mais convencional para diagnosticar o racismo institucional é desenvolvida por meio da proporção absoluta e relativa de agentes classificados segundo a atribuição e declaração cor/raça. Neste sentido, extrai-se, de um conjunto sistemático de informações, uma série de medidas numéricas que representam quantitativamente o perfil racial da instituição, sendo este resultado das transformações das variáveis originais (dados brutos) em taxas, razões, indicadores e índices. São essas medidas que auxiliam na orientação dos processos decisórios para enfrentamento ao racismo, com contemplação de ações de gestão e planejamento, e estabelecimentos de metas, objetivos e estratégias para promover a mudanças no perfil racial da instituição, tornando-a mais equitativa.

A título de exemplificação, o índice ESG de Equidade Racial (IEER), proposto pelo Pacto de Promoção da Equidade Racial (PACTO, 2022) tem sido um dos mais utilizados por empresas dos setores corporativos. Trata-se de um índice

composto por três níveis de análise, e calculado como um por uma métrica diagnóstica o status atual de equidade racial da empresa, comparando a proporção de negros entre os colaboradores da empresa com a proporção de negros na localidade em que a empresa atua (1), somando-se a indicadores de impactos das ações afirmativas implementadas pela empresa (recrutamento, cotas, permanência) (2), e os investimentos sociais voltados à equidade racial (3).

Outros indicadores que também atende o reconhecimento do racismo institucional no contexto das universidades foram apresentados no relatório técnico elaborado pela comissão especial da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, 2022), que tratou sobre as vagas reservadas nos concursos públicos para candidatos negros e pessoas com deficiência. O Índice de Disparidade Racial (IDR) aplicado para as vagas reservados para negros, e o Índice de Exclusão de Pessoas com Deficiência (IEPCD) para candidatos deficientes, foi baseado na proporção de docentes declarados negros (pardos e pretos) e a razão com docentes brancos e sem deficiência, respectivamente, ao total de professores negros e brancos no estado de Minas Gerais (UFMG, 2022).

A representação dos IDR e IEPCD se deu por unidade acadêmica

(departamentos), evidenciou o cenário da universidade na forma de tratamento mais e menos dispare e seus graus de exclusão, o que por sua vez, ofereceu a comissão que elaborou o relatório com esses dados a indicar ações de aproveitamento e redistribuição de vagas, além de da edital de concursos público exclusivo para atender a diminuição dos indicadores (UFMG, 2022).

Apesar dos indicadores serem uma estratégia de fácil operacionalização, e de reconhecimento imediato do racismo institucional, é importante destacar que sua validade está associada ao um nível robusto, consistente e confiável dos dados originais. Neste caso, se a instituição não apresenta um grau importante de uniformidade e integração de suas informações, qualquer indicador numérico vai apresentar falhas, erros ou tendências de subestimar os parâmetros finais. Essa fragilidade implica diretamente em indicadores deficientes e processos decisórios que podem ser inadequados à cultura e rotinas institucionais normais.

Ao mesmo tempo, esse cenário caracteriza o quadro típico de práticas institucionais racistas, já que independente da natureza das informações, da sofisticação tecnológica dos sistemas ou do grau de integração de banco de dados, o argumento final a ser utilizado seria para não avançar na transformação do perfil racial da

instituição. Em todos esses casos, os impactos culminam fundamentalmente em algum processo de discriminação racial, e que causam desvantagens às populações negras e indígenas (CARMICHAEL; TURE; HAMILTON, 1967, p. 4-6, tradução nossa).

O reconhecimento desse cenário, somado a identificação dos discursos conservadores e tecnicistas, é fundamental para mostrar o compromisso e uma postura séria de enfrentamento ao racismo institucional, pois mesmo com indicadores e índices numéricos robustos ou frágeis, quaisquer ações que a universidade programe para mudar o perfil racial deve resultar em um cenário melhor de gestão e o planejamento como um todo.

Por isso, se equalizar a democratização do ensino superior em níveis estatísticos já tem sido observado como uma abordagem importante para transformação da sociedade, ela também não é menos importante do que considerar que esses números têm sido combinados com a estrutura desigual e perversa do racismo em nossa sociedade, tendo em vista que a normalidade no Brasil, é que jovens, negros e pobres, tem 45% mais chances de serem vítimas de homicídios no país (IBGE, 2019).

E ainda que mesmo que transformações positivas para a universidade têm sido amplamente

disseminadas, aceitas, reconhecidas e validadas pela comunidade interna e externa, ainda é um desafio observar que o quadro geral das universidades brasileiras é notadamente ocupado por docentes autodelcarados brancos 76,67% (BRASIL, 2019), que a bem verdade, é ainda definida na avaliação dos atributos fenotípicos e estéticos para ocupação de postos de trabalho (ARBOLEYA; MEUCCI, 2015).

Além disso, abordagem quantitativa de diagnosticar o racismo institucional não capta atitudes e comportamentos individuais, sobretudo, quando essas ações são legitimadas no e pelo conjunto das práticas sociais e culturais da instituição. Neste caso, e como destacado anteriormente, o racismo sempre tende a ser desenvolvido a partir de preconceitos concebidos como involuntários ou inconscientes, sejam advindos de práticas indivíduos ou grupos racistas. Por isso, qualquer ação antirracista a ser implementada reitera o compromisso da instituição no enfrentamento ao racismo como um todo, individual e institucional.

### **Elementos do racismo institucional na UFSC**

Na UFSC o racismo institucional pode ser reconhecido pelas questões estruturais, externas ao cotidiano da comunidade, e ocorre quando os processos de precarização impactam na

integridade da instituição, sobretudo quando se difunde por meio de ataques ou discursos de inferiorização de alguns grupos raciais, notadamente negros, indígenas e quilombolas. Em grande parte, esses discursos se baseiam nos mitos da diminuição da qualidade do ensino devido aos impactos oriundos das ações afirmativas e as políticas de cotas, ou da queda da credibilidade e do prestígio da instituição, devido às denúncias de fraudes em bancas de validação de autodeclaração, ou do constrangimento que os indivíduos são submetidos nas avaliações de cor/raça.

De fato, esses exemplos supostamente parecem colocar em xeque a credibilidade da universidade pública, bem como da validade dos processos de seletivos, mas também mostra que existem agentes externos a universidade que utilizam de grande parte de seus recursos, discursos e tecnologias para legitimar seus interesses de classe, sendo, portanto muito mais comprometidos com a precarização e privatização da instituição, do que com democratização do ensino superior ou aumento de sua qualidade.

Ao mesmo tempo, a existência de agentes internos que não reconhecem esses processos como um problema real e grave ao papel social da UFSC, abre-se também mais possibilidades de diminuir a credibilidade da instituição junto à

sociedade, do que valorizá-la. Em ambos os casos o impacto ser mais radical sob a classe trabalhadora, e quem mais perde, sem dúvida, é a população negra e indígena, que historicamente tem sido alijada pelas determinações sociais do racismo, seja em termos de segregação ou impedimento ao acesso ao ensino superior, seja na garantida à permanência na universidade, que tornam esse direito uma realidade distante e impossível.

É necessário, portanto, tornar conhecido as práticas de racismo institucionais praticadas por agentes externos, para que a comunidade interna e a população em geral possam estar segura dos propósitos e das finalidades da luta contra o racismo dentro e fora da universidade, sendo incluída com destaque em seus planos de desenvolvimento institucionais. Neste aspecto, a instituição tem a responsabilidade de ser submetidas à constantes processos de autocrítica e autoavaliação, para que os processos de privação e violência material e simbólica que agem na manutenção de que a ideia de democratização da universidade pública sejam amplamente combatidos, uma vez que, o racismo institucional também se realiza como pratica de manutenção do status do poder da raça que priva grupos raciais ao acesso e ao direito do ensino superior público (CAMPOS, 2017).

Quando praticado por fatores conjunturais, reconhecidos como internos à instituição, o racismo institucional pode ser observado na UFSC na reduzida proporção de negros e negros no quadro de funcionários, que se atende também a desigualdade de agentes responsáveis por cargos administrativos e de decisão. Neste aspecto, a universidade reproduz o racismo estimulando o silenciamento dos grupos raciais, através da redução de políticas para assistência e permanência estudantil, dos projetos de pesquisa e de extensão que tenham foco em questões étnico-raciais, racismo, branquitude, etc.

Esses argumentos e a definição da Resolução Normativa ajudam a problematizar o cenário atual, que cerca de 50% de estudantes que compõem as estatísticas das universidades públicas brasileiras, são negros, e que certos desse avanço, a realidade não é otimista quando se assume os mesmos indicadores no âmbito da pós-graduação não passam de 30%, e ainda menos nos quadros de docentes (16,4%) (IBGE, 2019). Essas proporções ainda devem ser significativamente menores para as mulheres negras docentes em universidade federais, cuja estimativa não passa de 4% (IBGE, 2016).

A este respeito, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEAm 2017) indica que existe uma hierarquia ocupacional com os homens brancos

presentes no topo das ocupações profissionais e as mulheres negras na base, e Ratts (2003) aponta que essa hierarquia resulta da interseccionalidade entre classe, raça e gênero, que se desenha a partir das primeiras posições ocupadas por homens brancos, seguindo pela mulher branca, homem negro e com a mulher negra em último lugar.

Comprometida com a construção de sociedade justa e aberta à atuação política para a diversidade social, étnica, racial e de gênero, as universidades públicas, e em particular a UFSC, pode considerar que essa realidade não é um problema em si ou impossível de ser resolvido. Ao reconhecer a lógica e os mecanismos do racismo institucional, a universidade deve oferecer um tratamento adequado ao enfrentamento e a superação das desigualdades decorrentes do preconceito e da discriminação racial e indicando para isso prazos, já que a transformação não se dará de forma absoluta e repentinamente.

Neste sentido, a construção de cenários de curto, médio e longos prazos desempenha um papel crucial na estimativa das necessidades de transformação racial na UFSC. Destaca-se que cenários não são previsões de futuro, mas articulações representativas que permitem a uma análise prospectiva que considera diferentes trajetórias e mudanças

concretas, levando em conta fatores sociais, políticos, econômicos e culturais, e também estabelecimento de objetivos e metas possíveis de realização concreta (SCHWARTZ, 2000).

Os cenários ajudam a antecipar as condições fundamentais de um estado futuros, sobretudo, no que se refere a identificação de desafios e oportunidades relacionados à transformação racial, e o desenvolvimento de estratégias de promoção da equidade, a inclusão e a diversidade em seus ambientes acadêmicos.

Deste modo, a mudança nas proporções entre negros e brancos em todos os indicadores da universidade pode ser um primeiro desafio a ser enfrentado pela UFSC nos próximos anos. E se considerados os princípios apresentados na Lei Federal Nº 12.288/2010, do Estatuto da Igualdade Racial, e da Resolução Normativa bº 175/2022/CUn, esse processo já está em curso, o que coloca a UFSC mais uma vez na vanguarda e na linha de frente em comparação às outras universidades no país e no mundo. A construção desse primeiro diagnóstico reitera mais uma vez esse compromisso.

## **FONTES DOS DADOS E**

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Assim que a Resolução Normativa bº 175/2022/CUn foi aprovada (em 29 de

novembro de 2022), o Comitê Institucional de Ações Afirmativas, por meio do Subgrupo para o Monitoramento e Avaliação da Política de Enfrentamento ao Racismo iniciou as atividades para a elaboração do diagnóstico institucional do enfrentamento ao racismo na UFSC (Artigo 22º, inciso 2º, alínea I).

Neste sentido, a comissão instituída pela Portaria Nº 001/SAAD/2022 de 31 de janeiro de 2022, solicitou à antiga SAAD a emissão de ofícios e e-mails para os diversos setores da UFSC visando à montagem do banco de dados para elaboração do diagnóstico, que deveria contemplar inicialmente a série histórica de 2000 a 2022. A escolha desse período foi deliberada coletivamente com o interesse de avaliar as transformações no perfil populacional nos anos recentes, sobretudo, a partir da implementação política de ações afirmativas. O banco de dados, assim, foi dividido por duas fontes de informações, organizadas para contemplar separadamente as categorias estudantes e servidores (técnicos administrativos em educação e docentes).

Todas as informações foram recebidas em planilhas eletrônicas, e foram submetidas a análise descritiva para avaliação e análise da proporcionalidade variável cor/raça de acordo com as categorias brancos, negros (pardos e pretos), indígenas e amarelos. Todos os dados foram tratados em

Planilhas Eletrônicas, utilizando notadamente a pacote Microsoft Office Excel®.

Contudo, é importante também destacar que uma parte do conjunto de dados apresentam inconsistências nos registros, o que por sua vez limita a interpretação precisa e consistente nas análises. Essa inconsistência continuou mesmo depois dos processos de validação das planilhas e da correção de erros de cálculo.

O cruzamento das informações foi feito com base no número de matrícula e não foram solicitados nomes e número de documentos pessoais, conforme nos termos da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais em vigência (LGPD).

## **ESTRATÉGIAS DE COMBATE AO RACISMO INSTITUCIONAL NA UFSC**

A tomada de consciência do racismo institucional já tem sido garantida pela Resolução Normativa bº 175/2022/CUn, e inicialmente é suficiente para aumentar a credibilidade da instituição junto à classe trabalhadora, como também, apresentar seu caráter combativo e socialmente compromissada com a luta antirracista.

De outro modo, e a partir deste diagnóstico, o ponto de partida agora é definir medidas, metas e estratégias institucionais que possam ser implementadas no cotidiano da universidade visem a equidade

proporcional entre os grupos raciais que a conformam. Essas ações devem sugerir mudança nas rotinas de trabalhos, nos fluxos administrativos e na cultura acadêmica de valorizar o papel da universidade pública como instituição de vanguarda que fomenta, pelo papel social que exerce, a conscientização racial e a emancipação cidadã como princípios para transformação e erradicação do racismo na sociedade brasileira.

Desta forma, nossa primeira avaliação é: se o desafio colocado pelo racismo institucional for concebido como obstáculo, de fato, ele deve atrasar a ampliação do processo de democratização da universidade, ou até mesmo assumir a impossibilidade de sua transformação.

Mas se for entendido como uma questão, ou seja, ela nos serve como oportunidade de reflexão e de resolução de problemas antigos, que envolve tanto assumir a existência da desigualdade étnica, racial e de gênero na gestão, no ensino, na pesquisa e na extensão da instituição, e a partir dela encaminhar um processo mais profundo e concreto de democratização com vias a garantir a equidade social, justa e antirracista.

Neste sentido, podemos assumir que o racismo institucional na UFSC é uma questão. Ela passa pelo reposicionamento da instituição em outra ordem de funcionamento, que impacta

diretamente nas condições de normalidade das rotinas, das decisões e do cotidiano, sendo executada inicialmente pela equalização dos indicadores anteriormente apresentados. Para isso, é possível sugerir as seguintes metas e cenários.

### **Cenário atual do racismo institucional**

O racismo institucional na UFSC é evidente na disparidade racial entre estudantes e servidores, com uma predominância significativa de pessoas BA e em relação às PPI.

O perfil dos estudantes da UFSC mostra uma diversidade étnico-racial em transformação, com uma tendência de aumento gradual dos estudantes autodeclarados PPI e uma diminuição paulatina dos estudantes BA ao longo dos anos. Essa mudança é atribuída, em parte, à implementação das políticas de ações afirmativas em 2007.

Nos anos mais recentes, essa tendência parece ter se estabilizado, sugerindo a necessidade de revisão e implementação de novas estratégias para promover a diversidade no ambiente acadêmico, sobretudo, no que se refere a trajetória dos estudantes, a experiência acadêmica e as possibilidades de formação com recursos financeiros mais justos.

A análise por Unidades de Ensino mostra variações significativas entre os

cursos, com algumas unidades apresentando taxas de abandono, desistência e trancamento acima da média da UFSC, especialmente entre os estudantes PPI. Esses dados destacam a importância de políticas mais inclusivas e equitativas para garantir oportunidades justas e igualdade de acesso, promovendo um ambiente acadêmico mais diversos, justo e acolhedor.

A disparidade racial é especialmente marcante nos setores classificados com um "Muito Alto" índice de desigualdade racial (IDR), em que a presença de TAEs PPI é extremamente baixa ou inexistente. Além disso, há departamentos com proporções muito baixas de docentes PPI, refletindo a falta de diversidade racial no corpo docente da universidade.

Essa realidade demonstra a existência de práticas discriminatórias e exclusão de pessoas PPI nos diferentes setores da UFSC. A implementação urgente de políticas de equidade racial se faz necessária para promover a inclusão e a diversidade na universidade, garantindo oportunidades justas para todos os membros da comunidade acadêmica.

### **Cenários futuros para promoção de igualdade racial para estudantes**

A UFSC tem observado uma transformação demográfica em seu corpo discente, com um aumento da diversidade racial nos últimos anos. No entanto, essa

tendência tem se estabilizado, o que indica a necessidade de políticas específicas para promover a equidade racial no ambiente acadêmico. Nesse contexto, a frente mais importante de implementação de políticas de equidade racial está na trajetória e na experiência acadêmica dos estudantes, especialmente no que se refere ao recrutamento de estágio, e junto com ela a distribuição equitativa do número e valores de bolsas. O estágio é uma etapa crucial na formação dos estudantes, pois proporciona experiência prática e facilita o acesso ao mercado de trabalho. Por isso, promover a equidade racial nessa etapa, é fundamental.

Julgamos, que a universidade então deve implementar campanhas junto às empresas recrutadoras, estimulando a contratação de estudantes autodeclarados PPI. Essas campanhas podem incluir a divulgação dos benefícios da diversidade no ambiente de trabalho, a promoção de eventos de networking entre empresas e estudantes PPI, e a criação de políticas de incentivo à contratação desses estudantes.

Além de promover a inclusão e a diversidade, a contratação de estudantes PPI contribui para a redução das desigualdades sociais e para a valorização da formação acadêmica desses estudantes. É importante ressaltar que a implementação dessas políticas não

só beneficia os estudantes PPI, mas também enriquece o ambiente acadêmico e fortalece o compromisso da UFSC com a equidade racial.

Contudo, esse incentivo não inibe a necessidade de ampliação de políticas de permanência na universidade. Os dados mostram que em termos de abandono, sobretudo nas fases iniciais, ainda é um desafio a ser enfrentado, e o impacto imediato a partir do racismo, coloca uma desproporcionalidade importante aos estudantes PPI, em relação às condições dos estudantes BA. Essa questão precisa ser ponderada e assistida.

Em suma, a implementação de políticas de equidade racial no recrutamento de estágio e ampliação das políticas de permanência é fundamental para promover a inclusão e a diversidade na UFSC. Ao focar nessas frentes, a universidade demonstra seu compromisso com a equidade racial e contribui para a construção de uma sociedade racialmente mais justa e equitativa.

### **Cenários futuros para promoção de igualdade racial para servidores**

Como destacado anteriormente, os dados disponibilizados pela Administração Central da UFSC, através da PRODEGESP - Pró-Reitoria de Desenvolvimento e Gestão de Pessoas, revelam que o quadro racial da universidade representa,

proporcionalmente, 9,2% do universo de 2594 docentes e 12,9% do universo de 2899 TAEs. Essa realidade equivale a 279 TAEs e 518 docentes PPI.

Para alcançar a meta de 20% do quadro atual de servidores, a UFSC deve estabelecer metas claras e objetivas, indicando prazos específicos (2030), bem como uma razão anual que promova um crescimento gradativo da representação PPI. Nesse sentido, propomos um primeiro cenário hipotético, partindo dos atuais 9,2% e considerando a média de

levando em consideração as metas a serem atingidas em curto, médio e longo prazo, com garantia de editais exclusivos para candidatos negros e indígenas. Acreditamos que essa proporção pode ser alcançada por pelo menos duas estratégias, apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Cenários de combate ao racismo institucional na UFSC

URGENTE	GRADATIVO
Garantir a totalidade das vagas para candidatos PPI nos próximos concursos, avaliando o cumprimento de, no mínimo, 20%	Garantir a obrigatoriedade de 20% das vagas para candidatos negros, quilombolas e indígenas nos próximos concursos, de forma gradual até

candidatos deferidos nos concursos de 2017 a 2024 para docentes, que tem sido de 15,8 pessoas por ano.

Argumentamos que o modelo de distribuição baseado no sorteio tem sido pouco eficiente para garantir a proporção de 20% de docentes PPI nos Departamentos de Ensino, pois o cálculo abrange toda a instituição, resultando em um impacto generalista. Sugerimos que a distribuição da reserva de vagas seja baseada na quantidade apresentada por cada departamento,

de representação nos departamentos de ensino até 2030. Trata-se de uma estratégia essencial para uma mudança rápida e significativa. Ao priorizar a contratação de docentes PPI de forma imediata, a UFSC demonstra um compromisso sério e imediato com a equidade racial.	2030, para contemplar, no mínimo, 20% de representação de docentes PPI nos departamentos de ensino. A estratégia reconhece a necessidade de um processo de transição cuidadoso. Permite que a UFSC acompanhe de perto o progresso em direção à meta de representação racial, ajustando
--	--

Emite um sinal claro de que a universidade está empenhada em promover a diversidade e a inclusão em seu corpo docente	as estratégias conforme necessário ao longo do tempo. Leva em consideração a disponibilidade de candidatos qualificados e a capacidade de adaptação dos setores administrativos e departamentos de ensino
---	---

Org. Autores

Separadas ou em conjunto, as duas estratégias fornecem um quadro abrangente e equilibrado para a promoção da equidade racial na universidade. E se a ação urgente (imediate) for combinada com a gradativa (longo prazo), a UFSC pode garantir não apenas uma mudança significativa na representatividade racial dos servidores, mas também uma transformação cultural duradoura que valorize a diversidade e a inclusão em sua comunidade acadêmica, junto a sociedade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente diagnóstico relata o perfil da comunidade e parte do cenário de

racismo institucional observado e praticado na UFSC, A construção de políticas e protocolos para efetivação de práticas antirracistas, e avaliações críticas para neutralizar e impedir avanços de práticas racistas estão mais bem substanciado a partir deste documento.

Entre os estudantes, a definição do perfil dos estudantes da UFSC auxiliou a identificar parte dos obstáculos e dos desafios específicos enfrentados por práticas racializadas e racistas. Esse processo não apenas permitiu uma abordagem mais precisa e eficiente na implementação de ações afirmativas, mas também contribuiu para a reflexão que é preciso avançar na implementação de políticas de equidade racial a partir do recrutamento de estágio (campanhas de promoção junto as empresas e instituições recrutadoras) e ampliação das políticas de permanência.

Entre servidores, a implementação simultânea das estratégias é fundamental para garantir que a UFSC não apenas alcance, mas também exceda sua meta de 20% de representatividade dos servidores PPI. Essa escolha não apenas demonstra um compromisso real com a equidade racial, mas sinaliza uma mudança transformadora na cultura acadêmica, que deve promover logo nos próximos anos um ambiente inclusivo e diversificado que enriquece a experiência de aprendizado, do ensino, da pesquisa e

da extensão em outro patamar de complexidade, como muito potencial de inovação.

Ao focar nessas frentes, a universidade demonstra seu compromisso com a equidade racial e contribui para a construção de uma sociedade racialmente mais justa e equitativa. É hora da UFSC

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Silvio. **Racismo estrutural**. Pólen Produção Editorial LTDA, 2019.

ARBOLEYA, A.; MEUCCI, S. Trajetórias de docentes negros no ensino superior brasileiro e a construção de significados para o mérito “incomum”. In: **Reunião equatorial de antropologia**, 5.; reunião de antropólogos do norte e nordeste, 14., 2015, Maceió. Anais [...]. Maceió: UFAL/UNIT, 2015.

BENTO, Maria Aparecida Silva. Branquitude e poder: a questão das cotas para negros. In: SANTOS, Sales Augusto dos (Org.). **Ações afirmativas e combate ao racismo nas Américas**. Brasília: Ministério da Educação, 2005. p. 165-177. (Coleção Educação para Todos, v. 5).

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Censo da Educação Superior 2018**. Brasília, 19 de setembro de 2019. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/microdados/>

liderar pelo exemplo, mostrando que a diversidade não é apenas desejável socialmente, mas essencial para o avanço acadêmico, científico e tecnológico.

microdados\_educacao\_superior\_2018.zip. Acesso em: 11 nov. 2023.

BRASIL. **Lei 10.639, de 9 de janeiro de 2003**. Estabelece a obrigatoriedade do ensino de História e Cultura Afrobrasileira. Diário Oficial da União, 2003.

BRASIL. **Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União. 1996.

CAMPOS, Luiz Augusto. Racismo em três dimensões: uma abordagem realista-crítica. **Revista brasileira de ciências sociais**, v. 32, 2017.

CARMICHAEL, Stokely; TURE, Kwame; HAMILTON, Charles V. **Black power: The politics of liberation in America**. Vintage, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Desigualdades sociais por cor ou raça no Brasil**. Estudos e Pesquisas-Informação Demográfica e Socioeconômica, v. 41, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por**

**Amostra de Domicílios.** Rio de Janeiro: IBGE; 2018.

INEP. Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anízio Teixeira. **Censo da Educação Superior - 2017.** Ministério da Educação. Brasília, DF: INEP, 2018.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Retrato das desigualdades de gênero e raça - 1995-2015.** Brasília: Ipea, 2017.

Disponível em:

[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/170306\\_retrato\\_das\\_desigualdades\\_de\\_genero\\_raca.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/170306_retrato_das_desigualdades_de_genero_raca.pdf). Acesso em: 11 nov. 2023.

KILOMBA, Grada. **Memórias da plantação: episódios de racismo cotidiano.** Editora Cobogó, 2020.

PACTO. Pacto promoção da Equidade Racial. **O Índice ESG de Equidade Racial: conceito, visao setorial e aspectos práticos da adesão.** 2022.

Disponível em:

[http://pactopelaequidaderacial.org.br/assets/files/report\\_ieerssetores\\_pacto.pdf](http://pactopelaequidaderacial.org.br/assets/files/report_ieerssetores_pacto.pdf).

Acesso: 28 set. 2023.

PASSOS, Joana Célia dos. A Atuação da Comissão de Validação de Autodeclarados Negros na UFSC: uma experiência político-pedagógica. **Revista da ABPN**, v. 11, n. 29, p. 136-158, 2019.

PASSOS, Joana Célia dos. Relações raciais, cultura acadêmica e

tensionamentos após ações afirmativas.

**Educação em revista.** Belo Horizonte, v.31, n.2, jun, 2015, p.155-182.

RATTS, A. J. P. Gênero, raça e espaço: trajetórias de mulheres negras. In: **Encontro Anual da Anpocs**, 27., 2003, Caxambu. Anais [...]. Caxambu: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ciências Sociais, v. 27, p. 1-21, 2003.

Resolução Normativa nº 175/2022/CUn, de 29 de novembro de 2022. Dispõe sobre a Política de Enfrentamento ao Racismo Institucional em suas diferentes formas de manifestação no âmbito da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://secarte.paginas.ufsc.br/files/2023/03/RN\\_1752022CUn\\_Pol%C3%ADtica-de-enfrentamento-ao-racismo.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://secarte.paginas.ufsc.br/files/2023/03/RN_1752022CUn_Pol%C3%ADtica-de-enfrentamento-ao-racismo.pdf). Acesso em: 11 nov. 2023.

SCHWARTZ, Peter. **'A arte da visão de longo prazo: Planejando o futuro em um mundo de incertezas'**. Best Seller, 1ª Edição – 2000.

SILVA, Maria Nilza. Cotas raciais na universidade brasileira e a ideologia da meritocracia. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 17, n. 54, p. 1.207-1.221, jul./set. 2017.

UFMG. **Relatório técnico Comissão Especial instituída pela Portaria Nº 3.102/2022.** Assunto: Vagas reservadas para candidatos negros e pessoas com

---

deficiência nos concursos públicos para  
cargos do Magistério Federal.

Universidade Federal de Minas Gerais.  
UFMG. 2022.

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

**Nanocápsulas naturales a base de mucílago de *Pereskia aculeata* con carvacrol:  
innovación sostenible en la lucha contra los patógenos transmitidos por los alimentos**

Autor: Maia, de Carvalho Iana; ianamaia52@gmail.com

Co-autor(es): Zilles, Capes Júlia; Contri, Vidor Renata

Orientador/a: Malheiros, da Silva Patrícia

Universidad Federal de Rio Grande do Sul – Instituto de Ciencia y Tecnología de los  
Alimentos/Porto Alegre, Río Grande do Sul, Brasil

**Resumen**

Este estudio expone la creación de nanocápsulas bioactivas utilizando el mucílago de *Pereskia aculeata* (ora-pro-nóbis) para encapsular carvacrol, un compuesto fenólico hallado en el aceite esencial de orégano conocido por su eficacia antimicrobiana. Las nanocápsulas fueron elaboradas mediante métodos sostenibles, enfocándose en la sostenibilidad y el aprovechamiento de desechos vegetales de la región. Se llevó a cabo la caracterización de las muestras utilizando análisis del potencial zeta. Se analizó la efectividad antimicrobiana contra patógenos transmitidos por alimentos como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., mostrando importantes zonas de inhibición. Los hallazgos resaltan el potencial del mucílago como una opción natural y funcional en sistemas de liberación controlada, así como su uso en envases activos, preservación de alimentos y en el ámbito de la salud pública. Esta propuesta apoya los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y refuerza la combinación de nanotecnología, fitoquímica e innovación alimentaria en el contexto de América Latina.

**Palabras clave:** nanotecnología verde, mucílagos vegetales, compuestos bioactivos

## Introducción

La industria alimentaria enfrenta desafíos relacionados con la contaminación microbiana, que afecta la seguridad y calidad de los productos. Los aceites esenciales, como el de orégano, representan alternativas naturales, aunque limitadas por su volatilidad y aroma intenso. La nanoencapsulación en mucílago vegetal surge como estrategia prometedora para proteger y vehicular estos compuestos bioactivos. Este estudio propone el uso de mucílago de ora-pro-nóbis como matriz sostenible de encapsulación, evaluando su eficacia antimicrobiana.

## Objetivos General

Evaluar la actividad antimicrobiana de nanocápsulas de carvacrol nanoencapsulados en mucílago vegetal.

## Objetivos Específicos

- Extraer y caracterizar mucílago de ora-pro-nóbis.
- Nanoencapsular carvacrol.
- Determinar tamaño de partícula, potencial zeta y estabilidad.
- Evaluar la actividad antimicrobiana in vitro frente a bacterias patógenas.

## Materiales y Métodos

Los mucílago fueron extraídos de hojas de *Pereskia aculeata*, posteriormente

liofilizados. Las nanocápsulas se obtuvieron mediante emulsificación, con fase orgánica (carvacrol, etanol, Tween 80) y fase acuosa (mucílago), seguida de homogeneización. Se evaluaron tamaño e índice de polidispersión mediante DLS y potencial zeta. La actividad antimicrobiana se determinó frente a *E. coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* y *S. aureus* mediante screening.

## Resultados y Discusión

Las nanocápsulas mostraron tamaños <200 nm, PDI  $\leq 0,3$  y potencial zeta dentro del rango de estabilidad coloidal, confirmando su viabilidad. En los ensayos antimicrobianos, las formulaciones de *Listeria monocytogenes* y *S. aureus* no redujeron, además de mostrar efectos frente a *E. coli* (imagen 01) y *Salmonella enterica*. Estos hallazgos refuerzan el potencial de mucílago vegetal como materiales innovadores y sostenibles en nanotecnología alimentaria (imagen 02).

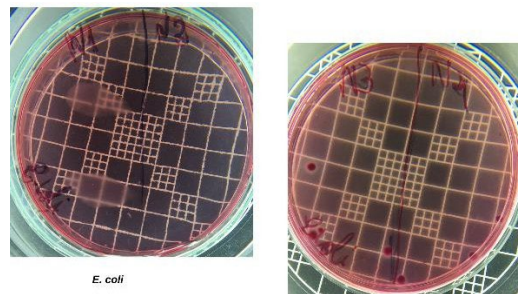


Imagen 01: Placa con *E. coli* inhibida



**Imagen 02:** Investigación y la agenda 2030

### Conclusiones

La nanoencapsulación de carvacrol en mucílago de ora-pro-nóbis constituye una estrategia eficaz para mejorar la seguridad microbiológica en alimentos. Los resultados demuestran el potencial de estas matrices naturales como agentes bioactivos aplicables a la industria alimentaria, en consonancia con la demanda de alternativas sostenibles y naturales.

### Referencias Bibliográficas

Cacciatore, F. A., et al. (2022). Nanotechnology in food preservation. *Food Research International*, 156, 111159. Leyva, M., et al. (2017). Antimicrobial properties of oregano essential oil. *Journal of Food Science*, 82(9), 2317–2325. Ribeiro, B. D., et al. (2016). Mucilages as natural wall

materials. *Carbohydrate Polymers*, 145, 124–132. Liu, L., et al. (2008). Natural polysaccharides for encapsulation. *Food Hydrocolloids*, 22(1), 1–11.

**Financiamiento:** Coordinación de la formación del personal de nivel superior (CAPES-BR).



**Asociación de Universidades  
GRUPO MONTEVIDEO**



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL ✦  
DE TUCUMÁN**



