

Encuentro entre la ciencia y la gente

INVESTIGACIONES EN EL 15° ANIVERSARIO del Centro de Innovación e Investigación Tecnológica de la UNLaR



COMPILADORES
MANUEL JESÚS MAMANÍ
RODOLFO ABEL DEMATTE



Universidad Nacional de La Rioja

Tinkuy 2 . Encuentro entre la ciencia y la gente.

Compilación de Manuel Jesús

Mamaní; Rodolfo Abel Dematte

Ilustrado por Paola Viviana Leal

1a ed. compendiada. La Rioja. Universidad Nacional de La Rioja.

EUDELAR, 2025. Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-1364-35-0

1. Centros de Investigación. 2. Demografía.

3. Biología. I. Mamaní, Manuel Jesús,

comp. II. Dematte, Rodolfo Abel, comp. III.

Leal, Paola Viviana, ilus.

CDD 001.4

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin autorización expresa de Editorial EUDELAR.

Su infracción será sancionada conforme a las Leyes 11.723 y 25.446.

ISBN 978-987-1364-35-0



“Se plantea la necesidad de promover la generación de nuevos conocimientos en el marco de las instituciones de educación superior, fortaleciendo así la investigación científica. Esta tarea contribuye a la construcción de una sociedad futura más amplia y rigurosa. (...) Sin embargo, el debate debe ir acompañado del compromiso universitario de llevar adelante los cambios que la realidad demanda”.

-Manuel Jesús Mamaní

Índice

Prólogo	6
Prefacio a la presente edición	10
Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. Historia y concepción	13
Visión	15
Misión	15
Objetivos del CENIIT	16
Área de Demografía	17
Mortalidad durante la niñez y adolescencia en la provincia de Catamarca entre los años 2000 y 2020	21
Área de Nanotecnología	34
Reciprocidad en la diferencia genética por marcadores moleculares RAPDs y la distribución espacial de posturas de controladores biológicos “crisópidos” neuroptera en cuatro variedades de olivo. Plaza Solar, La Rioja	41
Área de Energías Naturales Renovables	51
Avances en la determinación de la Erosión Eólica: Análisis	56
Estudio de procesos moleculares en nanopartículas: aplicaciones climáticas	76
Revisión de aplicaciones/paquetes de simulación aplicados a fenómenos fisicoquímicos tales como la lluvia ácida y la nucleación de nubes.	85
Investigación de sustitutos del Yoduro de Plata para la siembra de nubes en operaciones de modificaciones artificiales benéficas de las precipitaciones	99
Área de Biología de la Conservación y Paleobiología	111
Comunidades de artrópodos epígeos en la región de los llanos, Provincia de La Rioja.	115
Los síndromes ecofisiológicos diferenciales explican la división del recurso nicho térmico en escarabajos estercoleros Eucraniini coexistentes	126
Área de Investigaciones Científicas de la Salud Humana (IICSHUM)	157
Desigualdades en el acceso a medicamentos y gasto de bolsillo en La Rioja (Argentina)	160
Participación de la esfingosina-1-fosfato durante el desarrollo renal postnatal de los túbulos colectores	179
Área de Bioquímica y Farmacia	193
Materiales utilizados, medidas de seguridad y salud de artistas visuales de La Rioja y Chilecito durante 2018-2019.	199
Área de Ingeniería	211
Consumos y preferencias del perejil, laurel y orégano en la Provincia de La Rioja- Argentina	214
Área de Investigación de Transferencia y Formación de Emprendedores	232
Análisis del componente Pyme de la provincia de La Rioja: comparaciones efectuadas entre los años 2016-2023	235
Área de Biotecnología	252
El cannabis medicinal en el tratamiento del dolor neuropático periférico. Review.	256
Área de Entomología	273
El cannabis medicinal en el tratamiento del dolor neuropático periférico. Review.	274

Prólogo

La universidad Nacional de la Rioja en sus casi cincuenta y cuatro años de historia ha encontrado en la investigación un aliado estratégico para el desarrollo académico; en tal sentido, los desafíos del tiempo y las circunstancias institucionales han hecho que a los investigadores de nuestra casa de altos estudios, que hoy tengo el honor de conducir como primera mujer en la historia institucional, se hayan agrupado en siete centros de investigación reunidos, a su vez, en este libro que se plasma el resultado del trabajo realizado por uno de estos centros; a saber: el CENIT que, al igual que los demás, conmemora quince años de historia.

Como rectora y, como profesional formada en Ciencias Políticas y Políticas Públicas, tengo la convicción profunda de que la investigación científica es una herramienta transformadora que, no solo permite comprender las dinámicas que atraviesan nuestras comunidades, desde las cuales provienen muchos de nuestros estudiantes, sino también intervenir de manera informada, estratégica y comprometida en la construcción de un futuro más justo y sostenible.

Vivimos un mundo atravesado por desafíos que exigen respuestas complejas, integrales y basadas en las evidencias. En este contexto, la ciencia —en todas sus formas y enfoques— se convierte en una aliada fundamental para fortalecer las democracias, garantizar derechos, y mejorar la calidad de vida de nuestras comunidades. Desde las ciencias sociales hasta las ciencias exactas, cada investigación que se emprende es un acto de responsabilidad y de esperanza.

Este libro es una muestra del compromiso colectivo de nuestra comunidad académica con la generación de conocimiento riguroso, ético y relevante. Es, también, una invitación al diálogo entre disciplinas, territorios y saberes, con la convicción de que la producción científica debe estar al servicio del bien común.

Agradezco profundamente a quienes hacen posible esta obra con su labor silenciosa y constante. Leer estas páginas nos acerca a las preguntas que nos movilizan, a los desafíos que enfrentamos y a las respuestas que comenzamos a construir; en efecto, sigamos investigando, pensando y creando con responsabilidad y pasión.

Dra. Natalia Álvarez Gómez
Rectora Universidad Nacional de La Rioja

Prólogo

En mi carácter de vicerrector y, como ingeniero industrial, he aprendido a valorar profundamente la conjunción entre el pensamiento estratégico, la gestión eficiente de los recursos y la innovación como motor de cambio. Esta tríada adquiere, en el marco universitario argentino, una relevancia singular, porque nuestras instituciones, no solo deben formar profesionales competentes, sino también liderar los procesos de transformación social, científica y tecnológica.

La innovación tecnológica, lejos de ser un accesorio o una moda pasajera, constituye hoy un eje sustantivo del quehacer universitario, y en nuestra amada UNLaR, no negamos esta realidad. Su presencia atraviesa –transversalmente– las funciones sustantivas de la universidad: la enseñanza, la investigación, la extensión y la transferencia. Desde el rediseño de las prácticas pedagógicas hasta el desarrollo de soluciones concretas para los desafíos de nuestras comunidades, la tecnología no es un fin en sí mismo, sino una herramienta estratégica al servicio del conocimiento y del desarrollo humano.

En un país como Argentina, donde las universidades públicas han sido –históricamente– los motores de la inclusión, la democratización del saber y la producción científica de vanguardia: el compromiso con la innovación tecnológica es, también, un compromiso con la soberanía intelectual y el futuro sostenible. No se trata únicamente de incorporar dispositivos o plataformas digitales, sino de redefinir nuestras formas de enseñar, aprender, investigar y vincularnos con el entorno.

Como universidad, tenemos el desafío —y la responsabilidad— de formar profesionales capaces de habitar críticamente este presente atravesado por aceleradas transformaciones tecnológicas, sin perder de vista los valores que nos sostienen: la equidad, la ética, el bien común.

Este libro es fruto del trabajo de nuestros investigadores del CENIT, y es una invitación a reflexionar y a construir colectivamente una universidad que, no solo acompañe los cambios, sino que los protagonice. Una universidad que mire al futuro con inteligencia, compromiso y creatividad.

Ing. Luis O. Oviedo
Vicerrector Universidad Nacional de La Rioja

Prólogo

Desde aquella lejana Ordenanza N° 414 del 28/05/2010 a través de la cual se crean los institutos y unidades de investigación, se asume un compromiso que queda plasmado como “Dichos centros, congregados transversalmente, tendrán el cometido de consolidar e incrementar los derroteros científicos, favoreciendo la instrumentación de programas de investigación multidisciplinarios” sobre la base del “Centro de Investigación e Innovación Tecnológica, (CENIIT) y el Centro Interdepartamental de Investigación y Prácticas Académicas, (CIIPRA), ya existentes, comprendidos en las dimensiones y alcances estipulados por la presente Ordenanza”. Esta misión perdura hasta estos días, en los que es necesario destacar que la creación de Centros de Investigación debe ser catalogada como auspiciosa; sin embargo y, dado el tiempo transcurrido, es menester tener en cuenta en forma consecuente, y merituados los contenidos y resultados de los productos de allí emanados. La idea axial es realizar investigaciones que respondan a una política científica y tecnológica, sumadas a la capacidad de apropiación de los resultados que de allí surjan.

El CENIIT es una organización que concentra grupos de personas dedicadas a la indagación de temas desde el punto de vista científico. Esto permite desarrollar ideas propias teniendo en común los aspectos científicos. En este marco, se intenta discernir la relación entre ciencia básica y tecnología; de hecho, la ciencia suministra a la tecnología esquemas de comprensión del mundo real y, esta última, pone al servicio de la sociedad los avances de aquella; en efecto, existe complementariedad entre ambas, pero la relación no siempre es lineal ni evidente, puesto que la ciencia y la tecnología responden a paradigmas diferentes con mecanismos propios de generación de la difusión de resultados. La primera es producir publicaciones en las que se somete a juicio de los pares por el nuevo conocimiento producido y sus resultados deben ser repetibles bajo las mismas condiciones y compartido por la comunidad especializada, a diferencia de la tecnología que es un resultado productivo y su éxito o fracaso se mide del nuevo proceso o producto del mercado. Luego, las formas de trabajo son diferentes: esta realidad no siempre es comprendida por las instituciones de investigación radicadas básicamente en las universidades, más acostumbradas al trabajo científico con sus tiempos y métodos, no siempre adaptables a los requerimientos del cambio tecnológico necesarios la mayor parte de las veces, aspecto más que necesario para medir los avances en un flujo continuo de pequeñas innovaciones de tipo incremental.

Se plantea la necesidad de cómo generar más conocimientos que están contemplados dentro de las estructuras de las máximas casas de estudios superiores y así impulsar la generación de nuevos conocimientos y fomentar la investigación científica. Aporta a la construcción de nuestra sociedad del futuro, con amplitud y rigurosidad, pero luego de discutir debe existir el compromiso universitario de llevar adelante los cambios. Las herramientas son la ejecución de proyectos, difusión, evaluación de estrategias y la generación de indicadores de avance.

La publicación en este libro cuenta con artículos producto de resultados de los grupos de trabajo; hay una variedad de resultados que pueden ser transferidos, otros que se encuentran en la fase de avance. Las publicaciones sirven para poner en marcha el compromiso de continuar con los temas iniciados. Es grato observar que entre los integrantes de los responsables de las publicaciones se destacan la presencia de alumnos y becarios, hecho que responde a la necesidad de formar los recursos humanos que propician la renovación de planteles de investigadores, facilitan la oportunidad de que puedan desarrollar una vocación de la ciencia, lo cual es meritorio y aplaudible.

Ojalá que esta edición de un libro conmemorando un aniversario más de la creación del CENIIT sea punto de partida para que las publicaciones en revistas indexadas puedan ser depositarias de artículos que tengan su origen en los equipos de investigación formados y actuantes en este Centro.

Dr. Eduardo Escobar
Director Centro de Investigación e Innovación Tecnológica

Prefacio a la presente edición

*Sandra Blanes**

El conocimiento científico y sus aplicaciones son herramientas esenciales para afrontar los desafíos globales y locales que enfrentamos en la actualidad. "Encuentro entre la ciencia y la gente", una recopilación de trabajos producidos por el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica, se erige como un testimonio poderoso de la interconexión entre la ciencia, la comunidad y la vida cotidiana. Tinkuy 2 es una obra colectiva publicada en ocasión del decimotercer aniversario del Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT), dependiente de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR). El volumen reúne artículos representativos de las líneas de investigación desarrolladas en los institutos del CENIIT, con un enfoque marcadamente interdisciplinario, articulando campos como la salud, la nanotecnología, la paleobiología, la energía y la demografía. La propuesta busca fortalecer la interacción entre la ciencia académica y la sociedad civil, en sintonía con el espíritu de la noción quechua de tinkuy: el encuentro entre saberes diversos.

El artículo "Mortalidad durante la niñez y adolescencia en la provincia de Catamarca (2000–2020)" elaborado por Bertone, Torres, Andrada y Loyola ofrece un estudio riguroso de la mortalidad infantil y adolescente en la provincia de Catamarca. A partir del análisis de datos del Ministerio de Salud de la Nación y utilizando herramientas como el software SatScan, los autores identifican patrones espaciotemporales de riesgo diferenciados por grupos etarios y departamentos provinciales. Entre los hallazgos más relevantes se destaca el incremento de las causas externas (accidentes y suicidios) en adolescentes varones, así como la persistencia de desigualdades estructurales en regiones como Antofagasta de la Sierra y Tinogasta.

El abordaje metodológico es sólido, con un diseño cuantitativo descriptivo que permite visualizar dinámicas complejas del proceso salud-enfermedad. El trabajo se inscribe en una perspectiva de derechos, subrayando el valor de la evidencia empírica para el diseño de políticas públicas focalizadas.

El estudio de Romero, Redolfi y Campos “Reciprocidad genética y controladores biológicos en olivo” aborda la relación entre variabilidad genética en variedades de olivo y la presencia de controladores biológicos de la familia Chrysopidae. Mediante el uso de marcadores RAPDs, los autores identifican diferencias genéticas significativas, especialmente en la variedad "Frantoio", que a su vez muestra mayor atracción para las posturas de crisópidos.

Este capítulo destaca por integrar biotecnología vegetal y ecología aplicada. La metodología, que combina análisis genéticos con observaciones de campo, demuestra un enfoque de ciencia aplicada orientada al desarrollo productivo sustentable.

El capítulo, “Desigualdades en el acceso a medicamentos en La Rioja” elaborado por investigadores del Instituto de Investigaciones Científicas de la Salud Humana (IICSHUM), analiza las brechas en el acceso a medicamentos en la provincia de La Rioja, con foco en el gasto de bolsillo. El texto denuncia la fragmentación del sistema sanitario y su impacto en la equidad.

La relevancia del capítulo reside en su capacidad para problematizar el concepto de "acceso", y demostrar cómo la dimensión económica, pero también la territorial y organizacional, afectan la provisión de bienes esenciales.

Este apartado, “Aplicaciones de la nanotecnología en la región” presenta una revisión de los trabajos del Instituto de Nanotecnología, especialmente en lo relativo a aplicaciones fisicoquímicas en fenómenos ambientales como la lluvia ácida, la siembra de nubes y el análisis de nanopartículas.

El valor de este capítulo radica en su apuesta por la apropiación local de tecnologías de frontera. La producción científica aquí registrada no solo busca replicar modelos externos, sino adaptar soluciones técnicas a la geografía, el clima y las necesidades específicas del Noroeste argentino.

Tinkuy 2 constituye una propuesta editorial ambiciosa que articula diversas disciplinas científicas bajo una lógica institucional integradora. La obra trasciende el mero registro de actividades académicas para constituirse como un instrumento de visibilización del conocimiento situado. A lo largo de sus capítulos, se percibe una preocupación transversal por la equidad, la sustentabilidad y la generación de conocimiento aplicable.

Desde el punto de vista científico, la publicación cumple con los criterios de una obra colectiva de calidad: incorpora investigaciones originales, presenta metodologías explícitas y transparentes, y contribuye a debates actuales en cada una de las áreas.

Centro de Investigación e Innovación Tecnológica

Historia y concepción

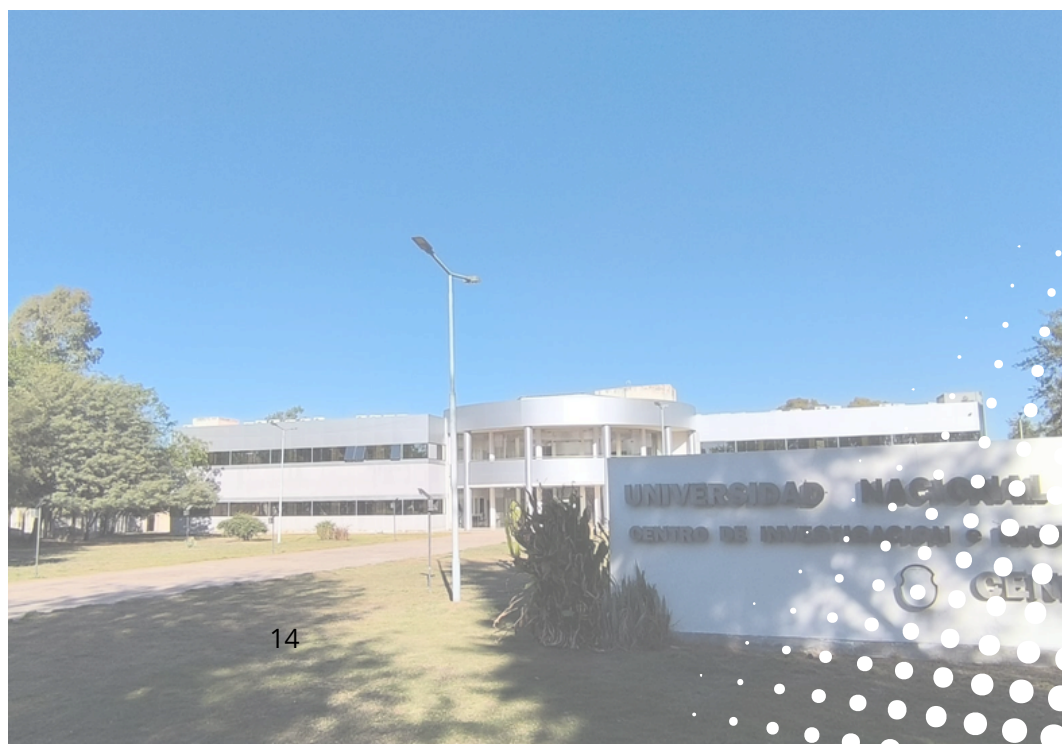
El Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT), creado mediante Resolución del Honorable Consejo Superior N°2822 con fecha veintisiete de febrero de 2009, fue construido en homenaje al bicentenario patrio de la Revolución de Mayo de 1810 y en conmemoración de un nuevo aniversario de la fundación de la ciudad de La Rioja. Fue inaugurado el día veintiuno de mayo de 2010, refrendado en la Ordenanza 414/2010 del Honorable Consejo Superior de la Universidad Nacional de La Rioja.

Originalmente, el CENIIT estuvo destinado a albergar seis (6) institutos superiores del Consejo de Investigación Científica y Tecnológica (CICyT): Instituto Superior de Energías Naturales Renovables, Instituto Superior de Biotecnología, Instituto Superior de Nanotecnología, Instituto Superior de Investigación Geofísica, Instituto Tecnológico de Investigaciones Mineras, y el Instituto de Investigaciones de Transferencia y Formación de Emprendedores. Con el paso del tiempo, se incorporaron diversos institutos departamentales: Instituto de Investigaciones Geológicas y Recursos Naturales, Instituto de Bioquímica y Farmacia, Instituto de Biología de la Conservación y Paleobiología (IBICOPA), y el Instituto de Investigaciones Científicas de la Salud Humana (IICSHUM).

Además, alberga otros centros de investigación que no tienen edificio propio, tales como el Centro de Investigación en Ciencias de la Salud (CICSAL), el Centro de Investigación en Pedagogía, Humanidades, Teología y Arte (CIPHTA), y el Centro de Investigaciones Sociales, Políticas y Económicas (CISPE).

Todos los institutos y unidades que componen y los que a futuro se incorporen al CENIIT, están y estarán prioritariamente destinados a desarrollar e incrementar la estrategia científica y tecnológica de la UNLaR: formar recursos humanos, transferir conocimientos a la comunidad y producir la calificación y la cuantificación de resultados virtuosos para el desarrollo.





Una inauguración diferente

Con la inauguración del centro, se conformó el primer edificio inteligente desarrollado en una universidad de nuestro país, y el primero en ser construido en la provincia de La Rioja. Con esta decisión, se reafirma el camino con el que está comprometida la UNLaR: estar a la vanguardia de la investigación, la formación de destrezas y conocimientos de avanzada.

Decididos a investigar y profundizar en la producción y difusión de la ciencia y de la tecnología, el CENIIT está conformado a partir de tres institutos superiores: el Instituto de Biotecnología, el Instituto de Nanotecnología y el Instituto de Energías Naturales Renovables. El edificio, levantado en el predio que posee la Universidad Nacional de La Rioja sobre las calles Luis Vernet y Apóstol Felipe, simboliza en su diseño tres aspas de un molino y un eje cilíndrico distribuidor, en correspondencia con la dinámica del movimiento base del progreso, de la investigación y la tecnología.

Visión

El CENIIT es el ámbito adecuado donde, además de la investigación, se generan proyectos de ampliación para el crecimiento social, conformando un polo regional, nacional e internacional de investigación para el desarrollo, con el firme propósito de incrementar la calidad de vida de los habitantes de nuestra provincia y del país.

Misión

Conforme a la visión planteada, el CENIIT se propone estar a la vanguardia de la investigación y la formación de destrezas y conocimientos de avanzada mediante:

- la formación de recursos humanos de alto nivel creativo;
- la promoción de actividad de innovación tecnológica;
- la realización y ejecución de proyectos de investigación, desarrollo e innovación;
- la extensión del conocimiento y la cultura a nuestra sociedad y
- la prestación de servicios tecnológicos de certificación, análisis, pruebas y asesoría a la comunidad que lo requiera.

Finalidad

La finalidad primordial de este emprendimiento es posicionarse como un polo de referencia en investigación tecnológica con proyección regional, nacional e internacional, concebido para impulsar procesos de desarrollo sostenibles y de alto impacto. Este propósito se fundamenta en la convicción de que el conocimiento científico y la innovación tecnológica constituyen motores esenciales para el progreso económico, social y cultural de las comunidades.

En este sentido, el centro se orienta a la generación, adaptación y transferencia de tecnologías avanzadas, la promoción de soluciones innovadoras a problemáticas reales y la consolidación de redes de cooperación entre instituciones académicas, organismos gubernamentales, sector productivo y sociedad civil. Asimismo, busca fortalecer la formación de recursos humanos altamente especializados, fomentar la cultura científica y tecnológica, y ofrecer servicios técnicos de excelencia, contribuyendo así al incremento sostenido de la calidad de vida de los habitantes, al desarrollo equitativo de la región y a la proyección competitiva del país en el escenario internacional.

Objetivos

- Incrementar y desarrollar destrezas científicas, tecnológicas, teóricas y empíricas
- Fomentar la formación de recursos humanos (masa crítica científica) y su capacitación permanente
- Confirmar hipótesis de investigación (riesgos sin conocimientos)
- Promover la defensa de la vida humana desde su concepción y con resguardo de premisas deontológicas y bioéticas
- Dimensionar alcances de resultados (impactos) y su aplicación en ámbitos productivos o de otros requerimientos sociales (salud, alimentos, medioambiente, industrias constructivas, fabriles, mineras, etc.)
- Incorporar a la UNLaR a redes científicas nacionales e internacionales para coordinar e intercambiar Información y optimizar performances
- Desarrollar tecnologías aplicadas para mejorar la calidad de vida, desde el aprovechamiento de energías limpias
- Generar ámbitos de análisis y evaluación de saberes o propuestas científicas priorizando las que resulten valiosas para el desarrollo colectivo
- Colaborar con sectores y organismos públicos o privados transfiriendo conocimientos
- Promover la registración y/o patentamiento de resultados, técnicas, destrezas y/o modelos según la legalidad aplicable

Ejes estratégicos

- Fortalecimiento y mejoramiento institucional
- Promoción y optimizar la investigación científica y tecnológica
- Desarrollo de la investigación
- Fomento de la vinculación CENIIT - sociedad - producción
- Fortalecimiento la comunicación CENIIT- estudiantes y graduados
- Mejora de la infraestructura y el equipamiento como elemento esencial para el desarrollo



Área de Demografía

DEMOGRAFÍA	Este grupo de trabajo comenzó sus actividades en el CENIIT en el año 2014 y las líneas de investigación que se desarrollan son las vinculadas con la educación y la salud desde una perspectiva demográfica.
INTEGRANTES	Andrada, Marcos Javier Bertone, Carola Leticia Torres, Víctor Eduardo Roque
ÚLTIMOS PROYECTOS EJECUTADOS	Abordaje socio-demográfico de la mortalidad en Noroeste Argentino en la adultez. Determinantes, desigualdades y áreas críticas. 2010-2016 Impacto del aseguramiento de la calidad en los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial desde el enfoque de formación por competencias en la Universidad Nacional de La Rioja Valoración de la calidad de imagen de las radiografías de pacientes que asistieron al Servicio de Diagnóstico por Imágenes del Hospital de la Madre y el Niño, durante el período comprendido entre los meses de enero a diciembre de 2020 Implementación de la inteligencia artificial en las cátedras conocimientos y ensayo de materiales de las carreras de ingeniería para la mejora de la enseñanza-aprendizaje
ÚLTIMAS PUBLICACIONES	Bertone, C. L., Andrada, M. J., & Torres, V. E. (2025). <i>Desigualdades en la sobrevivencia de los hijos según la educación de sus madres en el gran norte argentino en el último siglo</i>. Revista de Salud Pública del Paraguay, 15(1), 21–28. Loyola, V. F., Andrada, M. J., & Bertone, C. L. (2025). <i>El comportamiento de la fecundidad en el Noroeste argentino entre 2015 y 2020</i>. Astrolabio. Nueva Época, (34), 336–366. Fuentes González, M. N., & Andrada, M. J. (2024). <i>La formación por competencias en estudiantes. Una relación del aseguramiento de la calidad en ingeniería industrial de la Universidad Nacional de La Rioja</i>. Revista RAES, 16(28), 79–97.

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Ribotta, B., Luque, M., & Bertone, C. (2024). *Exactitud de las causas de muerte en Argentina. Situación reciente y buenas prácticas implementadas*. Revista Cubana de Salud Pública, 50. <https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/3799/1976>

Miranda, M. V., Bertone, C. L., & Leguizamón, L. L. (2023). *Tejiendo vida: los primeros pasos de una experiencia de extensión universitaria en La Rioja (Argentina)*. Redes de Extensión, 2(10), 4–27. <https://doi.org/10.34096/redes.n10.13968>

Bertone, C., & Aramayo, Á. (2023). *La mortalidad infantil reducible en Argentina. Diferenciales al interior del país entre el año 2010 y 2014*. UNLaR Ciencia, 1(1), 58–68. <https://revistaelectronica.unlar.edu.ar/index.php/unlarciencia/article/view/880>

Bertone, C. L., Andrada, M. J., Fantin, M. A., & Torres, V. E. R. (2023). *Nivel y tendencia de la mortalidad en la niñez y la adolescencia en el noroeste argentino: 2000–2019*. Biomento, 2, 2–9. Universidad Nacional de La Rioja.

Duarte, L. E., Delgado, F., Di Leo, N. C., Bertone, C. L., Alvarez, M. F., Montico, S., & Oliva, A. (2022). *Mortality from cancer, arsenic, and nitrates in drinking water and cropland in Argentina*. Revista Panamericana de Salud Pública, 46. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.XX> (coloca el DOI si está disponible, si no, deja el enlace general)

Bertone, C. L., Andrada, M. J., & Torres, V. E. R. (2022). *Factores sociodemográficos que intervienen en la inmunización de los adultos en Argentina*. Astrolabio, (29). <https://doi.org/10.55441/1668.7515.n29.34841>

Duarte, L. E., Delgado, F., Bertone, C., et al. (2021). *Análisis y tendencia de la mortalidad por cáncer en la Región Centro de Argentina, 1992–2016*. Revista Argentina de Salud Pública, 13, e42.

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Bertone, C. L., Andrada, M. J., & Torres, V. E. (2021). *Determinantes sociales de la mortalidad infantil reducible en departamentos del noroeste argentino entre los años 2010 y 2014*. Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, 19(2), 6–20.

Andrada, M. J., Torres, V. E. R., & Bertone, C. L. B. (2022). *Mortalidad infantil según la educación de las madres del Nordeste Argentino en el año 2010. Una aproximación al monitoreo de desigualdades en salud*. Folia Histórica del Nordeste, (44), 57–74. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/fhn>

Mortalidad durante la niñez y adolescencia en la provincia de Catamarca entre los años 2000 y 2020

Bertone, Carola Leticia¹; Torres, Víctor Eduardo Roque²; Andrada, Marcos Javier³; Loyola, Víctor Francisco⁴

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR)

²Centro de Investigaciones y Estudios sobre Cultura y Sociedad (CIECS)- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Facultad de Ciencias Económicas (FCE) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC)

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR)

⁴Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR); Universidad Nacional de Córdoba
carolabertone@gmail.com

Resumen

La salud, además de un derecho humano, es un condicionante y un indicador del crecimiento social y económico de un país. El estudio de la mortalidad de las poblaciones constituye una manera tradicional de tener una aproximación a la salud de los habitantes de una región. En Catamarca la tasa bruta de mortalidad fue de 5,9 cada 1000 habitantes de ambos sexos, en el año 2020, y las principales causas de muerte fueron las enfermedades cardiovasculares, los tumores malignos, las enfermedades infecciosas, y las causas externas. Por su parte, la tasa de mortalidad infantil ha sido de 9,7 y 10,3 de menores de 5 años de edad por cada 1000 nacidos vivos en el año 2020, ambas por encima del nivel nacional. En estas lecturas globales de la mortalidad, se esconden especificidades de cada etapa del ciclo vital, así como los promedios provinciales esconden diferencias departamentales. Por ello, este trabajo pretende responder a los siguientes interrogantes: ¿Cuáles el nivel de la mortalidad en la niñez y adolescencia al interior de Catamarca? ¿Existen departamentos donde el riesgo de morir sea mayor? El objetivo es analizar la mortalidad de Catamarca en niños y adolescentes entre el año 2000 y el 2020. Se trata de una investigación cuantitativa, descriptiva. Se utilizarán las estadísticas vitales del Ministerio de Salud de la Nación, ordenados por departamento de residencia y grupo de edad del fallecido. Se elaborarán tasas de mortalidad específicas por edad, y un análisis espaciotemporal para la detección de áreas de mayor riesgo de morir.

Palabras clave: demografía, mortalidad, niñez, adolescencia, Catamarca

Abstract

Health, in addition to being a human right, is a determinant and an indicator of the social and economic growth of a country. The study of population mortality is a traditional way to approach the health of inhabitants in a region. In Catamarca, the crude mortality rate was 5.9 per 1000 inhabitants of both sexes in 2020, and the leading causes of death were cardiovascular diseases, malignant tumors, infectious diseases, and external causes. Meanwhile, the infant mortality rate was 9.7 and 10.3 for children under 5 years of age per 1000 live births in 2020, both above the national level. These overall readings of mortality conceal the specificities of each stage of the life cycle, as well as provincial averages that conceal departmental differences. Therefore, this work aims to answer the following questions: What is the level of mortality in childhood and adolescence within Catamarca? Are there departments where the risk of death is higher? The objective is to analyze the mortality of Catamarca in children and adolescents between the years 2000 and 2020. It is a quantitative, descriptive research. Vital statistics from the National Ministry of Health, ordered by department of residence and age group of the deceased, will be used. Specific mortality rates by age will be developed, and a spatiotemporal analysis will be conducted to detect areas of higher risk of death.

Keywords: demography, mortality, mortality, childhood, adolescence, Catamarca

Introducción

El estudio de la mortalidad de las poblaciones constituye una manera tradicional de tener una aproximación a la salud de los habitantes de una región, que además de un derecho humano, es un condicionante y un indicador del desarrollo integral, de la calidad de vida y de la vulnerabilidad a la que se ven expuestas las personas ante las desigualdades, que muestran el fenómeno como un proceso influenciado por múltiples factores de origen biológico, social y ambiental (Schneider y Roca, 2002).

Históricamente, las causas que han incentivado el descenso de la mortalidad han sido variadas, sin embargo, su reducción más significativa se desarrolló durante el transcurso del siglo XVIII, a partir de los crecientes procesos de industrialización. Estos propiciaron una mejora en las condiciones de vida, en la producción y la economía, junto con avances en la nutrición, la higiene y la medicina, reduciendo el riesgo a contraer enfermedades y fallecer, posibilitando un aumento en la esperanza de vida y una baja en los nacimientos (Canales, 2007).

Indiscutiblemente, las poblaciones en Europa –sobre todo en occidente- redujeron su mortalidad más tempranamente que en América Latina, en donde el proceso comenzó siendo incipiente y luego más acelerado. Particularmente, Argentina tuvo uno de los descensos más prematuros de la región, con una esperanza de vida al nacer que para finales del siglo XIX era de 32,86 años, pero que entre 1914 y 1960 ascendió a 66,37 años (Accinelli, 1980). Posteriormente, entre 1960 y 1970 el continuo descenso sufrió un leve retroceso que redujo la esperanza de vida en 0,78 años. Aun así, los niveles de mortalidad continuaron descendiendo, derivando en una esperanza de vida al nacer que para la primera década del siglo XXI fue de 75,34 años (INDEC, 2010).

Sin embargo, Argentina desde su conformación ha sido un país profundamente heterogéneo, colmado de disparidades que han impedido que todos los espacios reduzcan su mortalidad con la misma intensidad, como ha sido con el caso del Noroeste argentino (NOA), una región dotada de elevados niveles de vulnerabilidad que han retrasado el descenso de la mortalidad, sobre todo durante los primeros años de vida. Particularmente, Catamarca ha sido una de las provincias del NOA que ha mostrado uno de los cambios más significativos, con un desarrollo integral que por lo menos hasta 2010 se ha superpuesto por encima del Noroeste argentino en su conjunto, pero que aun así se encuentra por debajo del total del país (Andrada, 2014).

En Catamarca la tasa bruta de mortalidad fue de 5,9 cada 1000 habitantes de ambos sexos, en el año 2020, y las principales causas de muerte fueron las enfermedades cardiovasculares, los tumores malignos, las enfermedades infecciosas, y las causas externas. Por su parte, la tasa de mortalidad infantil ha sido de 9,7 y 10,3 de menores de 5 años de edad por cada 1000 nacidos vivos en el año 2020, ambas por encima del nivel nacional (DEIS, 2022).

Cabe señalar que, en estas lecturas globales de la mortalidad, se esconden especificidades de cada etapa del ciclo vital, así como los promedios provinciales esconden diferencias departamentales. Así los fallecimientos en niños y adolescentes suelen ser invisibilizados, por un lado, por ser poco frecuentes, y por el otro por la estimación de indicadores agregados, perdiéndose sus especificidades. Por otro lado, la mortalidad puede tener cierto comportamiento general a lo largo de un territorio como el del país, pero las diferencias regionales, donde se viven distintas circunstancias, modos y condiciones de vida, pueden determinar diferencias que deben ser exploradas para que la elaboración y focalización de las estrategias sean más eficientes a nivel local y regional. Por otro lado, desde una perspectiva de derechos, esas defunciones reflejan fallas en el cumplimiento de sus garantías durante la niñez y adolescencia.

Existen algunos estudios que han tratado la mortalidad durante la niñez y adolescencia en Argentina. Indiscutiblemente los estudios sobre la mortalidad infantil son los más numerosos. Ellos evidenciaron una tendencia decreciente de la mortalidad infantil, donde el componente neonatal había adquirido mayor importancia relativa, entre los años 1998 y 2006, cuyas causas de fallecimiento más frecuentes eran “ciertas afecciones originadas en el período perinatal” y las “malformaciones congénitas, deformidades u anomalías cromosómicas”. En esos años la mortalidad infantil por malformaciones congénitas, deformidades u anomalías cromosómicas mostraba una tendencia creciente en los neonatos, y las enfermedades del sistema respiratorio en la mortalidad posneonatal en la provincia de Catamarca (Ceballos y Fernández, 2009). A pesar esa reducción el nivel de la mortalidad infantil esta jurisdicción estuvo por encima del promedio nacional entre los años 2000 y el 2012 (Mazzeo, 2015), y ningún departamento catamarqueño conformó zonas de alto riesgo de mortalidad infantil reducible entre el año 2010 y 2014 (Bertone, Andrada, y Torres, 2021). Por otro lado, hay evidencias de que la TMI de Catamarca se reduciría en un 52,5 % si los hijos de todas las madres tuvieran en riesgo de morir de las más que finalizaron el nivel medio o siguieron estudiando (Torres, 2020). Otras aproximaciones al estudio de la TMI vinculadas a variables específicas concluyó que las tasas del componente posneonatal fueron más elevadas en tierras altas, la cuales mostraron un descenso promedio anual menor y su riesgo relativo fue significativamente mayor (Chapur, Alfaro, Bronberg, y Dipierri, 2017). Con ello, la zona cordillerana podría tener estos aspectos geográficos intervinientes adicionales en el comportamiento de la mortalidad infantil del país.

En relación con la mortalidad que ocurre en la niñez y adolescencia en Argentina entre los años 1997 y 2010, más del 50% de las defunciones ocurridas entre los 5 y 19 años de edad corresponden a causas evitables por enfermedades transmisibles y no transmisibles. Estas se han reducido en las personas entre 5 y 14 años de edad e incrementado entre los 15 y 19. No obstante, más allá de ese descenso, las causas externas continúan siendo las más frecuentes con un incremento de las tasas de mortalidad por homicidios y suicidios con sobre mortalidad masculina, con mayor peso relativo del grupo de 15 a 19 años, siendo el método utilizado más frecuente para las lesiones autoinflingidas el ahorcamiento y el lugar de ocurrencia más prevalente el hogar (Bella et al., 2013; Rojas, 2014; Sustas, 2021).

Concretamente, desde finales del siglo XX las causas evitables de muerte más frecuentes en los grupos de menores de 5 años –y sobre todo en los menores de un año- han sido la neumonía –entre otras enfermedades respiratorias-, la diarrea y la desnutrición, siendo estas dos primeras las que más se han reducido en la mayoría de los países, aproximadamente entre un 70% y 80% (Bossio, 2006). En Argentina, la diarrea durante las últimas dos décadas de siglo se redujo en un 90%, dejando de ser una de las 10 causas con mayor incidencia en la mortalidad de la niñez. También, ha habido una leve reducción de muertes por enfermedades respiratorias, pero aun así este tipo de dolencias para inicios del siglo XXI se posicionan como la tercera causa de muerte para menores de 5 años, solo por detrás de los accidentes y las malformaciones congénitas (Bossio, 2006).

En contraparte, las insuficiencias nutricionales en la niñez han representado una problemática desde finales del siglo XX, sobre todo en el norte del país, con menores de 5 años afectados por déficit de talla, desnutrición crónica y anemia (Longhi, y otros, 2018). En esta línea, la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (ENNYS) llevada a cabo entre 2004 y 2005 no ha hecho más que confirmar las deficiencias nutricionales que han predominado sobre todo en el nordeste desde el último cuarto del siglo XX, con un 3% de niños de entre 6 y 60 meses con bajo peso. Particularmente, el noroeste también ha contado con una considerable cantidad de defunciones en la niñez por estas causas, siendo Salta la provincia con los mayores niveles de mortalidad hasta 2012, encontrando su pico más alto durante 2003 (Longhi, y otros, 2018). En siguiente instancia, Catamarca y Jujuy han sido las provincias que más defunciones han tenido por esta causa desde 2001 hasta 2003, posteriormente, adoptando junto con el resto de las jurisdicciones una tendencia caracterizada por un reservado nivel de mortalidad durante la niñez por deficiencias nutricionales (Longhi, y otros, 2018).

Por su parte, la mortalidad adolescente en Argentina, no provocada por causas externas, en los trienios 2005-2007 y 2015-2017, señalan una reducción. Existe asimismo sobremortalidad masculina y un predominio de la mortalidad en la población de 15 a 19 años de ambos sexos. Se identifica a los tumores como principal causa de muerte, y se ha observado un incremento de la mortalidad por enfermedades del sistema nervioso central, del aparato circulatorio, respiratorias y causas maternas, particularmente en adolescentes de entre 15 y 19 años (Rojas Cabrera, Peranovich, López Rodríguez, y Tumas, 2021).

Habida cuenta de la información parcial sobre la mortalidad durante la niñez y adolescencia en Catamarca, se propone analizar su comportamiento por grupos de edad y por causas, en los últimos 20 años, en términos de magnitud, tendencia secular y dinámica espacio-temporal. Interesa especialmente identificar cuáles son los departamentos, las causas de muerte que requieren mayor atención en las distintas etapas de la niñez y adolescencia desde la salud pública.

Objetivo

El objetivo es analizar la mortalidad de Catamarca durante la niñez y adolescencia entre los años 2000 y el 2020.

Materiales y métodos

Se llevó adelante un estudio cuantitativo, de alcance descriptivo, utilizando como fuente de datos los registros de defunciones y nacimientos del Ministerio de Salud de la Nación, como así también proyecciones de población publicadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Las defunciones fueron ordenadas en función de la edad de los fallecidos en varios grupos a saber: menores de un año de edad, de 1 a 4, de 5 a 9, 10 a 14 y el grupo de 15 a 19 años.

En primer lugar, se estimaron tasas específicas de mortalidad cuatrienales para cada grupo de edad. Luego se analizó la mortalidad por causas de defunción de acuerdo con la Clasificación Internacional de Enfermedades en su 10 versión (CIE-10). Posteriormente se propuso un análisis espaciotemporal con el fin de detectar departamentos catamarqueños y años donde el riesgo de morir es mayor en la niñez o adolescencia. Se utilizó un software libre llamado SatScan cuya finalidad es identificar el riesgo de que ocurran muertes, dentro de “espacios” o “ventanas”, con forma de cilindro (unidad geográfica de análisis: departamentos y unidad temporal: años), a partir de los casos observados (defunciones), la población (o nacidos vivos), y de los casos esperados, basados en el supuesto de que los casos tienen una distribución de tipo Poisson, distribución probabilística utilizada para analizar variables discretas que representan eventos raros. Se pone a prueba la hipótesis nula de que el riesgo de morir es igual dentro y fuera de las ventanas o cilindros. Si se rechaza la hipótesis nula, es que existe un conglomerado de casos y les atribuye un riesgo relativo, con respecto a las zonas no incluidas en el conglomerado (Kulldorff, 2018).

Resultados

A lo largo del periodo considerado se aprecia el descenso de la mortalidad infantil y de menores de 5 años de edad. Sin embargo, las tasas específicas de personas de 1 a 4 años de edad no muestran una tendencia tan clara como la TMM5. Entre los 5 y los 9 la mortalidad es la más baja de la infancia, por ende, las tasas suelen ser más inestables, y si bien se puede visualizar altibajos en la evolución, se puede decir que el nivel se mantiene alrededor de 20 defunciones cada 100.000 habitantes de esa edad

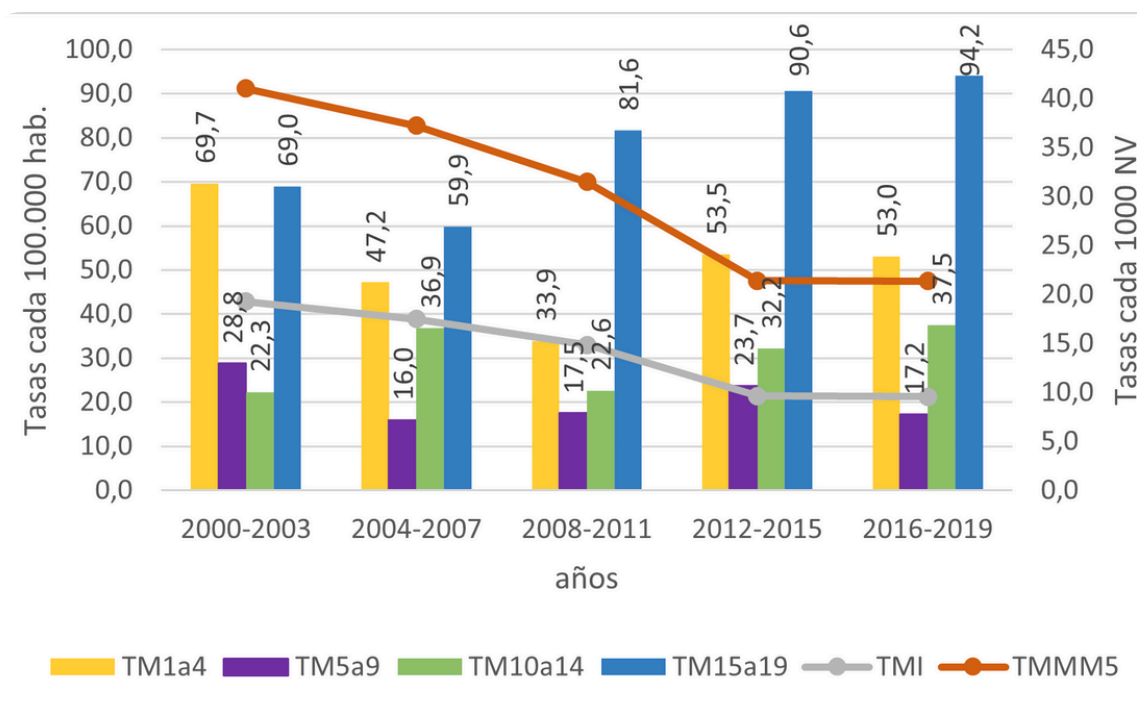


Figura 1. Tasas de mortalidad específicas por edad en la niñez y adolescencia cuatrienales en Catamarca, 2000-2019. Fuente: elaboración propia en base a datos provistos por el Ministerio de Salud de la Nación y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2000-2020

Por su parte, el nivel de la mortalidad en los adolescentes no muestra una tendencia evidente en los casos de 10 a 14 aunque manifiesta una pendiente levemente ascendente que es más acentuada en los de 15 a 19 años, momento de la vida en el que la mortalidad ha aumentado de manera sostenida en los 10 últimos años en Catamarca.

Mortalidad infantil

Tal como se comentara anteriormente, la mortalidad infantil ha sido foco de innumerables políticas públicas para su reducción en el marco de compromisos internacionales. Ese descenso progresivo es un hecho observado desde principios de siglo en Argentina, sobre todo a expensas del componente posneonatal. En ese contexto, este indicador, en Catamarca, ha mostrado un patrón descendente, y ha alcanzado en el año 2020 a una cifra (9,7 por cada 1000 nacidos vivos).

Cabe señalar, que las causas de muerte que con más frecuencia se registran a esta edad son afecciones del periodo perinatal, aun cuando la enfermedad o la defunción ocurran posterior a cumplir el primer año de vida. En segundo lugar, con frecuencia se encuentran las defunciones por malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas. A diferencia de las demás causas, estas y las extremas de morbilidad y de mortalidad, muestran mayores defunciones en hombres que en mujeres. Cabe destacar que la sobremortalidad masculina es un fenómeno que, de no mediar situaciones como femicidios, parece observarse de manera generalizada en el mundo, incluso a temprana edad.

Poniendo foco sobre las afecciones originadas en el periodo perinatal, cuando se profundiza, las más frecuentes ocurridas en ese lapso se encuentran los fallecimientos ocurridos por inmadurez extrema (P07.2), una causa considerada difícilmente reducible, y por el síndrome de dificultad respiratoria del recién nacido (P22.0), el cual ha sido catalogado como una causa pasible de ser reducida en el período perinatal. Cabe destacar que ambas condiciones se dan cuando los nacimientos ocurren con mucha antelación, cuando el feto aún no está bien preparado para la vida extrauterina. Asimismo, la sepsis bacteriana del recién nacido, no especificada (P369), la cual aparece como otra causa de gran frecuencia también se considera hoy reducible preferentemente en el recién nacido por tratamiento clínico y quirúrgico.

Dicho esto, aun cuando la mortalidad infantil haya mostrado una reducción, existen situaciones que mejorar para garantizar la salud en esta etapa de la vida, sobre todo considerando que una gran parte de las muertes que ocurren se consideran evitables o reducibles.

Mortalidad en la niñez entre el año y los 4 años de vida

Entre el año 2000 y 2020 hubo en promedio 15 muertes en personas de entre 1 y 4 años de vida. La mortalidad de este grupo de edad, en conjunto con los menores de un año es decir, la mortalidad en menores de 5 años de edad también está en la agenda política. Sin embargo el indicador utilizado para su monitoreo no es la tasa específica de mortalidad de esta edad, sino una razón llamada Tasa de Mortalidad de Menores de 5 años de edad (TMM5), cuyo denominador no es la población de 0 a 5 años de edad sino el número de nacidos vivos.

Las muertes producidas por causas externas son las principales afecciones o condiciones que llevan a la muerte a esta edad. Entre ellas, las caídas y otros accidentes es el grupo de causas que provocan la mayor cantidad de defunciones en Catamarca a esta edad. Este grupo incluye principalmente los ahogamientos y sumersiones, que producen, a su vez, las defunciones con mayor frecuencia. En segundo lugar, los atropellamientos como peatón o lesiones producidas por ser ocupante de un vehículo que han participado en accidentes de tránsito son responsables de las muertes en la niñez antes de los 5 años de edad. Se observa que los varones se ven más expuestos a este tipo de situaciones que las mujeres. Sin embargo, en ambos casos se observa una reducción del número de muertes provocadas por estas situaciones.

Cabe destacar que las enfermedades del aparato respiratorio como las neumonías, neumonitis y otras enfermedades de los pulmones han visto reducida su mortalidad en los últimos 20 años en niños menores de 5 años de edad.

Mortalidad de personas de 5 a 9 años de vida

Durante esta etapa de la niñez, las causas externas de mortalidad son responsables de la mayor cantidad de defunciones. Entre ellas, los accidentes de tráfico son una de las principales preocupaciones, ya que afectan a personas de esta edad que son peatones u ocupantes de vehículos, o incluso ciclistas, involucrados en colisiones. Es importante destacar que, durante esta etapa de la vida, también aparece la figura del conductor de un vehículo.

En cuanto a las caídas y otros accidentes, se identifican como causas frecuentes el ahogamiento y sumersión posterior a caída en aguas naturales (W70.8), así como otras formas de ahogamiento o sumersión en lugares no especificados (W73.8). También se han reportado casos de obstrucción de las vías respiratorias por inhalación o ingestión de alimentos en el hogar (W79.0), así como exposición a corrientes eléctricas.

Además, durante esta etapa de la vida, persisten otras causas de mortalidad como neoplasias, en particular la Leucemia linfocítica aguda (C91.0), y enfermedades del sistema nervioso, como la Hidrocefalia (G91). También se observan malformaciones congénitas y anomalías cromosómicas, especialmente en el sistema nervioso central y en el corazón.

Mortalidad de adolescentes de entre 10 y 14 años de edad

Durante el período comprendido entre 2000 y 2020, se registraron 234 defunciones de personas de entre 10 y 14 años de edad. De ellas, el 41% falleció por causas externas, el 15% por neoplasias y el 8,5% por enfermedades del sistema nervioso. Estas causas son las que presentan una mayor frecuencia. A pesar de que se han observado cambios en la evolución de las causas de mortalidad en las últimas décadas, se ha mantenido una frecuencia relativa similar a la del decenio anterior, con un ligero aumento en las causas externas y una reducción en la incidencia de enfermedades respiratorias y del sistema nervioso.

Las causas externas de muerte se pueden desglosar en dos grupos principales: accidentes de tránsito y caídas y otros tipos de accidentes, incluyendo lesiones autoinflingidas. En el primer grupo, las personas de esta edad fallecen no solo como peatones u ocupantes de vehículos involucrados en accidentes de tránsito, sino también como conductores de bicicletas y otros vehículos como motocicletas o vehículos de 3 ruedas motorizados.

En el segundo grupo, se observan las lesiones autoinflingidas como nuevas causas de muerte, siendo los ahorcamientos el mecanismo más frecuente, aunque también se registran casos de envenenamientos y lesiones por armas de fuego. Aunque se ha producido una reducción en el número de defunciones por causas externas durante los últimos dos decenios, las lesiones autoinflingidas no han seguido esa tendencia y han aumentado en frecuencia.

Mortalidad de personas de entre 15 y 19 años de edad

Tal como se mencionó anteriormente, en la provincia de Catamarca se ha observado un aumento en la tasa de mortalidad en personas de entre 15 y 19 años de edad. Las causas externas, particularmente las lesiones autoinflingidas y los accidentes de tránsito, son responsables de más del 70% de las defunciones en varones y cerca del 50% en mujeres de esta edad. En orden decreciente de frecuencia, le siguen las caídas y otros accidentes. Tanto los accidentes de tránsito como los suicidios han aumentado durante el último decenio, casi duplicándose en hombres, a excepción de las lesiones autoinflingidas en mujeres, las cuales, aunque han aumentado, no lo han hecho en la misma medida que en los varones.

Es importante destacar el aumento en la proporción de causas mal definidas, lo que dificulta el estudio de la distribución de las causas de muerte y la identificación de la magnitud del problema de la mortalidad en la adolescencia en la provincia.

Análisis espacial

En el presente estudio, se llevó a cabo un análisis espacio temporal en cada grupo de edad con el fin de identificar aglomerados de departamentos con mayores riesgos de mortalidad en determinados años. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 1, la cual expone los aglomerados estadísticamente significativos hallados en cada periodo estudiado, junto con los grupos de departamentos que los constituyen, el grupo de edad correspondiente a cada periodo y sus respectivos riesgos relativos. Asimismo, se indica el período en el que se observó el mayor riesgo de mortalidad en cada aglomerado identificado. Es importante destacar que esta información permitirá orientar la implementación de políticas públicas y estrategias preventivas, en función de las necesidades específicas de cada grupo de edad y de los departamentos en los que se registraron mayores riesgos de mortalidad. En el presente estudio, se llevó a cabo un análisis espacio temporal en cada grupo de edad con el fin de identificar aglomerados de departamentos con mayores riesgos de mortalidad en determinados años. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 1, la cual expone los aglomerados estadísticamente significativos hallados en cada periodo estudiado, junto con los grupos de departamentos que los constituyen, el grupo de edad correspondiente a cada periodo y sus respectivos riesgos relativos. Asimismo, se indica el período en el que se observó el mayor riesgo de mortalidad en cada aglomerado identificado. Es importante destacar que esta información permitirá orientar la implementación de políticas públicas y estrategias preventivas, en función de las necesidades específicas de cada grupo de edad y de los departamentos en los que se registraron mayores riesgos de mortalidad.

En el periodo comprendido entre los años 2000 y 2020, se han registrado diferentes periodos de riesgo de mortalidad en niños y adolescentes en la provincia de Catamarca. En este artículo, se analizarán los hallazgos relacionados con la mortalidad infantil y adolescente en dicha provincia, con el objetivo de identificar los departamentos y periodos críticos, y discutir las implicaciones de los resultados.

Durante los años 2000 y 2020, se identificaron dos periodos de alto riesgo de mortalidad infantil en la provincia de Catamarca. El primero ocurrió antes del año 2006 en los menores de 4 años en dos conjuntos de departamentos conformados por Capital y Fray Mamerto Esquiú y por la región noroeste, con Tinogasta, Belén y Antofagasta, siendo esta última la de mayor riesgo relativo. El segundo periodo de alto riesgo de mortalidad infantil ocurrió entre los años 2010 y 2013 en varios departamentos de la región noroeste de la provincia, con un riesgo relativo de 1,79.

Análisis espacial

En el presente estudio, se llevó a cabo un análisis espacio temporal en cada grupo de edad con el fin de identificar aglomerados de departamentos con mayores riesgos de mortalidad en determinados años. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 1, la cual expone los aglomerados estadísticamente significativos hallados en cada periodo estudiado, junto con los grupos de departamentos que los constituyen, el grupo de edad correspondiente a cada periodo y sus respectivos riesgos relativos. Asimismo, se indica el período en el que se observó el mayor riesgo de mortalidad en cada aglomerado identificado. Es importante destacar que esta información permitirá orientar la implementación de políticas públicas y estrategias preventivas, en función de las necesidades específicas de cada grupo de edad y de los departamentos en los que se registraron mayores riesgos de mortalidad. En el presente estudio, se llevó a cabo un análisis espacio temporal en cada grupo de edad con el fin de identificar aglomerados de departamentos con mayores riesgos de mortalidad en determinados años. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 1, la cual expone los aglomerados estadísticamente significativos hallados en cada periodo estudiado, junto con los grupos de departamentos que los constituyen, el grupo de edad correspondiente a cada periodo y sus respectivos riesgos relativos. Asimismo, se indica el período en el que se observó el mayor riesgo de mortalidad en cada aglomerado identificado. Es importante destacar que esta información permitirá orientar la implementación de políticas públicas y estrategias preventivas, en función de las necesidades específicas de cada grupo de edad y de los departamentos en los que se registraron mayores riesgos de mortalidad.

En el periodo comprendido entre los años 2000 y 2020, se han registrado diferentes periodos de riesgo de mortalidad en niños y adolescentes en la provincia de Catamarca. En este artículo, se analizarán los hallazgos relacionados con la mortalidad infantil y adolescente en dicha provincia, con el objetivo de identificar los departamentos y periodos críticos, y discutir las implicaciones de los resultados.

Durante los años 2000 y 2020, se identificaron dos periodos de alto riesgo de mortalidad infantil en la provincia de Catamarca. El primero ocurrió antes del año 2006 en los menores de 4 años en dos conjuntos de departamentos conformados por Capital y Fray Mamerto Esquiú y por la región noroeste, con Tinogasta, Belén y Antofagasta, siendo esta última la de mayor riesgo relativo. El segundo periodo de alto riesgo de mortalidad infantil ocurrió entre los años 2010 y 2013 en varios departamentos de la región noroeste de la provincia, con un riesgo relativo de 1,79.

Tabla 1. Aglomerados de alto riesgo espaciotemporal de mortalidad en la niñez y adolescencia. Catamarca, 2000-2020.

Periodo estudiado	Edad	Conformación del aglomerado	Periodo crítico	Riesgo relativo
2000 - 2020	<1 año	Capital	2000 - 2006	1,49
		Fray Mamerto Esquiú		
		Tinogasta	2000 - 2004	1,87
		Belén		
		Antofogasta de la Sierra		
	1 a 4 años	Tinogasta	2001 - 2004	2,99
		Belén		
	15 a 19 años	Antofogasta de la Sierra	2010 - 2018	2,03
		Belén		
		Santa María		
		Tinogasta		
		Andalgalá		
2010 - 2020	<1 año	Antofogasta de la Sierra	2010 - 2013	1,79
		Belén		
		Santa María		
		Tinogasta		
	15 a 19 años	Tinogasta	2014 - 2018	1,99
		Andalgalá		
		Antofogasta de la Sierra		
		Belén		

Fuente: elaboración propia en base a datos provistos por el Ministerio de Salud de la Nación y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2000-2020.

Por otro lado, los adolescentes de entre 15 y 19 años de edad presentaron el periodo de mayor riesgo entre los años 2010 y 2018, en la misma región crítica de los departamentos del noroeste de la provincia, a los que se agregaron Santa María y Andalgalá. Durante este periodo, los adolescentes de Tinogasta, Belén, Antofagasta de la Sierra y Andalgalá tuvieron un riesgo de 1,99 en comparación con aquellos que residían en el resto de la provincia.

En cuanto a la mortalidad infantil, en el año 2020 el riesgo de morir de catamarqueños menores de un año de edad fue de 9,7 cada 1000 nacidos vivos (1,8 corresponde al periodo posneonatal) y de 10,3 en menores de 5 años. Si bien este riesgo se ha reducido en el periodo estudiado, aún existen áreas de oportunidad en la salud materno-infantil, principalmente en relación a causas reducibles que pueden ser abordadas por el sistema sanitario en los distintos niveles de atención, tales como las afecciones del periodo perinatal, las malformaciones congénitas y enfermedades del aparato respiratorio. Se sugiere que las estrategias se centren en los departamentos que presentan mayor riesgo: Antofagasta de la Sierra, Belén, Santa María y Tinogasta.

En la población de entre los 5 y 9 años de edad se observa el nivel más bajo de mortalidad durante la niñez en la provincia de Catamarca, con una tasa de 8,8 por cada 100.000 habitantes en el año 2020. No obstante, se observan variaciones esperables en algunos años, como se evidenció en los dos años previos, donde la tasa fue de 11,8. En general, el riesgo de morir en este rango de edad se ha reducido a lo largo del periodo.

Discusión y conclusiones

En resumen, se pueden mencionar varios aspectos relacionados con la mortalidad durante la niñez y adolescencia en Catamarca entre los años 2000 y 2020. El riesgo de mortalidad en niños menores de un año ha sido de 9.7 por cada 1000 nacidos vivos (1.8 corresponde al periodo posneonatal) y de 10.3 en niños menores de 5 años en el año 2020. Aunque este riesgo se ha reducido, es necesario fortalecer la atención de la salud materno infantil, especialmente en relación con causas evitables que puedan ser abordadas desde el sistema sanitario en distintos niveles de atención, como las afecciones del periodo perinatal, las malformaciones congénitas y las enfermedades respiratorias. Estas estrategias deben focalizarse en los departamentos de mayor riesgo, que incluyen Antofagasta de la Sierra, Belén, Santa María y Tinogasta.

La tasa de mortalidad entre 1 y 4 años de edad es de aproximadamente 53.5 por cada 100,000 habitantes (promedio del periodo 2016-2019). Aunque el riesgo de mortalidad en esta franja de edad se ha reducido en el periodo estudiado, se observan variaciones que podrían indicar tendencias diferentes en distintos periodos. Además, estos indicadores están sujetos a las proyecciones de población, que a su vez pueden tener inconsistencias a lo largo del tiempo, como se observa en los años 2012 y 2013.

En la población de 5 a 9 años de edad se observa la tasa más baja de mortalidad durante la niñez en Catamarca, con 8.8 por cada 100,000 habitantes en el año 2020. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este año ha sido atípico debido a la situación sanitaria, y las tasas fueron de 11.8 en los dos años previos. A lo largo de todo el periodo estudiado, el riesgo de mortalidad en esta franja de edad se ha reducido, aunque se pueden observar variaciones esperables en algunos años.

En esta provincia, más allá de las consideraciones técnicas mencionadas en la construcción de indicadores, y teniendo en cuenta las causas más frecuentes de defunciones en la población a partir del año de vida, las estrategias de intervención intersectoriales deberían enfocarse en la prevención de las causas externas. Entre las causas más frecuentes se encuentran los ahogamientos por sumersión, atropellamientos como peatón o lesionado en accidentes de transporte, e incluso como conductor. Por lo tanto, el fortalecimiento de las medidas de seguridad vial y la prevención de accidentes en el hogar y en áreas turísticas, especialmente en cuerpos de agua naturales, podría ser una medida apropiada, al tiempo que se fortalece la educación para la salud en relación con el cuidado responsable y los accidentes domésticos.

En relación con la población adolescente, se ha observado un aumento sostenido en la magnitud de la mortalidad, alcanzando su punto más alto en los años 2016 y 2018, seguido de una disminución posterior, lo cual subraya la necesidad de un monitoreo constante. En el año 2020, las tasas específicas de mortalidad fueron de 26,88 y 63,13 por cada 100.000 habitantes para los grupos de 10 a 14 años y 15 a 19 años, respectivamente.

Además, la detección temprana de los cánceres más frecuentes en la niñez y adolescencia se presenta como otra herramienta de protección que debe garantizarse en esta región, ya que constituye una de las principales causas de defunción, después de las causas externas, a medida que la población crece.

Por último, es necesario fortalecer la calidad de las estadísticas vitales, en particular en lo que respecta a la declaración de la causa básica de muerte, ya que esta información es indispensable para orientar las acciones destinadas a mejorar la salud de la población de la provincia."

Referencias bibliográficas

[1] Bella, M. E., Acosta, L., Villacé, B., De Neira, M. L., Enders, J., y Fernández, R. (2013). *Análisis de la mortalidad por suicidio en niños, adolescentes y jóvenes. Argentina, 2005-2007*. Archivos Argentinos de Pediatría, 111(1), 16–21. <https://doi.org/10.5546/aap.2013.16>

[2] Bertone, C. L., Andrada, M. J., y Torres, V. E. (2021). *Determinantes sociales de la mortalidad infantil reducible en departamentos del noroeste argentino entre los años 2010 y 2014*. Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud, 19(2), 6–20. <https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2021.019.02.6>

Bossio, J. C. (2006). Mortalidad por neumonía en la niñez: ¿qué está pasando? Arch. argent. pediatria.

[3] Canales, A. I. (2007). La demografía latinoamericana en el marco de la postmodernidad. Revista Latinoamericana de Población(1), 17-33. Ceballos, M. B., y Fernández, P. (2009). *Mortalidad infantil según causas . Noroeste argentino 1998-2006*. In X Jornadas Argentinas de Estudios de Población (pp. 0–21). San Fernando del Valle de Catamarca. Retrieved from <https://www.aacademica.org/000-058/36.pdf>

[4] Chapur, V. F., Alfaro, E. L., Bronberg, R., y Dipierri, J. E. (2017). *Relación de la mortalidad infantil con la altura geográfica en el Noroeste Argentino / Relationship between infant mortality and altitude in the Northwest region of Argentina*. Archivos Argentinos de Pediatría, 115 (5)(5), 462–469. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5546/aap.2017.462>

[5] DEIS. (2022). Estadísticas vitales. Información básica. Argentina-año 2020. Ministerio de Salud.

- [6] INDEC. (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Obtenido de <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-158>Kulldorff, M. (2018). SaTScanTM User Guide v9.6. SaTScan.
- [7] Longhi, F., Gómez, A., Zapata, M. E., Paolasso, P., Olmos, F., y Margarido, S. R. (2018). La desnutrición en la niñez argentina en los primeros años del siglo XXI: Un abordaje cuantitativo. *Salud Colectiva*(14(1)), 33-50.Mazzeo, V. (2015). "La mortalidad infantil en Argentina. Análisis de sus cambios y de las diferencias regionales". *Población y Desarrollo - Argonautas y Caminantes*, 10, 9–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/pdac.v10i0.1734>
- [8] Rojas Cabrera, E., Peranovich, A., López Rodríguez, S., y Tumas, N. (2021). "La mortalidad adolescente más allá de las causas externas. Un análisis en Argentina en los trienios 2005-2007 y 2015-2017". *Astrolabio*, (27), 249–275. <https://doi.org/https://doi.org/10.55441/1668.7515.n27.28724>
- [9] Rojas, E. (2014). "'Ellos también cuentan': la mortalidad de los niños y adolescentes de 5-19 años". (Argentina, 1997-2010). *Revista Chilena de Salud Pública*, 18(1), 43. <https://doi.org/10.5354/0719-5281.2014.30754>
- [10] Schneider, M. C.-S., y Roca, A. (2002). Métodos de medición de las desigualdades de la salud. *Rev Panam Salud Pública*(12 (6)).
- [11] Sustas, S. (2021). "Agenda de la salud pública argentina: enfoques, experiencias e investigación". In A. R. Díaz-Muñoz (Ed.) (1a ed., pp. 289–306). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ISALUD. Retrieved from https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/159295/CONICET_Digital_Nro.986e8ef1-a2ed-4482-9b50-9eedc39b7509_B.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- [12] Torres, V. E. (2020). "Brechas en la mortalidad infantil según el nivel de instrucción de las madres. Provincias del Noroeste Argentino. Estimación indirecta a partir de los datos censales de 2010". *Población y Salud En Mesoamérica*, 18(1). <https://doi.org/10.15517/psm.v18i1.38720>



Área de Nanotecnología

NANOTECNOLOGÍA	El laboratorio de Nanotecnología funciona en el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR). Se desarrollan líneas de investigación que consisten en la identificación de variedades de olivo por marcadores moleculares. Otras incluyen el estudio del genoma del olivo para encontrar genes responsables de los caracteres organolépticos, tamaño, contenido de aceite y resistencias a patógenos.
INTEGRANTES	Romero, Nahuel Paez Oliva, Silvia Susana Herrera Vaquel, Ángel
ÚLTIMOS PROYECTOS EJECUTADOS	Estudio de nanopartículas para el control biológico en olivos- Número de expediente: 00-00145/2019. Código de Proyecto: Aprobado a la espera de los fondos. Financiamiento UNLaR-SECyT Abordaje integral para la conservación, mejoramiento y rescate de especies amenazadas de importancia para el SAAA en diferencias ambientes. Financiamiento INTA: Código2019-PE-E6-I113-001
ÚLTIMAS PUBLICACIONES	Romero, N., Dumur, C. I., Monetta, P., Slavin, I., Korischoner, N., & Alvarez, C. (2008). A new role for Rab1 as a regulator of gene expression. <i>The Journal of Cell Biology</i>, 182(6), 1013–1026. Slavin, I., García, Í. A., Monetta, P., Romero, N., & Alvarez, C. (2011). Role of Rab1b in COPII dynamics and function. <i>European Journal of Cell Biology</i>, 90(12), 1059–1070. Monetta, P., Slavin, I., Romero, N., & Alvarez, C. (2007). Rab1b interacts with GBF1 and modulates both ARF1 dynamics and COPI association. <i>Molecular Biology of the Cell</i>, 18(7), 2400–2410. Romero, N., Dumur, C. I., Monetta, P., Slavin, I., Sampieri, L., Korischoner, N., Mironov, A. A., De Matteis, M. A., & Alvarez, C. (2013). Rab1 overexpression modifies Golgi size and gene expression in HeLa cells and modulates the thyrotrophin response in thyroid cells in culture. <i>Molecular Biology of the Cell</i>, 24(18), 2810–2825

ÚLTIMAS PUBLICACIONES

Amelotti, I., Romero, N., Catalá, S., & Gorla, D. (2011). Variability of the susceptibility to deltamethrin in *Triatoma infestans*: The female factor. *Journal of Medical Entomology*, 48(6), 1167–1173.

Alarico, A. G., Romero, N., Hernández, L., Catalá, S., & Gorla, D. (2010). Residual effect of a micro-encapsulated formulation of organophosphates and pyriproxyfen on the mortality of deltamethrin-resistant *Triatoma infestans* populations in rural houses of the Bolivian Chaco region. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 105(6), 752–756.

Romero, N. (2011). Determinación de variedades de olivo por RAPDs en el Banco de Germoplasma ex situ “Parque Tecnológico” de la Universidad Nacional de La Rioja. *UNLaR Ciencia*, 1(1), 45–52.

Romero, N. (2015). Diseño de oligonucleótidos que reconocen específicamente el virus de la hepatitis B. *UNLaR Ciencia*, 1(1), 33–40.

Romero, N. (2018). Caracterización genotípica del virus de la hepatitis B en la provincia de La Rioja. *UNLaR Ciencia*, 1(1), 25–32. (Completa con datos precisos si los tienes)

Presentaciones a congresos y reuniones científicas

- 1) Congreso Nacional de Viveros de Vid, Olivo y Frutales de Hoja Caduca (Mendoza 2017)
- 2) Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología (Catamarca 2019)
- 3) III Simposio Latinoamericano de Citogenética y Evolución (Corrientes 2020)

Presentaciones orales:

- 1) Segunda Reunión Conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina (San Juan, 2017).
- 2) VI Encuentro Nacional de Docentes Universitarios Católicos ENDUC (La Rioja, 2018)
- 3) VIII Jornadas Científicas UNLaR (La Rioja, 2020)
- 4) Fundación Argentina de Nanotecnología (Buenos Aires, 2022).

Reciprocidad en la diferencia genética por marcadores moleculares RAPDs y la distribución espacial de posturas de controladores biológicos “crisópidos” neuroptera en cuatro variedades de olivo. Plaza Solar, La Rioja

Romero Nahuel¹; Redolfi, Inés²; Campos Mercedes³

¹Laboratorio de Biotecnología, Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT). Universidad Nacional de la Rioja (UNLaR)

²Laboratorio de Recursos Naturales Renovables, Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT). Universidad Nacional de la Rioja (UNLaR)

³Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Granada, España

nahuelromero@unlar.edu.ar

Resumen

Se analizó la relación que existe entre la caracterización e identificación de variedades de olivo, por marcadores moleculares RAPDs y la presencia de posturas de controladores biológicos “crisópidos” en cuatro variedades de olivo en antiguas colecciones varietales de “arauco”, “arbequina”, “frantoio” y “manzanilla” del germoplasma olivícola de la Plaza Solar de la Universidad Nacional de La Rioja. Se seleccionó un cebador RAPDs (NR1) Romero (2011) de los diez probados que permitió poder diferenciar los varietales antes mencionados. Las amplificaciones se realizaron por duplicado con ADN de extracciones independientes y solo se eligieron bandas claras y reproducibles presentes en las dos repeticiones. La variedad “frantoio” no mostró bandas anchas y presentó la banda 1 negativa, a diferencia de las otras tres variedades. Se determinó la presencia de los Neuroptera: Chrysopidae en el cultivo de olivo, mediante una prospección de posturas de “crisópidos” en abril de 2011 Redolfi y Campos (2011), en la etapa fenológica de precosecha. Se escogieron tres árboles de cada una de las cuatro variedades. En los 12 árboles estudiados, se encontró un total de 54 huevos colectados. La variedad “frantoio” presentó el mayor número ($n = 23$) de huevos. Las otras variedades de olivo presentaron un menor número (50%), y no mostrando diferencias entre ellas (“arauco” = 10, “arbequina” = 11, “manzanilla” = 10). Los resultados obtenidos indican utilizar árboles de la variedad frantoio para aumentar las posturas de los controladores biológicos “crisópidos”.

Palabras clave: olivo, variedades, diferencia genética, posturas crisópidos

Abstract

The relationship between the characterization and identification of varieties of olive, RAPD molecular markers and the presence of biological control positions "lacewing" in four varieties of olive in ancient varietal collections "arauco", "arbequina", "frantoio" and "manzanilla" germplasm olivícola Solar Square National University of La Rioja. The results of these authors agree on the variety, "frantoio" as different from the rest of the other three varieties. Romero (2011) selected a RAPD primer (NR1) of the ten tested that allowed to differentiate the varieties mentioned above. The amplifications were performed in duplicate with independent DNA extractions were chosen only clear and reproducible bands present in both repetitions. The variety 'frantoio' showed no banding and presented the band 1 negative, unlike the other three varieties. Redolfi y Campos (2011) determined the presence of Neuroptera: Chrysopidae in olive cultivation, through a survey of attitudes of "lacewing" in April 2011, at the pre-harvest phenological stage. Three trees were chosen from each of the four varieties. In the 12 trees studied, we found a total of 54 eggs collected. The variety "frantoio" had the highest number ($n = 23$) of eggs. The other varieties of olive trees had a lower number (50%), and no difference between them ("arauco" = 10 "arbequina" = 11 "manzanilla" = 10). The results obtained indicate the use of trees of the frantoio variety to increase the postures of the biological controllers "chrysopids".

Keywords: olive, varieties, genetics difference, chrysopids eggs

Introducción

El olivo (*Olea europea* L.) es un árbol de la familia de las oleáceas, muy apreciado desde la antigüedad por sus frutos, las aceitunas, y la calidad del aceite que de ellas se obtiene. La Argentina posee una superficie plantada de olivos cercana a las cien mil hectáreas, lo que la coloca en el décimo lugar, a nivel mundial, por extensión de terreno dedicado a la actividad. Las provincias de La Rioja y Catamarca poseen una superficie plantada de olivos cercana a las cincuenta mil hectáreas, siendo ambas provincias las principales productoras nacionales (COI, 2011; Romero, 2011). La difusión de variedades tradicionales de olivo y la obtención de nuevas variantes fenotípicas han generado confusión en la correcta identificación y denominación de algunas de las aproximadamente 2000 variedades conocidas a nivel mundial. Un patrimonio genético producto de los 6500 años que se han dedicado a su cultivo (BMGO, 2010). Los marcadores moleculares a nivel del ADN –no influidos por el ambiente- permiten establecer la identidad de genotipos crecidos en distintas condiciones ecológicas (Mariotti *et al.*, 2010; Romero, 2011).

El agrosistema del olivar presenta una gran riqueza de organismos que conviven con el árbol y unas pocas especies llegan a ocasionar serios problemas fitosanitarios. El control de estos insectos plaga ha originado el uso de compuestos químicos que han eliminado la fauna benéfica y han ocasionado un desequilibrio y contaminación del ambiente en la mayoría de los olivares en el mundo. Entre los controladores biológicos de importancia en el olivo, las especies de “crisópidos” Neuroptera se destacan por la acción de larvas depredadoras generalistas, con fuertes y desarrolladas mandíbulas. Los adultos tienen desplazamiento nocturno y se alimentan de sustancias azucaradas y polen en los vegetales, colocan los huevos en la parte apical de un pedúnculo que fijan principalmente a las hojas. Diversas especies son utilizadas en el control biológico aumentativo, como por ejemplo *Chrysoperla carnea* en el olivo (De Freitas y Penny, 2001; Valencia et al., 2006; Redolfi y Campos, 2011).

En las últimas décadas se ha intensificado la búsqueda en los olivares, de la relación diferencia varietal con la susceptibilidad a especies plaga y/o controladores biológicos. En el presente trabajo se destacan los resultados obtenidos por Romero (2011) y por Redolfi y Campos (2011), en base a la coincidencia de la diferencia entre la variedad “frantoio” con las variedades “arauco”, “arbequina” y “manzanilla”, tanto en el aspecto genético como en la preferencia de los crisópidos para colocar sus posturas.

Materiales y métodos

Según Romero (2011) y Redolfi y Campos (2011), la investigación se desarrolló en la ciudad de La Rioja, Argentina (Figura 1), a 478msnm, Latitud 27°19'S y Longitud 66°50'O. El Departamento político capital se encuentra en el Chaco árido (forma parte del Chaco Occidental), en la Región de los Llanos de La Rioja, Subregión Bajadas, en el cerro aluvial de la Quebrada de los Sauces con suelo en capas de deposición de distinta granulometría (Calella y Corzo, 2006). El clima es subtropical semi-desértico y las precipitaciones se concentran de noviembre a marzo (primavero-estival) en un 85% (Bianco *et al.*, 2005).

El trabajo de campo se realizó en el germoplasma olivícola de la Plaza Solar. El área es de 20ha, y el banco de germoplasma tiene 1560 plantas con 56 variedades, distribuidas en un marco de plantación 10x10m, en 15 parcelas separadas por calles. El trabajo en Laboratorio fue realizado en el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) de la Universidad Nacional de La Rioja.

Determinación de posturas de crisópidos en cuatro variedades de olivo

Las observaciones se llevaron a cabo en dos parcelas en un área de 2ha. Las parcelas D (77 plantas) y E (74 plantas), con 10 variedades (“arauco”, “arbequina”, “cerignola”, “cucci”, “frantoio”, “manzanilla”, “maurin”, “pianguetti”, “racemo” y “rama pendolo o pendolino”). El manejo del cultivo es tradicional, sin aplicación de productos químicos, riego por inundación, sin suelo expuesto, y con una cobertura vegetal en la que predominan las gramíneas. Se escogió cuatro variedades: “arauco”, “arbequina”, “frantoio” y “manzanilla”. Dichas variedades son las más utilizadas a nivel de producción en la provincia de La Rioja, y con el mayor número de plantas en las parcelas. Se muestreó un total de 12 árboles (Tabla 1), tres árboles por cada variedad con frutos, en el momento de precosecha. En cada árbol se consideró los cuatro puntos cardinales (n = 48 puntos), y en cada orientación se observó ramas tomadas al azar durante 5 minutos. En cada observación se detectó los huevos pedunculados que generalmente tienen una posición vertical con respecto a la superficie de soporte (hoja, fruto o rama) (Redolfi y Campos, 2011).

Extracción de ADN

Se colectaron hojas de las cuatro variedades: “arauco”, “arbequina”, “frantoio” y “manzanilla”. Las hojas se colocaron en etanol 70%, posteriormente se molieron en mortero de porcelana. Luego se agregó 810 µl de buffer de extracción a 65 °C (100 mM Tris pH 7.5; 700 mM NaCl; 50 mM EDTA pH 8; 1 µl/ml de β-Mercaptoetanol). Seguidamente, se mezcló con un vórtex unos 5 segundos y se colocó a 65 °C. Se agregó 90 µl de CTAB (10%), se mezcló 5 segundos con un vórtex y se incubó a 65 °C durante 30 minutos. Luego, se agregó 450 µl de cloroformo: isoamílico (24:1). Se centrifugó durante 30 minutos a 14.000 rpm. La fase acuosa resultante se trasvasó y se le añadió 5 µl de 10 mg/ml de RNAsa A (Ambion). Se incubó a 37 °C durante 1 hora. Luego, se agregó 450 µl de cloroformo:isoamílico (24:1). Se centrifugó a 14.000 rpm durante 30 minutos y la fase acuosa resultante se agregó 600 µl de isopropanol (Merck) a -20 °C para precipitar el ADN. Seguidamente se centrifugó a 13.000 rpm durante 2 minutos a temperatura ambiente. Después de eliminar el sobrenadante se agregó 500 µl de etanol 70% a -20 °C. Posteriormente, se centrifugó a 13.000 rpm durante 2 minutos para bajar el pellet de ADN. Después de eliminar el alcohol, se dejó secar el pellet durante 15 minutos a temperatura ambiente. Finalmente, se añadió 50 µl de buffer TE (10 mM Tris-HCl 1M pH 8; 1 mM EDTA-Na) para la resuspensión del ADN y se dejó a 4 °C toda la noche para facilitar la rehidratación del pellet. El stock de ADN obtenido se conservó a -20 °C. Se realizaron 2 extracciones independientes de ADN procedentes respectivamente de las 2 muestras colectadas por árbol.

Reacciones de RAPDs

La composición de la reacción RAPD en un volumen final de 20 µl quedó determinada por: 1X de Buffer Green GoTaq™ ADN polimerasa (Promega), 2 mM de MgCl₂ (Promega), 100 µM de una mezcla de dNTPs (Promega), 0.2 µM de cada oligonucleótido (Serie A y B Biodynamics y Operon Technologies), 0.05 U/µl de GoTaq™ Polimerasa (Promega), 1-20 ng de ADN y agua ultrapura (GIBCO). Por variedad y cebador se realizaron 2 amplificaciones cada una procedente de extracciones independientes para evaluar la repetibilidad y consistencia de la reacción. El cebador utilizado fue: 5'TCACAGGTTG 3'. Las amplificaciones se realizaron en un termociclador PTC-100, MJ Research, programado de la siguiente manera: 1 ciclo de desnaturalización inicial de 95 °C por 5 minutos, 35 ciclos de 95 °C por 20 segundos, 56 °C por 20 segundos y 72 °C por 1 minuto. Finalmente 1 ciclo extensión final a 72 °C por 7 minutos. Para evaluar la reproducibilidad de los productos amplificados, cada reacción de RAPD se repitió 2 veces usando en cada caso ADN de extracciones independientes. Dentro de cada cebador se seleccionaron solo bandas claras, bien definidas y consistentes en las 2 repeticiones, y esta condición no varió ante el uso de distintos lotes de GoTaq™ Polimerasa. Los productos de amplificación se resolvieron por electroforesis a 90 voltios durante 1 hora 35 minutos en geles al 1.4 % de agarosa D1-LE (Biodynamics) preparados con TBE (13.5 g Tris Base; 5.5 g de H₃BO₃, 4 ml de 0.5 M de EDTA pH 8). Una vez concluida esta etapa, el gel fue fotografiado con un equipo de fotodocumentación dotado con un transiluminador UV (Gel Doc 100 Gel Documentation System, Bio-Rad) y cuya imagen fue digitalizada para su posterior análisis con un programa de análisis molecular (Molecular Analysis de BIO-RAD).

Tabla 1. Ubicación de los 12 árboles en las parcelas D y E (área total: 250 x 130m).

PARCELA D												
		2										
3												
3												
1												
PARCELA E												
		1				4						
1						4						
					2							
					2				4			
	3											

Referencias: 1: arauco, 2: arbequina, 3: frantoio y 4: manzanilla.

Resultados y discusión

Caracterización genética

Según Romero (2011), de los 10 cebadores analizados en el presente trabajo (Tabla 1), el iniciador, NR1 permitió una correcta e inequívoca diferenciación de las cinco variedades de olivos estudiadas (f:frantoio, ar:arauco, m:manzanilla y aq:arbequina). Se consiguió que el RAPDs NR1 sea suficientemente consistente y repetitivo, utilizando condiciones experimentales apropiadas. El análisis de las bandas registró una excelente homogeneidad entre las bandas de una misma variedad. Se identificaron así 6 bandas: la banda 1 de 1200pb, 2 de 1000pb, 3 de 800 pb, 4 de 500pb, 5 de 400pb y la 6 de 200pb (Figura 1). Pb: Pares de bases.

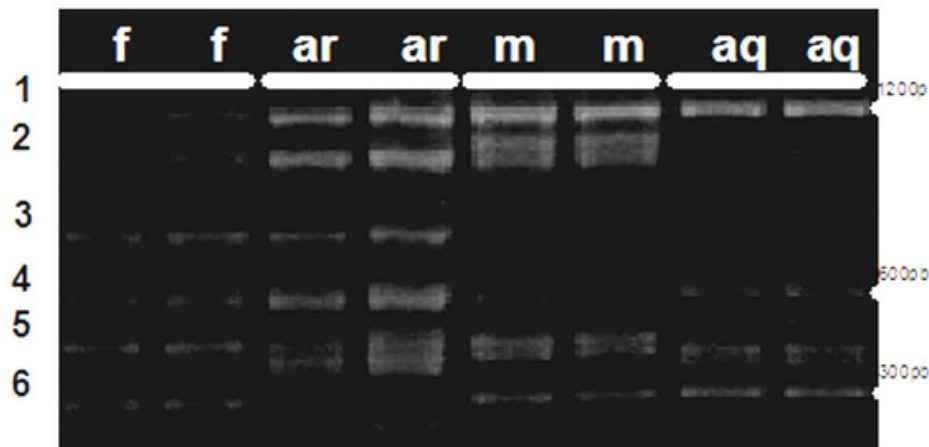


Figura 2. Patrones RAPDs amplificados con NR1. Amplificación por duplicado de 5 variedades de olivos.

Referencias: (f=frantoio, ar=arauco, c=cornezuelo, m=manzanilla, aq=arbequina). Pb: Pares de bases

Las bandas obtenidas con el marcador de RAPDs: NR1, permitieron obtener un perfil único para cada una de las variedades. Frantoio mostró negativa las bandas uno y dos y positivas las bandas tres, cuatro, cinco y seis. Arauco presentó positivas las bandas uno, dos, tres, cuatro, cinco y negativa la banda seis. Manzanilla tuvo positiva la banda uno, dos, cinco, seis y negativa la tres y cuatro. Arbequina mostró positiva la banda uno, cinco, seis y negativa la dos, tres y cuatro (Tabla 2).

Tabla 2: Patrón de bandas obtenidas con el marcador NR1 en las variedades de olivos, indicando (+) las bandas presentes y (-) las bandas ausentes.

Número de Banda	frantoio	arauco	manzanilla	arbequina
1	-	+	+	+
2	-	+	+	-
3	+	+	-	-
4	+	+	-	-
5	+	+	+	+
6	+	-	+	+

Presencia de crisópidos en las cuatro variedades de olivo

Según Redolfi y Campos (2011), del total de posturas colectadas (n= 54) en las hojas, sólo un huevo estaba sin eclosionar y con signos de haber sido depredado, según las perforaciones en el corion. Los huevos presentaban el corion blanquecino, con la característica perforación de emergencia de la larva I. La ausencia de huevos sin eclosionar se atribuye al descenso de temperatura en el otoño, ya que las especies de *Chrysoperla* pasan el invierno al estado adulto (Figura 2a) (Valencia et al., 2006). Los huevos recién puestos son verdes y son colocados en la parte apical de un pedúnculo (Figura 2b) que fijan principalmente a las hojas (haz o envés). El pedúnculo del huevo disminuye las posibilidades de que sea predado, incluso por las larvas (Figura 2c) de la misma especie, las cuales tienen canibalismo (New, 1975, 2001; Oswald, 2003).

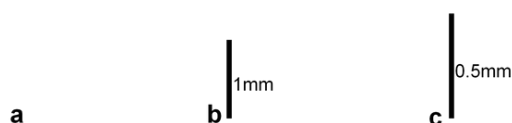


Figura 2: *Chrysoperla* sp.: a-adulto (7.7mm), b-huevo, c-larva 2do estadio. (Fotos: Redolfi, enero 2012)

Todos los huevos colectados se presentaron solitarios y generalmente únicos en el órgano de la planta elegido. De los 54 huevos, 23 se encontraban en el haz de la hoja y 30 en el envés. Sólo un huevo se observó en un fruto de la variedad “frantoio”.

El mayor número de huevos se presentó en la variedad “frantoio” ($n = 23$), el resto de las variedades presentaron menor número en un 50% (Figura 3). Igualmente, la variedad frantoio, presentó un mínimo y máximo de posturas en las tres plantas, con mayor diferencia a las otras tres variedades (Figura 4).

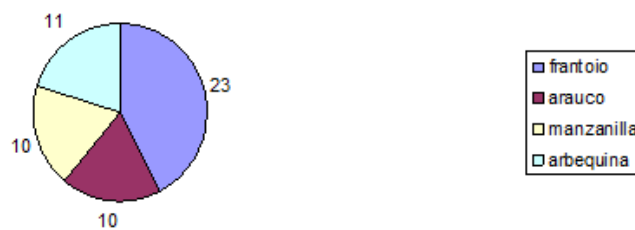


Figura 3. Número de posturas de crisópidos en las cuatro variedades de olivo. Plaza Solar

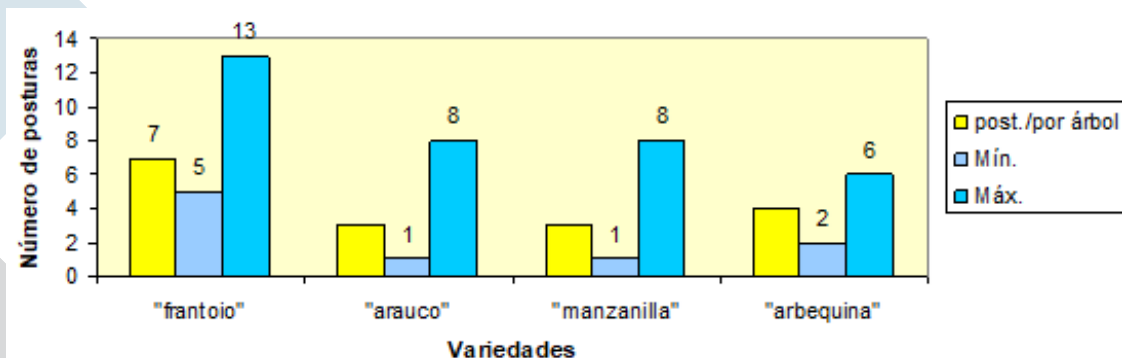


Figura 4: valores promedio, mínimos y máximos de posturas de crisópidos en variedades de olivos. Plaza Solar.

La preferencia por la variedad “frantoio” se debe al porte de planta diferente a las otras tres variedades, con más espacios claros entre ramas. Otra hipótesis es la influencia de sustancias químicas que produce la planta por la presencia de insectos fitófagos. Estas sustancias químicas son diferentes según las variedades.

Diferencia genética por marcadores moleculares RAPDs y distribución espacial de posturas de controladores biológicos “crisópidos” en cuatro variedades de olivo

Analizando la figura 1 se observa que la variedad “frantoio”, muestra una diferencia genética particular con relación a las variedades arauco, arbequina y manzanilla. Al no presentar las bandas 1 y 2, pero si tener positivas las restantes (3, 4, 5 y 6). Esto indica que el perfil genético característico de frantoio determine la estructura del árbol y las sustancias químicas que libera él mismo, durante la presencia de fitófagos. Esto pone a frantoio, en ventaja en la preferencia de los crisópidos para ovipositar.

Dichos resultados indican utilizar árboles de la variedad frantoio en olivares de diferentes variedades para aumentar las posturas de los controladores biológicos “crisópidos”. Estudios futuros serían interesantes realizar, para determinar los genes responsables de dichas diferencias cromosómicas en frantoio, lo que permitiría poder mejorar el control biológico en olivo, mediante ingeniería genética. Es decir, poder efectivamente identificar los genes responsables de la atracción a los adultos de crisópidos para que ovipongan en frantoio, para luego transfectarlos a otras variedades.

Referencias bibliográficas

- [1] Brooks, S.J. y Barnard, P.C. (1990). The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). Bull. British Mus. Nat. Hist. (Entomology). 59: 117-286.
- [2] Bianco, L., Biurrun, F. y Ferrando, C. (2005). Niveles de degradación de la vegetación del chaco árido. Una aproximación cuantitativa a partir de imágenes satelitales. EEA. La Rioja. INTA. 12pp.
- [3] Calella, H.F. y Corso, R.F. (Eds.). (2006). El Chaco árido de La Rioja. Vegetación y suelo. Pastizales naturales. INTA, Buenos Aires. : 45-53.
- [4] De Freitas, S. y Penny, N.D. (2001). The green lacewing (Neuroptera: Chrysopidae) of brazilian agro-ecosystems. Proc. Calif. Acad. Sci. 52: 245-395.
- [5] New, T.R. (1975). The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a review. Tran. Roy. Entomol. Soc. Lond. 127: 115-140.

[6] New, T.R. (2001). Introduction to the systematics and distribution of Coniptyrigidae, Hemerobiidae, and Chrysopidae used in pest management.: 6-28. In: P.McEwen, New, T.R., and Whittington A.E. (Eds.) *Lacewings in the Crop Enviroment*. Cambridge University.

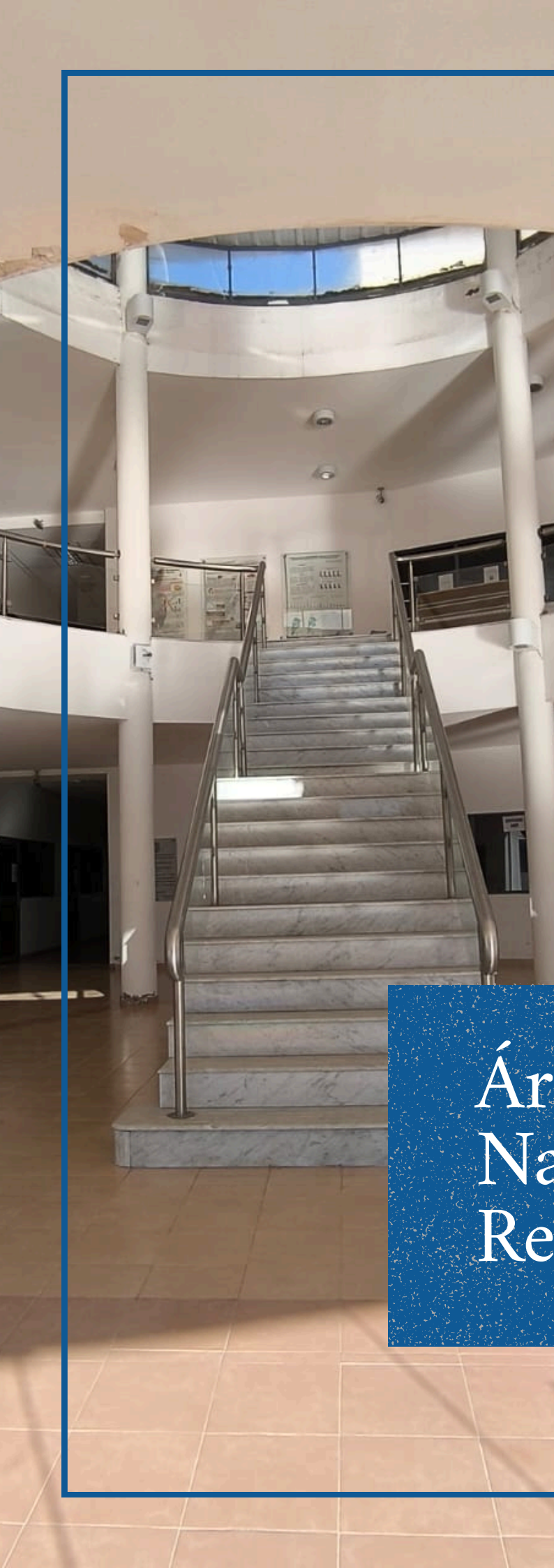
[7] Redolfi I. y Campos M. (2011). Distribución espacial de posturas de controladores biológicos “crisópidos” Neuroptera, en cuatro variedades de olivo en La Rioja. UNLaR Ciencia.

[8] Romero N. (2011). Determinación de variedades de olivo por RAPDS en el Banco de Germoplasma ex-situ Parque Tecnológico de La Universidad Nacional de La Rioja. UNLaR ciencia.

[9] Valencia Luna, L.A., Romero Nápoles, J., Valdez Carrasco, J., Carrillo Sánchez, J.L. y López Martínez, V. (2006). Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie). 22 (001): 17-61.

[10] Oswald, D.J. (2003). Bibliography of the Neuropterida. A working bibliography of the Literature on Extant and Fossil Neuroptera, Megaloptera, and Raphidioptera (Insecta: Neuropterida) of the world.

<http://insects.tam.edu/research/neuropterida/bibhome.html>. Consulta: abril 2011.



Área de Energías Naturales Renovables

ENERGÍAS NATURALES RENOVABLES	Este grupo de trabajo comenzó sus actividades en el año 2008, fue uno de los primeros institutos en formar parte del proyecto de creación del CENIIT. Las líneas de investigación que se desarrollan son las vinculadas con todas las energías naturales renovables.
INTEGRANTES	Dematte, Rodolfo Abel Mamani, Manuel Jesús Ávila, Laura Diaz, Sergio Cuello, Soledad A su vez en los proyectos colaboran docentes e investigadores de otras universidades: Huespe, Josefina (UTN Facultad Regional Mendoza – UNCuyo) Gandolfo Raso, Ernesto (UTN Facultad Regional Mendoza – UNCuyo) Pérez, Raúl (UTN Facultad Regional Mendoza) Frasinelli, Mercedes (UTN Facultad Regional Mendoza) Montivero Bazán, Maria Soledad (UTN Facultad Regional La Rioja) Olea, Facundo (UTN Facultad Regional Mendoza) Durán, Tatiana (UTN Facultad Regional Mendoza)
ÚLTIMOS PROYECTOS EJECUTADOS	27A/757. Estudio de la erosión del viento en cultivos. Expte 007593/18. 27A/841. Estudio del efecto isla de calor (UHI). Expte 007631/18. 27/A578. Evaluación de distintos sustratos para la generación de biogás en la provincia de La Rioja. Res 049/15. Expte 2690/14. Desde: Enero 2016- Diciembre 2019. 27/A675. Estudio de la electroósmosis activa para desecación de muros y su conversión a energía solar. Res.052/16 Expte 2688/14. Enero 2017- Diciembre 2018 27/A689. Recopilación y análisis de datos de Energía Solar en superficie horizontal para las principales ciudades de la Provincia de La Rioja en el período 1983-2013. Res.052/16 Expte 3178/15. Enero 2017- Diciembre 2020.

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Participación en proyectos con otros investigadores

27/A718. Psicología Positiva. Medición de las competencias conversacionales de estudiantes de la UNLaR. Director: Lic. Enrique Olivera. Desde: 2019-2021

Proyecto INVOFI “Matemática y Física. Aportes para consolidar sus vínculos”- AFA. Director: Ing. Laura Ávila Desde: 2015-2016.

27/A470. Punto de corte para una batería de test psicométricos. UNLaR. Director: Lic. Enrique Olivera. Desde: 2015-2018.

Participación en proyectos con otras universidades

IEMI: Grupo orientado a la realización de Investigaciones en Matemática Aplicada a la Ingeniería y Gestión
ATMÓSFERA

- Elaboración de un sistema para combatir artificialmente el riesgo climático de la helada por alternativas solares
- Estudio de procesos moleculares de nanopartículas
- Reactividad de las superficies Ag/I

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Libros publicados

Mamaní, M; Ávila, L; Dematte, R y Huespe, J (2021) Matemática y física. Aportes para consolidar sus vínculos. Universidad Nacional de La Rioja- Laboratorio de Física- Financiado por la Asociación Física Argentina. ISBN 978-987-86-9761-1

Dematte, R. (2019) Estudio de Energía solar horizontal período 1983-2017 en la provincia de La Rioja. Lugar: Curitiba, Brasil. Año Mayo 2019 Capitulo de libro. ISBN: 978-65-88181-00-3

**Publicaciones con referato
2025**

Dematte, R. A., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2025). Protección de viñedos contra el viento Zonda: evaluación de cortavientos forestales. Investigaciones Geográficas, (83), 91–107. <https://doi.org/10.14198/INGEO.27853>

2024

Dematte, R. A., Gandolfo Raso, E. (2024). Impacto de las cortinas forestales en la protección de viñedos frente al viento Zonda. AJEA (Actas De Jornadas Y Eventos Académicos De UTN), (AJEA 37). <https://doi.org/10.33414/ajea.1673.2024>

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Dematte, R., Olea, F., Huespe, J., & Gandolfo Raso, E. (2024). Revisión de métodos utilizados para el estudio del comportamiento del viento en cultivos (2019-2023). En J. Huespe, A. Flamant, & E. Anzoise (Eds.), Actas de resúmenes del VIII Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería ECEFI 2024 (1a ed. especial, p. 82). Universidad Tecnológica Nacional. ISBN 978-950-42-0244-8.

Duran, T., Olea, F., Dematte, R., Huespe, J., & Pérez, R. (2024). Anemómetro para medir velocidad de fluidos basado en Arduino. En J. Huespe, A. Flamant, & E. Anzoise (Eds.), Actas de resúmenes del VIII Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería ECEFI 2024 (1a ed. especial, p. 53). Universidad Tecnológica Nacional. ISBN 978-950-42-0244-8.

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2024). Review of experimental and theoretical techniques applied to the study of wind in vegetative canopies (2019-2023). *International Journal of Environmental Science*, 9(1), 1-10.

2023

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2023). Wind statistical characterization in Mendoza Province, Argentina. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 19. <https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.126>

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., Huespe, J., & Gil Rebaza, A. (2023, octubre 31 - noviembre 3). Modelización de los efectos del viento sobre cultivos de vid. Caso de estudio: San Rafael, Mendoza. ASADES, Mendoza, Argentina.

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., Huespe, J., & Martínez, J. P. (2023, septiembre 13-15). Uso de la fluidodinámica computacional para la simulación del comportamiento del viento en viñedos. JIAFES, Facultad de Ingeniería, UBA, Argentina. [Póster]

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2023, agosto 30-31). *Avances en la determinación de la Erosión Eólica: análisis de revisión*. Simposio en Gestión Ambiental, FACEN UNCa, Argentina. [Póster]

ÚLTIMAS PUBLICACIONES

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2023, agosto 30-31). Aplicación de la Fluidodinámica Computacional (CFD) en la simulación del comportamiento del viento en viñedos. Simposio en Gestión Ambiental, FACEN UNCa, Argentina. [Póster]

Dematte, R. (2023, mayo 22). Avances en erosión eólica y uso del CFD. Jornada "El CENIIT abre sus puertas...", UNLaR, Argentina.

Dematte, R., Huespe, J., Martínez, J. P., & Ávila, L. (2023, noviembre 16-17). Modelo de los procesos de difusión superficial abordado desde la mecánica cuántica. Jornadas de Ciencia, Tecnología y Arte, UNLaR, Argentina.

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2023, noviembre 16-17). Aplicación de la Fluidodinámica Computacional (CFD) en la simulación del comportamiento del viento en cultivos. Jornadas de Ciencia, Tecnología y Arte, UNLaR, Argentina.

2022

Dematte, R. A., & Gandolfo Raso, E. (2022). *Simulación CFD del comportamiento del viento en viñedos*. AJEA, (15). <https://doi.org/10.33414/ajea.1012.2022>

Dematte, R., Gandolfo Raso, E., & Huespe, J. (2022). *Caracterización de los vientos de la provincia de Mendoza, Argentina. Libro compilatorio de resúmenes de investigación*, Congreso Científico Multidisciplinario REDILAT 2022

Martínez, J. P., Huespe, J., Pérez, R., & Dematte, R. (2022). Aportaciones para la comprensión de la física a través de programas en Python. En J. E. Calderón, J. Huespe & E. Anzoise (Eds.), *Investigación y educación en ciencias de la ingeniería: Volumen 3* (pp. 307-325). Universidad Tecnológica Nacional. ISBN 978-950-42-0223-3

Avances en la determinación de la Erosión Eólica: Análisis

Dematte, Rodolfo^{1,2}; Gandolfo Raso, Ernesto¹; Huespe, Josefina¹;
Frassinelli, Mercedes¹ y Pérez, Raúl¹

¹Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Mendoza- Grupo de Estudios en Matemáticas y Física: IEMI.

²Instituto de Energías Naturales Renovables. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (UNLaR)

rdematte@gmail.com

Resumen

Si bien la erosión eólica es un proceso natural, en algunos casos puede ser un problema ambiental con impacto significativo en áreas donde se ha eliminado la vegetación como resultado de la actividad humana, como la tala de bosques y la agricultura intensiva. En algunos casos, tiene impacto en la salud de las personas debido a los niveles elevados de partículas PM2.5 y PM10. Para estudiar la erosión eólica, se utilizan una variedad de herramientas y técnicas, como la observación directa en el campo, el análisis de imágenes satelitales, la medición de la velocidad del viento, la recolección de muestras de suelo y la simulación de condiciones de viento en laboratorios. La metodología utilizada para este estudio fue la búsqueda de artículos científicos realizados entre 2017 y 2023 a través de Google Scholar (<https://scholar.google.com/>). Los artículos obtenidos se clasificaron según los diferentes aspectos que contribuyen al avance del conocimiento sobre la erosión eólica: 1) nuevos modelos teóricos, 2) equipos para cuantificar la erosión, 3) uso de OpenFOAM, 4) estudios sobre la mitigación de la erosión, 5) indicadores de erosión eólica y 6) otros aspectos concomitantes a considerar. En el análisis realizado se ha intentado abarcar todos los avances en la investigación sobre erosión eólica, incluyendo diferentes enfoques y métodos que los investigadores han empleado para abordar este problema.

Palabras clave: erosión eólica, cultivos, túnel de viento, openFOAM, SimpleFOAM

Abstract

Although wind erosion is a natural process, in some cases it can be an environmental problem with significant impact on areas where vegetation has been removed because of human activity, such as deforestation and intensive agriculture. In some cases, it can impact people's health due to the high levels of PM2.5 and PM10 particles. A variety of tools and techniques are used to study wind erosion, such as direct field observation, satellite image analysis, wind speed measurement, soil sample collection, and simulation of wind conditions in laboratories. The methodology used was the search for scientific articles published between 2017 and 2023 through Google Scholar (<https://scholar.google.com/>). The obtained articles were classified according to the different aspects that contribute to the advancement of knowledge on wind erosion: 1) new theoretical models, 2) equipment to quantify erosion, 3) use of OpenFOAM, 4) studies on erosion mitigation, 5) indicators in wind erosion, and 6) other concomitant aspects to consider. The analysis attempted to encompass all advances in wind erosion research, including different approaches and methods that researchers have used to address this problem.

Keywords: aeolian erosion, wind erosion, crops, wind tunnel, openFOAM, SimpleFOAM

Introducción

La erosión eólica se define como el equilibrio de los procesos que separan las partículas sólidas de la superficie del suelo y lo mueven de su ubicación original a través de tres vías principales: agua, viento y labranza (FAO, 2019).

Autores consultados coinciden en que la erosión del suelo, inducida por el viento, es uno de los principales problemas ambientales en las regiones áridas, semiáridas (Miri et al, 2017, Fang et al, 2018, Kheirabadi et al, 2018), e incluso subhúmedas (Yang et al, 2017). Se la considera que se encuentra entre los factores que influye en el deterioro del suelo e incrementa la desertificación. Tiene impacto en el ambiente, afecta la calidad del aire, la visibilidad (Sherman, 2020, Kheirabadi et al, 2018), en la salud (Bonifacio, H. F., Maghirang, R. G., y Glasgow, L. A. 2014) y en la biodiversidad (FAO, 2019). El estudio de la erosión eólica se torna importante a causa del cambio climático (Miri et al, 2017; FAO,2019). Representa un riesgo significativo para las tierras agrícolas, a pesar de las numerosas estrategias de mitigación empleadas para su control (Gonzales, Tatarko, Casada, Maghirang, Hagen y Barden, 2019).

El mecanismo de la erosión eólica autores lo describen en tres etapas: saltación, suspensión y deposición (Wang, Zhang, Dun, y Huang, 2023; Avecilla, Panebianco, Buschiazzo, 2015). También mencionan a la reptación como una etapa más del proceso (Lancaster, 2014).

El proceso de erosión eólica se inicia cuando la velocidad del viento supera la denominada velocidad umbral, en la que las partículas vencen la inercia y comienzan su movimiento. En el caso de partículas con peso más elevado, comienza el movimiento de traslado sobre la superficie del suelo (reptación) esto hace que los materiales de la superficie sólida se desgasten gradualmente, si las partículas tienen menor peso, tienden a brincar en función de la fuerza cinemática que le provee el viento y transfieren su momentum a otras partículas (saltación), hasta que la energía de estas decae y vuelven al suelo nuevamente (Wang et al, 2023; Lancaster, 2014).

En cambio, las partículas de menor peso tienden a quedar en suspensión por más tiempo hasta que realizan finalmente su deposición en el suelo.

La distancia que recorren las partículas depende de factores tales como: 1) La cantidad de material erosionado, se verá influenciada por el aumento de la velocidad del viento, así fortalecerá el flujo de material arrastrado (Wang et al, 2023); 2) peso, diámetro medio y forma de las partículas; 3) tamaño de grano; 4) el grado de abrasión entre las partículas, la ruptura y reducción de tamaño de estas, 5) características del suelo: composición y contenido de materia orgánica, etc. (Cruz, Barra del Castillo, y Gutiérrez, 2004); 6) obstáculos y rugosidad del suelo (Kheirabadi et al, 2018).

A medida que recorren el trayecto golpean varios obstáculos, se considera que la velocidad de la partícula de impacto, el ángulo, el tamaño, el tipo y la fuerza del objetivo tienen que ver en la tasa de erosión (Wang, Zhang, Dun, y Huang, 2023).

La cuantificación de la erosión es uno de los aspectos más importantes en los que hace foco la literatura consultada, con diversos métodos intentan establecer la cantidad de material removido. Desde esta perspectiva se desarrollan modelos teóricos predictivos como el propuesto por Mayaud et al (2017), el diseño de nuevo equipamiento de medición de material erosionado en tiempo real desarrollado por Yang et al (2020).

Otros estudios evalúan como reducir la erosión mediante la optimización de las barreras de viento propuesto por Fang et al (2018), analizando el comportamiento aerodinámico y morfológico de la vegetación que actúa como barrera física (Miri et al, 2017). Las investigaciones de Gonzales, Ravi, Li, y Sankey, (2018) demuestran que existe un atrapamiento diferencial de sedimentos eólicos en cubiertas vegetales, en el caso de suelos con arbustos, las partículas más gruesas son retenidas por ellos, en cambio las pasturas capturan selectivamente partículas más finas, este comportamiento estaría asociado al grado de porosidad de la vegetación.

La cuantificación de la erosión y como reducirla no son los únicos aspectos por estudiar, diversos trabajos de investigación se ocupan de otros factores que intervienen en el proceso de erosión eólica, Kheirabadi et al (2018) analizó los cambios del flujo del viento y la erosión neta en lechos de suelo, teniendo en cuenta los efectos de la velocidad del viento, el tamaño de partículas y su distribución. Avecilla et al (2015) estudió la saltación de las partículas y las propiedades de los distintos tipos de suelos.

Por otro lado, la revisión crítica realizada por Sherman (2020), demuestra aspectos no contemplados en las investigaciones realizadas y reflexiona sobre cambios y mejoras en las nuevas investigaciones sobre la erosión eólica.

De tal manera, el estudio de la erosión eólica es abordado desde distintos ángulos y se presentan nuevos modelos teóricos, desde modernos equipos para cuantificar la erosión, los resultados de estudios en la mitigación de la erosión y finalmente considerar otros aspectos a estudiar en erosión eólica (Figura 1).

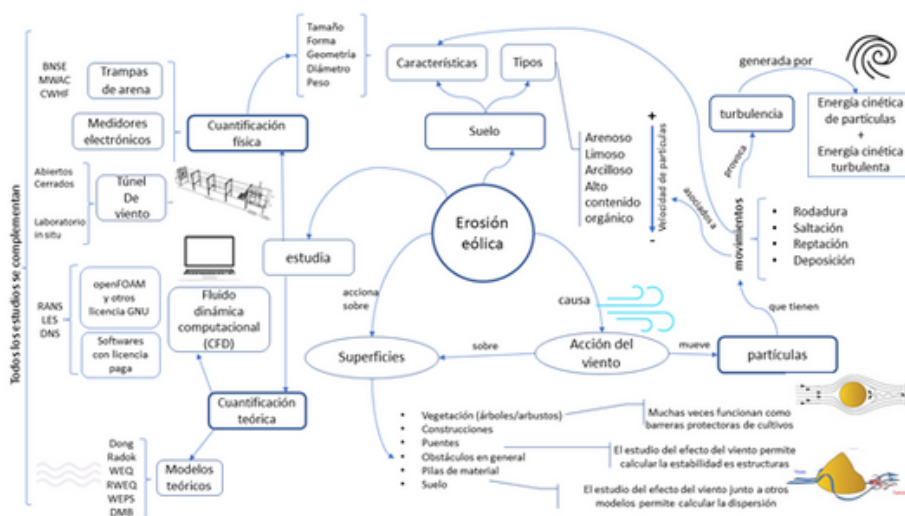


Figura 1. Mapa mental sobre erosión eólica aspectos a contemplar en la revisión crítica.

Materiales y métodos

Para la presente revisión se realizó la búsqueda de artículos primarios de los últimos 5 años, que en su estructura indiquen el problema explícito que los investigadores detectaron al momento de iniciar su investigación.

El criterio de selección de los artículos analizados fue en base a las siguientes palabras clave y combinaciones entre ellas: aeolian erosion, wind erosion, crops, wind tunnel, openFOAM, SimpleFOAM en Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) en el periodo comprendido entre los años 2017-2023.

Los artículos obtenidos, se clasificaron según los diferentes aspectos que hacen al avance del conocimiento sobre la erosión eólica: 1) nuevos modelos teóricos, 2) equipos para cuantificar la erosión, 3) uso de OpenFOAM, 4) estudios en la mitigación de la erosión, 5) indicadores en erosión eólica y 6) otros aspectos concomitantes a considerar.

La presente revisión proporciona al lector una visión en general de los múltiples enfoques abordados por los investigadores sobre el tema en cuestión. Para un análisis detallado de estos estudios, se remite a los lectores a las referencias correspondientes al final de la presente revisión.

Resultados

Nuevos modelos teóricos

Se encuentran vigentes diversos modelos para predecir el flujo de sedimentos y la cuantificación de la erosión dependiendo del uso de suelo. Entre las fórmulas para campos con cultivos se destacan la ecuación de la erosión del viento (WEQ), la ecuación revisada de erosión del viento (RWEQ) y diversos modelos de simulación entre ellos el proyecto WEPS que surge de sintetizar diversas investigaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Jarrah, Mayel, Tatarko, Funk, y Kuka, 2020).

Los modelos de erosión eólica de tierras de cultivo han sido adoptados con éxito por organismos de todo el mundo para apoyar la planificación de la conservación del suelo e identificar los impactos potenciales del uso de la tierra y las estrategias de gestión en la pérdida y deposición del suelo, las emisiones de polvo fino (es decir, PM2.5 y PM10) y la calidad del aire (Edwards et al, 2022).

En paisajes desérticos donde no hay influencia de los cultivos se utilizan otros modelos para la erosión y deposición de sedimentos eólicos, entre ellas las ecuaciones de Radok (1977) y Dong et al (2003).

Una de las investigaciones detecta que no hay modelos predictivos que expliquen el balance de masa por ello propone en base a la teoría fluvial, que considera la influencia de la componente vertical del viento para desarrollar un modelo teórico predictivo, que busque explicar el fenómeno en base al equilibrio dinámico entre la masa de arena en movimiento y la caída del flujo de viento (Mayaud et al, 2018).

El modelo se formula como una ecuación diferencial (es decir, la tasa de cambio de tiempo) que «incorpora entradas y salidas de un cuerpo teórico de arena transportada, de modo que la masa transportada se acerca asintóticamente al equilibrio en condiciones constantes, lo que significa que se necesita un tiempo finito para ambos arrastres y para dejar caer el material transportado» (Mayaud et al 2018).

Este modelo teórico-predictivo de transporte de sedimentos se comparó con dos modelos ya existentes: el modelo semi empírico de Dong et al y el modelo empírico de Radok, ambos se formulan en base al flujo de sedimento como una función de la velocidad del viento.

Se ha demostrado que los modelos de Radok y Dong predicen el transporte de sedimentos con mayor precisión, por eso se los eligió para la comparación. El nuevo modelo de Mayaud se basa en un balance de masa dinámico (DMB) que describe en su primer término el arrastre instantáneo del sedimento, y en el segundo, el proceso de deposición. Además, tiene en consideración el cambio de la velocidad a través de un factor de corrección H asociado a la velocidad umbral del viento (Ecuación 1)

$$\frac{dQ_{ip}}{dt} = H \left[a_1 (u - u_t)^2 \right] - \left(\frac{Q_{ip}}{\left(\frac{b_1 d}{D} + \frac{c_1 u}{u_t} \right)} \right)$$

$$H = \begin{cases} 0, & u < u_t \\ 1, & u \geq u_t \end{cases}$$

Ecuación 1

Los resultados demostraron que el nuevo modelo DMB considera la turbulencia entre el flujo de viento y el flujo de sedimentos, a su vez puede predecir de forma más realista el transporte de sedimentos en amplios intervalos de medidas y de tiempos.

El modelo DMB de Mayaud hace mejores predicciones que los modelos de Dong y Radok. En ensayos de velocidades bajas sus resultados son muy próximos a la realidad y en velocidades altas obtiene mejores resultados, es un método que permite predecir la variabilidad del transporte de arena de alta frecuencia y el transporte de masa total a escala más gruesa.

Uso de la Fluido Dinámica Computacional en el estudio de la erosión eólica

La dinámica de fluidos computacional es solo una de las últimas herramientas de ingeniería asistida por computadora que se ha generalizado en todo el mundo (Darwish, Mangani., y Moukalled, 2016). Se complementa con diversas herramientas, los cálculos se basan en las ecuaciones de Navier-Stokes que, para modelar un conjunto completo de fenómenos de flujo con gran precisión a través del método de los volúmenes finitos. El método de los volúmenes finitos (VFM) es una técnica que discretiza la modelación matemática del continuo, y mantiene los principios de conservación (masa, energía y momentum).

El esquema de trabajo descrito por diversos autores consiste en evaluar el problema en estudio a través de un análisis de la realidad física, luego a través de los datos experimentales se evalúan las condiciones del experimento. Se analiza el experimento por medio de ecuaciones aplicables en el dominio continuo, que posteriormente se discretizan y se aplican algoritmos matemáticos para la resolución del problema a través de computadoras (Figura 2).



Figura 2. Esquema de trabajo para realizar simulaciones CFD

Los aspectos claves a considerar en el diseño del experimento: 1) ser cuidadoso con la selección del modelo de turbulencia, 2) modelos de mallas inadecuadas, 3) diseño de modelos o geometrías muy diferentes a la realidad física, 4) otros aspectos que se deben considerar son los tipos y las morfologías de las plantas y el tipo de ambiente (Liu et al, 2018), uno o la combinación de varios de estos aspectos pueden provocar resultados que difieran de la realidad (Carrillo, 2018).

CFD de código abierto

OpenFOAM (software de operación y manipulación en campo abierto) es un software de Fluidodinámica computacional (CFD), de uso libre de código abierto, que tiene una amplia variedad de métodos aplicables en fluidodinámica, cuenta con varios modelos de simulación de turbulencia:

- 1) Simulación promedio de Reynolds (RAS), también conocida como Navier-Stokes promediada por Reynolds (RANS).
- 2) Simulación de remolinos grandes (LES): las estructuras turbulentas grandes en el flujo se resuelven mediante las ecuaciones de gobierno.
- 3) Simulación numérica directa (DNS): Resuelve todas las escalas de turbulencia resolviendo las ecuaciones de Navier-Stokes numéricamente sin ningún modelo de turbulencia.

1. Simulación promedio de Reynolds (RAS), también conocida como Navier-Stokes promediada por Reynolds (RANS).

Para estudiar la erosión eólica en cultivos se utiliza las ecuaciones RANS. El *solver* más utilizado es el método semi implícito para algoritmos de ecuaciones ligadas a la presión (SIMPLE) o más conocido por SimpleFOAM, que se basa en la discretización por volúmenes finitos de las ecuaciones de Navier Stokes. El método fue introducido por S.V Patankar y D.B Spalding (1972). SimpleFOAM se utiliza en situaciones donde el flujo del fluido es laminar o turbulento, y se espera que el campo de velocidades y la distribución de presiones se mantengan relativamente estables en el tiempo (Greenshields, y Weller, 2022).

SimpleFOAM es ampliamente utilizado en diversos estudios, entre los que se pueden destacar:, 1) para establecer la orientación de edificios (Pourtemori et al, 2020), 2) en evaluación del comportamiento de puentes frente a flujos de aire (Zhang et al, 2020), 3) en el estudio de capa limite en sobresaltos (Carillo, 2018), 4) en la modelización de áreas urbanas (Ricci, 2017), 5) el análisis del comportamiento de los vientos en cultivos (Liu et al, 2018) y 6) en la simulación de cultivos 3D (Gonzales et al 2015, 2018, 2019), entre otras aplicaciones.

Pero en las últimas décadas, las técnicas de dinámica de fluidos computacional CFD se han utilizado en áreas implantadas con cultivos para simular la aerodinámica y los mecanismos del flujo turbulento alrededor de los cortavientos y de los cultivos (Liu, Zheng, Cheng, y Zou, 2018, Gonzales, et al 2018). Paralelamente se comparan datos y se validan los resultados del CFD en simulaciones físicas en túneles de viento (Miri et al, 2017; Sherman, 2020; Hagen, 1999). La investigación sobre otros tipos de rastrojos o vegetación escasa, durante los eventos de viento, se puede realizar de manera similar en forma limitada mediante la simulación CFD, sin necesidad de estudios de túnel de viento que requieren excesiva mano de obra (Gonzales et al, 2019).

Liu et al (2018) realizó experimentos con diferentes geometrías para analizar el fenómeno, variando altura y porosidad; a mayor nivel de detalle del diseño existen algunas limitaciones en el tamaño del dominio computacional debido a la limitación en la capacidad de procesamiento de las computadoras, lo que lo vuelve no computable.

En pruebas realizadas utilizando OpenFOAM, para predecir el flujo de aire y transporte de polvo *no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores medidos de la velocidad media del viento durante las pruebas de campo y los resultados de OpenFOAM* (Gonzales, 2015, p190)

2.Simulación de remolinos grandes (LES)

Large Eddy Simulation (LES) se utiliza para resolver problemas de flujo de fluido en régimen transitorio, donde hay fluctuaciones turbulentas significativas en el campo de velocidad. LES modelo propuesto en 1963 por Joseph Smagorinsky para simular las corrientes de aire atmosférico. Se utiliza actualmente en una amplia variedad de aplicaciones de ingeniería, incluida la combustión, acústica, y simulaciones de la capa límite atmosférica.

Para estudiar los efectos del viento, en esta simulación de flujo turbulento se ignoran los remolinos más pequeños, matemáticamente se logra aplicando un procedimiento de filtrado a las ecuaciones completas de Navier-Stokes, para esto se resuelven las ecuaciones de gobierno pero simplificadas porque se concentra el cálculo en escalas de mayor longitud y escalas de tiempos más grandes.

Este método es ideal en flujos de vientos turbulentos con grandes remolinos, entre los estudios que lo utilizan se destacan: 1) en el análisis del comportamiento del viento en pilas de materiales y en colinas, (Chaudhari, et al 2018), 2) para evaluar la degradación de montículos de material potencialmente peligroso expuesto a la erosión eólica (Badas et al 2022), 3) en el estudio del efecto del viento en torres de explotación petrolera (Nakabayashi, et al 2008), 4) en el análisis del efecto del viento sobre los soportes de puentes (Zhou et al, 2020); de la bibliografía consultada no se encontraron casos de aplicación de LES en plantaciones de cultivos. La mayoría de los estudios que analizan los flujos de masa de aire en diversos objetos utilizan métodos RANS, ya que el uso de LES no es tan común (Chaudhari, Vuorinen, Hämäläinen, y Hellsten, 2018).

3. Simulación numérica directa (DNS):

Direct numerical simulation contempla todas las escalas de turbulencia resolviendo las ecuaciones de Navier-Stokes numéricamente sin ningún modelo de turbulencia. Actualmente, este método se limita a problemas de flujo simples con números de Reynolds relativamente bajos. Cabe destacar, que los métodos DNS, si bien, puede entregar resultados mucho más aproximados a la realidad para geometrías complejas, tienen un costo computacional mucho más elevado, que en muchos casos hace inviable su uso industrial en la actualidad (Carillo, 2018)

El uso del CFD posibilita interpolarlo con otros modelos existentes, Badas, Dentoni, Angius, y Pinna (2022). Proponen un modelo de CFD combinado con la metodología EPA (Factor de emisión para la erosión eólica industrial) haciéndolo más preciso; permite probar físicamente configuraciones reales de pilas con material expuesto a la erosión eólica mediante simulaciones numéricas.

Los modelos combinados de simulaciones numéricas mediante CFD-EPA, permiten evaluar la degradación de montículos de material potencialmente peligroso expuesto a la erosión eólica, mejorando el modelo EPA que se sustenta en los resultados de pruebas experimentales, a su vez proporciona una estimación del potencial de emisión que depende del flujo de viento cercano a las superficies de los montículos de sustancias potencialmente peligrosas.

Para todos los casos el flujo de trabajo consiste en el análisis del problema del fluido, siguiendo el esquema presentado en la Figura 3

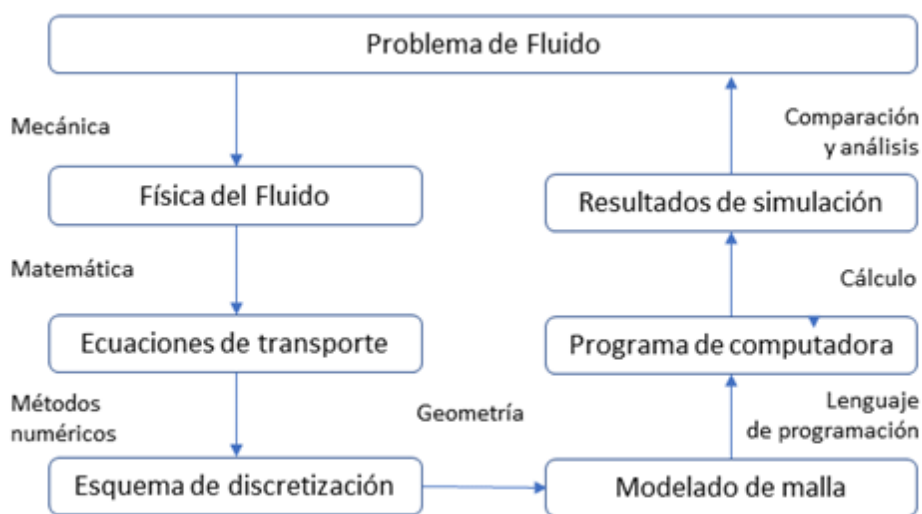


Figura 3. Esquema de trabajo detallado para el uso de CFD.

Nuevos equipos para cuantificar la erosión

Los equipos muestreadores o trampas de arena, son elementos indispensables para realizar mediciones directas en el área de estudio y cuantificar la cantidad de suelo movilizado en el proceso de erosión.

La cantidad total de partículas que participan en la saltación se denomina flujo másico de sedimentos horizontales o en el sentido de la corriente, que a menudo se mide utilizando muestreadores de sedimentos Big Spring Number Eight (BSNE) o Modified Wilson and Cooke (MWAC) ubicados a diferentes alturas sobre la superficie del suelo (Mendez, Funk, y Buschiazzo, 2016).

El estudio de Yang et al (2017) hace una recopilación sobre los equipos más utilizados hasta el momento, y detectan que existe la necesidad de mejorar el diseño de trampas de arena que puedan proporcionar mediciones de alta frecuencia y buena calidad, pero a un costo razonablemente bajo. Se evalúa un nuevo diseño denominado trampa de arena de alta frecuencia y pesado continuo (CWHF) y se lo compara con una trampa de arena escalonada vertical (*step-like sand trap*) de eficacia conocida (Li et al, 2003). Las pruebas fueron realizadas en túnel de viento y también en el campo. Los resultados presentados no ofrecen rendimientos elevados como otros muestreadores, la trampa de arena escalonada tuvo una eficiencia mayor al CWHF. A su vez, establecieron que el equipo diseñado tiene una eficiencia de 52.53% versus los 72.7% de la trampa de arena escalonada. En condiciones de laboratorio (pruebas en túnel de viento), a velocidades de 14 m/s la eficiencia de la

trampa CWHF superó la trampa de arena escalonada. Los investigadores detectaron problemas de diseño, sin embargo hasta el momento no hay nuevas publicaciones sobre mejoras en el CWHF. Los autores mencionan que las variaciones del viento y de altura son una de las principales causas de la deficiencia de muestreo, encontraron además que a distintas alturas el grano medio del sedimento disminuyó al aumentar la altura, pero ello no formó parte del estudio realizado (Yang et al 2017).

La instrumentación de campo típica incluye anemómetros sónicos para registrar vectores de viento, pesaje electrónico de trampas de arena, sensores de impacto de granos de arena, e instrumentos de interferencia láser para detectar tasas de transporte de arena saltante y equipos adicionales como sondas continuas de humedad del suelo y otros sensores meteorológicos (Chan, Schillereff, Baas, Chadwick, Main, Mulligan, y Thompson, 2021).

Una de las herramientas para la medición son los sensores electrónicos, Chan et al diseñaron un anemómetro sónico para monitorear el transporte de arena, con la característica de ser de bajo costo y para uso en monitoreo ambiental. El dispositivo está diseñado en Arduino®, cuenta con una serie de sensores que miden, en alta frecuencia, la arena arrastrada por el viento. Tiene un buen rendimiento, informando errores de 0.19% y un sesgo medio por debajo del 20% (Chan et al, 2021).

Estudios sobre el efecto del suelo en la erosión eólica.

La magnitud de la erosión se atribuye principalmente al movimiento de saltación, tema ampliamente estudiado desde 1941 por Bagnold, que escribió el primer libro, Dinámica de la Geomorfología, en el que describe la acción del viento sobre un sedimento como un problema de mecánica de los fluidos (Tsoar, 1994).

En cuanto a estudios de campos de cultivos, Kheirabadi et al (2018), plantea como un problema «*la poca atención que le dan los investigadores al efecto de la longitud del lecho del suelo erosionado y a la distribución del tamaño partículas*». La hipótesis que formulan los autores es que la erosión eólica y el flujo de sedimentos pueden cambiar en diferentes longitudes a favor del viento. Para evaluar el efecto, realizaron un estudio en túnel de viento con muestras de un campo no cultivado por dos años (barbecho) y demostraron, que el flujo de masa total de sedimentos tiene una tendencia general a aumentar a longitudes de lecho más largas. Los resultados son coincidentes con otras investigaciones realizadas, para este experimento encuentran una alta correlación entre los resultados obtenidos (ecuación 2)

$$Q = 6L^{-0.225} MDW^{-0.579} V^{1.97} \text{ Ecuación 2 } R^2 0.945$$

Donde Q: tasa de erosión del suelo (gm-2 min-1)

MDW: partícula de diámetro de peso medio(mm).

L: longitud del lecho(m)

V: Velocidad del viento

Demostraron que existe relación entre la longitud del lecho de suelo, la velocidad del viento y el diámetro medio de partícula en el flujo de masa total. Los signos negativos indican que la tasa de erosión decrece con la longitud del lecho y con el tamaño de la partícula de suelo. Esto significa que la tasa de erosión del viento (Q) decrece en función de la distancia recorrida sobre el lecho de suelo. Estos resultados se realizaron en pruebas de laboratorio, el autor sugiere prestar especial atención en futuros estudios de campo

Los estudios realizados por Wang, Zhang, Dun, y Huang (2023) en el desierto de Gobi, utilizando el modelo de transporte de sedimentos, con el modelo de erosión de partículas sólidas, determinaron que la profundidad del suelo, afectado por la erosión por saltación, se concentra principalmente en la altura rango de 0,03 m a 0,15 m y es proporcional a medida que aumenta la velocidad de fricción.

Nuevos estudios en la mitigación de la erosión

En la problemática de la erosión del viento, no solo se estudia el fenómeno y las causas que lo originan, los investigadores también proponen alternativas de solución para mitigar sus efectos.

La erosión en superficies con vegetación teniendo en cuenta la saltación de las partículas. El experimento consiste en la evaluación de dos tipos de vegetación: arbustos y árboles con diversas distribuciones espaciales. Los resultados demuestran que la presencia de vegetación reduce la erosión, los arbustos atrapan las partículas saltantes y los árboles inducen a una reducción del viento. A grandes velocidades las plantas de mayor tamaño tienden a ser arrastradas por el viento, en cambio los arbustos por su morfología tienden a aplacarse sobre el suelo, las observaciones de erosión son consistentes tanto en túnel de viento como en campo. Un valor alto de área frontal de las plantas reduce la velocidad del viento y decrece la acción de movimiento del suelo. El autor recomienda que la vegetación utilizada en las barreras tenga baja porosidad y un área frontal alta, otro de los aspectos a considerar es que presenten baja deformación. Todas estas características hacen barreras contra el viento más eficientes para detener la erosión eólica. (Dupont, Bergametti, y Simoëns, 2014).

Entre las investigaciones se destacan el estudio de barreras de viento (también denominadas cortinas) que posibilitan la reducción de los efectos causados por la erosión eólica.

Uno de los trabajos publicados evalúa la respuesta aerodinámica y morfológica de las plantas que integran las barreras de viento. Miri et al (2017) sostienen que determinados estudios se enfocan «en la función de protección de la barrera, pero no han considerado experimentalmente las respuestas aerodinámicas de las plantas al flujo de aire para de esa forma investigar el efecto de la morfología de las plantas en el control de la erosión eólica». Por ello el análisis de estos autores se centra en comprender la respuesta aerodinámica y morfológica de diferentes tipos de plantas en distintas densidades y cómo las afecta la velocidad del viento y, por lo tanto, el transporte de sedimentos eólicos. Sus pruebas fueron realizadas en túnel de viento. En sus resultados menciona que cuando la velocidad incrementa las plantas se reconfiguran y deforman reduciendo la permeabilidad de la barrera. A bajas velocidades de viento las plantas protegen la superficie del suelo, en el proceso las plantas del inicio de la barrera son las más importantes que las plantas del final (Miri et al, 2017).

Fang et al (2018) establece como una problemática que todavía *no se ha informado de un índice integrado que considere juntos la distancia efectiva, el grado de refugio y el costo económico para evaluar el diseño de la barrera contra el viento*. En su investigación desarrolla el estudio del control de la erosión con barreras porosas en túnel de viento validadas con simulaciones numéricas en fluido dinámica computacional 3D (CFD). Se evaluó el efecto del refugio, el campo de flujo de aire alrededor de las barreras contra el viento. Entre los diferentes aspectos se analiza: la porosidad, el número de filas, el espaciado entre ellas y el conjunto de filas. Además, propone un índice adimensional para cuantificar la eficiencia del efecto de refugio. Los resultados obtenidos de velocidades límite en CFD tienen alta validación con los resultados obtenidos en túnel de viento. El estudio presenta una serie de limitaciones debido a que las barreras analizadas son rígidas y no presentan flexibilidad, se considera que las interacciones dinámicas entre barreras son necesarias. La porosidad establecida es estática, situación que no sucede en la realidad. Otro de los aspectos que no tuvo en cuenta es el efecto de la superficie del suelo. Los autores recomiendan tener en cuenta el efecto de estos aspectos no considerados en la investigación y poner foco en la turbulencia generada alrededor de las barreras de viento.

Indicadores de uso frecuente en erosión eólica y calidad de aire

Los indicadores permiten evaluar tecnologías de monitoreo y posibilitan evaluar los servicios ecosistémicos afectados por el manejo de la erosión eólica. Webb et al (2020) clasifica a los distintos indicadores que describen diferentes aspectos del estudio en la erosión eólica:

1. indicadores basados en las propiedades del suelo: caracteriza la susceptibilidad de movilización del suelo pero no representan el potencial de emisión de material particulado (PM). Entre ellos se destacan: la fracción erosionable, la proporción de agregados, y el índice de erosión eólica
2. Indicadores de exposición erosiva de vientos y degradación de suelos: se utilizan para medir el grado potencial de erosión, los indicadores más comunes son: la cobertura vegetal, el nivel de agregación del suelo y los indicadores de estructura vegetal.
3. Indicadores de salud del suelo: describen las propiedades y el grado de exposición del suelo, entre ellos se pueden mencionar, los indicadores de salud de pastizales, la pérdida de suelo en superficie horizontal y el nivel de degradación.
4. Indicadores de polvo ambiental y de calidad de aire: globalmente se monitorea mediante observación meteorológica satelital. A nivel local se replican estos monitoreos y se evalúa la calidad de aire.
5. Paralelamente, se pueden combinar entre sí los indicadores arriba mencionados, y proveer métricas más complejas por ejemplo, la cantidad de suelo erosionado por área y por año, la tasa de transporte de sedimentos, la emisión de polvo por segundo, pero su interpretación se dificulta al no tener otros valores de referencia (Webb et al, 2020).

Nuevos aspectos por considerar en erosión eólica

Por último y no menos importante, Sherman (2020) ha publicado una revisión de los últimos 50 años en el Simposio de Geomorfología de Binghamton, en los que destaca los grandes avances presentados, desde teorías, innovaciones en equipos y programas que dan soporte a la investigación empírica en túneles de viento y en el campo. El autor hace una revisión crítica de los factores ambientales que complican los esfuerzos para predecir las tasas de transporte de arena arrastrada por el viento, sobre todo cuando las condiciones son inferiores a las ideales desarrolladas en túnel de viento. Como resultado de su análisis establece que existen una serie de errores (los denomina: vejaciones) que se resumen en lo siguiente:

1. Errores en la teoría: menciona que la saltación requiere una longitud de alcance crítica, y que en todos los ensayos de túneles de viento no se cumple, sostiene que la saltación no es uniforme y que los aparatos con los que se miden muchas veces tienen niveles de error no aceptables.
2. Errores en la definición del tamaño de grano, muchos de los ensayos utilizan un tamaño uniforme de grano, cuando en la realidad no sucede de ese modo, los autores definen el tamaño de grano en base al análisis granulométrico y establecen un tamaño promedio.
3. La densidad del flujo del aire y del sedimento: pocos autores consideran que la densidad del aire varía con la temperatura y la humedad, como así también la densidad de las partículas del suelo que se ven afectadas por la humedad.
4. La velocidad umbral, la velocidad del viento está en función de la altura, pero todos los estudios asumen una capa límite neutralmente estable.
5. La iniciación del movimiento, la velocidad del viento es necesaria para iniciar el movimiento, pero muchas veces no se tiene en cuenta en los estudios la fricción entre partículas y la viscosidad de las mismas. El contenido de humedad de estas retrasa la acción del movimiento.
6. La electrificación granular, se refiere a la generación de cargas eléctricas superficiales que son causadas por colisiones o producto de la fricción. Pocos estudios tienen en cuenta este aspecto.

Sherman deja en evidencia una serie de falencias o de aspectos no considerados en las investigaciones de erosión eólica que deberían ser considerados como problema para resolver en las futuras investigaciones.

Conclusiones

El conocimiento sobre la temática de la erosión eólica ha avanzado de forma notable pero continuamente se van desarrollando nuevas técnicas y métodos para estudiar el fenómeno desde los más diversos enfoques, a medida que pasan los años los investigadores en su afán de conocimiento investigan sobre los antecedentes sociales y científicos y encuentran nuevos problemas a resolver.

El estudio de la erosión se puede abordar desde distintos puntos de vista, partiendo desde las teorías que explican el fenómeno hasta estudiando las partículas y todos los aspectos que las describen. Se deduce que el problema de la erosión se debe tratar de forma multidisciplinaria.

En todos los trabajos evaluados se destacan la modelización computacional CFD y el túnel de viento como herramientas para modelizar el fenómeno, aunque el túnel de como un equipo muy importante para recrear las condiciones ambientales. A pesar de que las condiciones simuladas en túneles de vientos son más aproximadas a la realidad física y material, muchas veces no representan la realidad ambiental.

Referencias bibliográficas

- [1] Avecilla, F. Panebianco, J. Buschiazzi, E. (2015). Variable effects of saltation and soil properties on wind erosion of different textured soils, *Aeolian Research*, Volume 18, 2015, Pages 145-153, ISSN 1875-9637, <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.07.005>.
- [2] Badas, M. G., Dentoni, V., Angius, F., y Pinna, F. (2022). Numerical Investigation on the PM Emission Potential of Metal Sulphides Open Storage. *Atmosphere*, 13(9), 1417.
- [3] Bonifacio, H. F., Maghirang, R. G., y Glasgow, L. A. (2014). Numerical simulation of transport of particles emitted from ground-level area source using AERMOD and CFD. *Engineering applications of computational fluid Mechanics*, 8(4), 488-502.
- [4] Buccolieri, R., Santiago, J. L., y Martilli, A. (2021). CFD modelling: The most useful tool for developing mesoscale urban canopy parameterizations. In *Building Simulation* (Vol. 14, pp. 407-419). Tsinghua University Press.
- [5] Carrillo, G. A. (2018). Análisis de incertezas en el cómputo de flujos turbulentos empleando Open FOAM® (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales).
- [6] Chan, K., Schillereff, D. N., Baas, A. C., Chadwick, M. A., Main, B., Mulligan, M., ... y Thompson, J. (2021). Low-cost electronic sensors for environmental research: Pitfalls and opportunities. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 45(3), 305-338.
- [7] Chaudhari, A., Vuorinen, V., Hämäläinen, J., y Hellsten, A. (2018). Large-eddy simulations for hill terrains: Validation with wind-tunnel and field measurements. *Computational and Applied Mathematics*, 37, 2017-2038.
- [8] Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2).

- [9] Dupont, S., Bergametti, G., y Simoëns, S. (2014). Modeling aeolian erosion in presence of vegetation. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 119(2), 168-187.
- [10] Edwards, B. L., Webb, N. P., Galloza, M. S., Van Zee, J. W., Courtright, E. M., Cooper, B. F., ... y Van Pelt, R. S. (2022). Parameterizing an aeolian erosion model for rangelands. *Aeolian Research*, 54, 100769.
- [11] Fang, H., Wu, X., Zou, X. y Yang, Xiaofan. (2018). An Integrated Simulation-Assessment Study for Optimizing Wind Barrier Design. *Agricultural and Forest Meteorology*. 263. 10.1016/j.agrformet.2018.08.018.
- [12] FAO (2019) Outcome document of the Global Symposium on Soil Erosion. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ca5697en/ca5697en.pdf>.
- [13] Gonzales, H. B. (2015). Aerodynamics of wind erosion and particle collection through vegetative controls. Kansas State University.
- [14] Gonzales, H. B., Ravi, S., Li, J., y Sankey, J. B. (2018). Ecohydrological implications of aeolian sediment trapping by sparse vegetation in drylands. *Ecohydrology*, 11(7), e1986.
- [15] Gonzales, H. B., Tatarko, J., Casada, M. E., Maghirang, R. G., Hagen, L. J., y Barden, C. J. (2019). Computational fluid dynamics simulation of airflow through standing vegetation. *Transactions of the ASABE*, 62(6), 1713-1722.
- [16] Greenshields, C. J., y Weller, H. G. (2022). Note on Computational Fluid Dynamics: General Principles. CFD Direct <https://cfdirect.com>.
- [17] Guo, Z., Yang, X., Wu, X., Zou, X., Zhang, C., Fang, H., y Xiang, H. (2021). Optimal design for vegetative windbreaks using 3D numerical simulations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 298, 108290.
- [18] Jarrah, M., Mayel, S., Tatarko, J., Funk, R., y Kuka, K. (2020). A review of wind erosion models: Data requirements, processes, and validity. *CATENA*, 187, 104388. doi:10.1016/j.catena.2019.104388.

- [19] Jeanjean, A. P., Buccolieri, R., Eddy, J., Monks, P. S., y Leigh, R. J. (2017). Air quality affected by trees in real street canyons: The case of Marylebone neighbourhood in central London. *Urban Forestry y Urban Greening*, 22, 41-53.
- [20] Kheirabadi, H.; Mahmoodabadi, M.; Jalali, V.; Naghavi, H.(2018). Sediment flux, wind erosion and net erosion influenced by soil bed length, wind velocity and aggregate size distribution, *Geoderma*, Volume 323, 2018, Pages 22-30, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.042>.
- [21] Lancaster, N. (2014). *Aeolian Processes Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Elsevier, DOI 10.1016/B978-0-12-409548-9.09126-0.
- [22] Li, Z. S., y Ni, J. R. (2003). Sampling efficiency of vertical array aeolian sand traps. *Geomorphology*, 52(3-4), 243–252. doi:10.1016/s0169-555x(02)00259-3 disponible en: [sci-hub.tw/10.1016/S0169-555X\(02\)00259-3](https://sci-hub.tw/10.1016/S0169-555X(02)00259-3).
- [23] Liu, C., Zheng, Z., Cheng, H., y Zou, X. (2018). Airflow around single and multiple plants. *Agricultural and Forest Meteorology*, 252, 27-38.
- [24] Mayaud, J., Bailey, R., Wiggs, G., Weaver, C. (2017). Modelling aeolian sand transport using a dynamic mass balancing approach, *Geomorphology*, Volume 280, 2017, Pages 108-121, ISSN 0169-555X, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.12.006>.
- [25] Mendez, M. J., Funk, R., y Buschiazzi, D. E. (2016). Efficiency of big spring number eight (BSNE) and modified Wilson and Cook (MWAC) samplers to collect PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁. *Aeolian Research*, 21, 37-44.
- [26] Miri, A., Dragovich, D. y Dong, Z. (2018). Vegetation morphologic and aerodynamic characteristics reduce aeolian erosion. *Scientific Reports* 7,(12831) pp1-9 DOI: 10.1038/s41598-017-13084-x.
- [27] Moukalled, F., Mangani, L. y Darwish, M. (2016). *The finite volume method in computational fluid dynamics: an advanced introduction with OpenFOAM® and Matlab®*. Springer.
- [28] Nakabayashi, H., Rojo, N., Schister, D., Lavallo, G. G., y Larreteguy, A. E. (2008). Evaluación Numérica de Diseños de Cortavientos para Torres de Explotación Petrolífera. *Mecánica Computacional*, (46), 3495-3519.

- [29] Pourteimouri, P., Campmans, G., Wijnberg, K., y Hulscher, S. (2020). The impact of buildings' characteristics on airflow patterns and bed morphology at beaches, using cfd modelling. Coastal Engineering Proceedings, (36v), 4-4.
- [30] Ricci, A. (2017). Wind flow modeling in urban areas through experimental and numerical techniques. Technische.
- [31] Sherman, D. (2020). Understanding wind-blown sand: Six vexations, Geomorphology, Volume 366, 2020, 107193, ISSN 0169-555X, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107193>.
- [32] Tsoar, H. (1994). Bagnold, R.A. 1941: The physics of blown sand and desert dunes. London: Methuen. Progress in Physical Geography - PROG PHYS GEOG. 18. 91-96. 10.1177/030913339401800105.
- [33] Wang, Y., Zhang, J., Dun, H., y Huang, N. (2023). Numerical Investigation on Impact Erosion of Aeolian Sand Saltation in Gobi. Atmosphere, 14(2),p5 -19.
- [34] Webb, N. P., Kachergis, E., Miller, S. W., McCord, S. E., Bestelmeyer, B. T., Brown, J. R., ... y Zwicke, G. (2020). Indicators and benchmarks for wind erosion monitoring, assessment and management. Ecological Indicators, 110, 105881.
- [35] Yang, F., Yang, X., Huo, W., Ali, M., Zheng, X. Zhou, C., He, Q. (2017). A continuously weighing, high frequency sand trap: Wind tunnel and field evaluations, Geomorphology, Volume 293, Part A, 2017, Pages 84-92, ISSN 0169-555X, <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.04.008>.
- [36] Zhang, Y Cardiff, P y Keenahan, J. (2020). A Numerical Study of the Effect of Wind Barriers on Traffic and the Bridge Deck. In The Civil Engineering Research Association of Ireland, Cork, Ireland, 27-28 August 2020. Civil Engineering Research Association of Ireland.
- [37] Zhou, X., Zu, G., Gu, M., y Hu, J. (2018). LES and wind tunnel test on friction velocity on roof surfaces. Cold Regions Science and Technology, 151, 109-118.

Estudio de procesos moleculares en nanopartículas: aplicaciones climáticas

Pérez, Raúl¹; Huespe, Josefina¹; Durán, Tatiana¹; Frassinelli, Mercedes¹; Martínez Manno, Juan Pablo¹; Paula Acosta¹; Dematte, Rodolfo²

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Grupo de Estudios en Matemáticas y Física: IEMI

²Instituto de Energías Naturales Renovables. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. UNLaR

josefina.huespe@gmail.com

Resumen

Se presenta un estudio, destinado a investigar interdisciplinariamente desde la matemática, la física y la química la influencia del sustrato de adsorción y desorción para determinadas dinámicas centrado en la Ag como elemento químico principal junto al I (Agl). Se siembran las nubes para evitar grandes granizadas sobre cultivos que en la provincia (Mendoza, Argentina) causan grandes pérdidas económicas en las cosechas e impactan negativamente en la macro y micro economía.

Además el estudio de la Ag cobra importancia sobre todo en cuanto a la manipulación climática se refiere, una de las técnicas es el sembrado de nubes utilizando el yoduro de plata (Agl); este método consiste en liberar, durante el proceso de desarrollo de una nube o tormenta, el agente químico. De este modo las partículas de yoduro de plata actúan como núcleos de condensación pues su estructura cristalina es similar a la del hielo atrayendo hacia su superficie las gotículas de agua presentes en la atmósfera. Cuando se juntan las suficientes, debido al peso, precipitan forzando la lluvia y evitando la formación del granizo.

Palabras clave: procesos moleculares, nanopartículas, atmósfera y siembra de nubes

Abstract

This is a study within the framework of an interdisciplinary Mathematical, Physical and Chemical investigation of the influence of the adsorption and desorption substratum for specific dynamics focused in Ag as the principal chemical element with the I (Agl). Clouds are sown to avoid big hailstorms on cultivated croplands that in our province Mendoza, Argentina cause great economical losses and have a negative impact in the macro and micro economy.

The study of Ag is also especially important regarding weather manipulation because one of the used techniques is cloud seeding using silver iodide (AgI). This method consists of releasing the chemical agent during the storm or cloud formation. This way the silver iodide particles act as condensation nucleus because their crystal structure is similar to the ice attracting water droplets present in the atmosphere to their surfaces. When enough of them join on a condensation nucleus, due to weight they fall, causing the rainfall and avoiding hail formation.

Keywords: molecular processes, nanoparticles, atmosphere and cloud seeding

Introducción

En los últimos años, el avance de las técnicas computacionales permitió investigar diferentes procesos físicos en medios permeables a la escala de poros, a través de simulaciones numéricas. En general estas simulaciones consideran medios porosos sintéticos formados por granos regulares y dispuestos en diferentes configuraciones geométricas.

A partir de las distintas configuraciones y a través de modelos computacionales, es posible imitar los patrones de flujo que existen en medios permeables reales y simular procesos de transporte que ocurren a la escala de poros. A pesar de los avances recientes en este tipo de estudios, existen pocos resultados que permitan determinar la influencia de la estructura del medio poroso sobre los procesos de flujo y transporte.

Los medios porosos desempeñan un papel fundamental en diferentes aplicaciones tecnológicas, como adsorbentes, catalizadores, filtros y tamices, en procesos de separación de tipo fisicoquímico. La característica fundamental de estos materiales es su singular estructura, la cual consiste en poros de diferente geometría dispersos en una matriz sólida.

Grandes avances se han logrado en cuanto a sus aplicaciones y en el campo del diseño de sus estructuras, puesto que actualmente existen técnicas científicas novedosas que permiten controlar las porosidades, conectividades, áreas superficiales y tamaños de poros, podría decirse que hoy en día, es posible sintetizar un medio poroso a la medida de las necesidades.

El método estocástico de Monte Carlo (MC) se aplica para resolver ecuaciones diferenciales parciales que tienen condiciones de contorno abiertas, es decir, ecuaciones cuyo dominio de solución es infinito. La aplicación de este método a la ecuación de Laplace y a la ecuación de difusión, las cuales modelan fenómenos estacionarios y fenómenos de evolución temporal respectivamente, que son de mucho interés en la física.

Una de las ventajas fundamentales de este modelado, es la posibilidad de estudiar un dado proceso de interés de manera aislada, es decir discriminando efectos secundarios, y de este modo facilitar el análisis y la interpretación de los resultados en sistemas complejos.

En este contexto, en las últimas décadas se han empleado diversas estrategias en lo que concierne a este tipo de modelado atomístico de procesos de difusión superficial (Khosravian et al, 2018; Hatami et al, 2020; Nazari, 2020; Pazirotfeh et al, 2019)

En estos modelos el rol de la cinética molecular no es secundario y de hecho juega un papel preponderante (citarme a mí misma) en general se basan en la elección de un átomo (partícula), que luego de depositarse de manera aleatoria sobre la superficie de cierto sustrato supuesto, tiene tres opciones de movimiento: permanecer en el lugar, desplazarse a la derecha o a la izquierda, dependiendo del potencial energético con la superficie.

Las simulaciones atomísticas permiten examinar estas dinámicas y los mecánicos interfaciales que se producen, siendo capaz de suministrar información detallada de los modelos simulados. Monte Carlo (MC) y Dinámica Molecular (MD) son las técnicas más utilizadas debido a que permiten predecir las interacciones de surfactantes en la interfaz y evaluar su potencial (Huespe et al, 2018; Li et al, 2006; Zhu et al, 2011)

Estos modelos, resultan relativamente económicos desde el punto de vista del cálculo computacional, lo cual permite realizar simulaciones con un gran número de átomos y con un elevado número de iteraciones.

Con la Simulación de Monte Carlo se estudia la difusión superficial de un trazador sobre un sustrato que presenta heterogeneidad energética y geométrica. En el contexto del modelo de gas de red (KLGM), el proceso difusivo de la partícula trazadora ocurre vía transiciones activadas a sitios primeros vecinos sobre una red bidimensional de sitios adsorptivos. La topografía energética es construida en el marco del modelo dual sitio-enlace. Este modelo permite construir sustratos energética y geoméricamente desordenados de coordinación no-uniforme y con cierto grado de correlación energética superficial.

La difusión superficial es un mecanismo fundamental para que la fase absorbida alcance el equilibrio termodinámico las dificultades que involucra la determinación experimental de los coeficientes de difusión ha promovido el desarrollo de un análisis minucioso del problema, no solo desde el punto de vista teórico sino también a partir de la implementación de técnicas computacionales.

Los efectos de interacciones laterales, diferentes mecanismos de salto, y heterogeneidad energética de sitios adsorptivos, han sido profusamente estudiados (Huespe et al 2017) sin embargo la difusión sobre redes espacialmente desordenadas ha recibido menos atención.

Una descripción apropiada para el medio heterogéneo debería considerar la definición de dos tipos de elementos topológicos relevantes (sitios adsorptivos y puntos de silla del potencial adsorptivo continuo) y tener en cuenta tres características principales como la heterogeneidad energética, las correlaciones espaciales y la conectividad no uniforme.

En las últimas décadas, se ha desarrollado fuertemente el modelado a nivel atómico de diferentes procesos, en particular, el de transporte de materia por difusión superficial. Esto se debió en parte al hecho de ser cada vez más fácil el acceso a computadoras de gran poder de cálculo y bajo costo computacional y también al progreso en las técnicas experimentales (principalmente gracias al desarrollo del microscopio de efecto túnel), que han permitido comprender diversos mecanismos que ocurren sobre superficies, aún a escala atómica.

En este contexto, los objetivos principales de esta investigación son la investigación es estudiar la influencia de las configuraciones geométricas y estudiar entonces la influencia de las correlaciones energéticas y el grado de desorden espacial sobre la difusión de una partícula, mediante MC, observando además como el desorden superficial afecta la dinámica del sustrato.

Materiales y métodos

Los fundamentos y aplicaciones del método de MC han sido extensivamente estudiados y publicados (Ree, 1966; Kilpatrick, 1949).

Para el estudio propuesto se considerarán condiciones de borde periódicas, en una asamblea Gran Canónica con determinados parámetros como la temperatura y el potencial químico fijos.

Se determinarán también valores fijos para el número de partículas que conforman el sustrato y los modelos se estudiarán variando la cobertura de las partículas que difunden.

Se podrán variar en el modelo el cubrimiento superficial, la energía interna, las interacciones laterales atractivas y repulsivas a primeros vecinos en un Modelo de gas de red (KLGM) con un sitio por número de ocupación y termodinámicamente hablando una red $M=L \times L$ donde M son los sitios de ocupación.

En el KLGM basado en el desarrollo de la ecuación maestra; los procesos como adsorción, desorción y difusión se introducen como procesos de Markov, basados a través de probabilidades de transición, la que debe satisfacer la ecuación de principio de balance detallado (Kreuzer, 1999; Payne, 2002).

Para describir el comportamiento temporal del sistema, una función $P(n,t)$ la que da la probabilidad de que a una determinada configuración microscópica $n=\{n_1, n_2, \dots, n_M\}$ exista al tiempo t siendo M el número total de sitios de la red. Esta probabilidad debe satisfacer la ecuación maestra (ecuación n1):

$$\frac{dP(n,t)}{dt} = \sum_{n'} [W(n,n')P(n',t) - W(n',n)P(n,t)] \quad ec. 1$$

$W(n,n')$ es la probabilidad de transición de que el micro estado cambie a n' por unidad de tiempo. Esto como se mencionó anteriormente debe satisfacer el principio de balance detallado (PDB, ecuación 2).

$$W(n,n')P_0(n',t) = W(n',n)P_0(n,t) \quad ec. 2$$

P_0 es la probabilidad de equilibrio

El cubrimiento en un modelo de gas de red se define como (ecuación n3)

$$\theta_{(t)} = \langle N \rangle = M^{-1} \sum_i \sum_n n_i P(n; t) \quad ec. 3$$

Donde la primera sumatoria es sobre todos los sitios de la red.

Además, para este tipo de estudio, se emplean diferentes esquemas dinámicos que no se discutirán aquí (Huespe, et al 2017) destinados a recopilar información sobre los observables cinéticos (coeficiente de sticking, isothermas, espectros de desorción térmica programada: DTP) de las superficies que reportan sobre el comportamiento de las mismas y su reacción con otras partículas.

Resultados

A partir de estas teorías pueden obtenerse observables tales como espectros de desorción programada (TPD) que son preponderantes en el estudio del comportamiento cinético y dinámico de sustancias químicas tales como Ag que es de alto costo para la climatología, por ejemplo, cuanto más acabado sea su comportamiento cinético más eficiente serán las aplicaciones de la misma en diferentes campos tales como la siembra de las nubes.

A partir de las simulaciones se demostró, la influencia del sistema cinético empleado en el estudio de estos observables tales como desorción térmica programada para el sustrato Ag con un arreglo hexagonal. (ver figura 1)

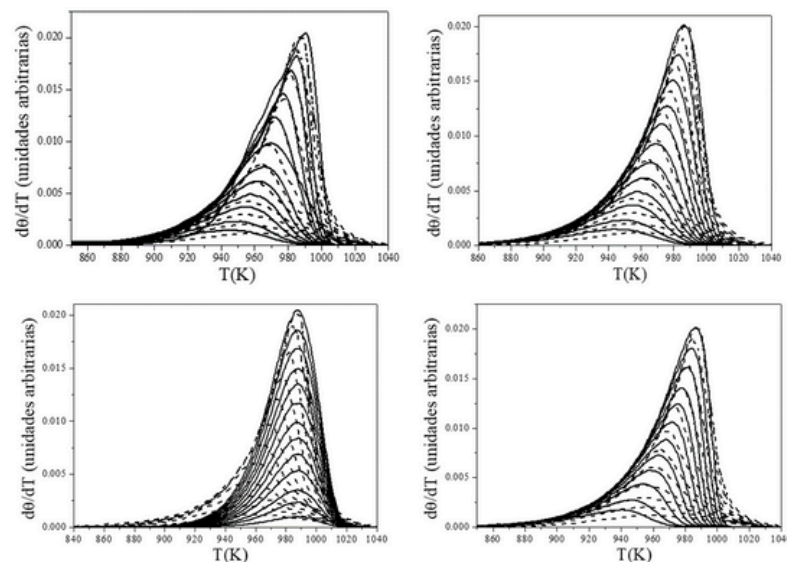


Figura 1. Comparación de esquemas de DPT experimentales (línea de puntos) vs teóricos con MC (línea continua) Para diferentes esquemas de cinéticos: TST, Soft Glauber, Cinética de Interacción e Ising. (de izquierda a derecha, arriba abajo)

Discusión

Los medios porosos desempeñan un papel fundamental en diferentes aplicaciones tecnológicas, como adsorbentes, catalizadores, filtros y tamices, en procesos de separación de tipo fisicoquímico. La característica fundamental de estos materiales es su singular estructura, la cual consiste en poros de diferente geometría dispersos en una matriz sólida.

Grandes avances se han logrado en cuanto a sus aplicaciones y en el campo del diseño de sus estructuras, puesto que actualmente existen técnicas científicas novedosas que permiten controlar las porosidades, conectividades, áreas superficiales y tamaños de poros, podría decirse que hoy en día, es posible sintetizar un medio poroso a la medida de las necesidades.

Por todo lo expuesto anteriormente es importante aportar al entendimiento de los mecanismos y procesos fisicoquímicos que se efectúan dentro de los sólidos porosos. Actualmente un problema abierto, resulta ser la adecuada caracterización y descripción de la estructura de estos materiales, esto es un aspecto clave para entender y predecir las aplicaciones de estos materiales en diferentes procesos.

Es importante el desarrollo de modelos que describen a plena satisfacción la complicada estructura de estos materiales. Un modelo correcto debería considerar las características topológicas esenciales del material en cuestión, como pueden ser: el tamaño y la forma geométrica de los poros, sus conectividades, la rugosidad y su forma de estructurarse, etc. Con el cuál poder comprender acabadamente los diferentes fenómenos de tipo fisicoquímico que ocurren en el interior de los medios porosos, lo cual es un objetivo crucial en la ciencia para entender a estos materiales de bajo costo como por ejemplo Carbón activado para mejorar la eficiencia y bajar el costo considerablemente de las bengalas que se utilizan para la lucha antigranizo. Por ello, a partir de estos resultados parciales se espera ampliar el estudio a ciertos efectos cuánticos, como la barrera de potencial o el efecto túnel y comparar con otros simuladores (de código abierto) el efecto de las configuraciones en los campos de velocidad simulados y en las propiedades macroscópicas de transporte de calor para medios porosos saturados bidimensionales (2D).

Referencias bibliográficas

[1] Hatami, A., Salahshoori, I., Rashidi, N., Nasirian, D. (2020) The effect of ZIF-90 particle in Pebax/Psf composite membrane on the transport properties of CO, CH₄ and N₂ gases by Molecular Dynamics Simulation method. Chinese Journal of Chemical Engineering, Volume 28, 2020

- [2] Huespe, J. Belardinelli, R. Pereyra, V. Manzi, S. Comparison between different adsorption–desorption kinetics schemes in two dimensional lattice gas, *Physica A* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2017.06.028>
- [3] Huespe, Josefina (2018). The impact of kinetic observables: sticking coefficient and thermal programmed desorption spectra on dynamic schemes in two dimensional lattice gas. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 41(160):298-305, julio-septiembre de 2017 doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.505>
- [4] Huespe, Josefina. (2017). The impact of kinetic observables: sticking coefficient and thermal programmed desorption spectra on dynamic schemes in two dimensional lattice gas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(160), 298-305. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.505>
- [5] Khosravanian, A., Dehghani, M., Pazirofteh, M., Morteza Asghari, Mohammadi, A. H., Davood S. (2018). Grand canonical Monte Carlo and molecular dynamics simulations of the structural properties, diffusion and adsorption of hydrogen molecules through poly(benzimidazoles)/nanoparticle oxides composites, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 43, Issue 5, 2018, Pages 2803-2816, ISSN 0360-3199. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.12.122>.
- [6] Kilkpatrick, J.E., Pltzer, K.S. (1949). *J. Chem. Phys.* 17: 1064.
- [7] Kreuzer, H.J., Payne, S.H. (1999). *Computational Methods in Colloid and Interface Science* Dekker, New York
- [8] Li, Y., Xu, G., Chen, Y., Luan, Y. y Yuan, S. (2006) «Computer simulations of surfactants and surfactant/polymer assemblies,» Elsevier B.V., vol. 36, nº 4, p. 386–396, 2006
- [9] Nazari, M., Alavi S.(2020). An investigation of the simultaneous presence of Cu and Zn in different Ni/Al₂ O₃ catalyst loads using Taguchi design of experiment in steam reforming of methane. *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 45, 2020
- [10] Payne, S. H., Kreuzer, H. J., Kine, M., Denecke, R., and Steinrück, H. P. (2002). *Surf. Sci.* 513: 174.

[11] Pazirofteh M., Abdolmajidi M., Samipoorgiri M., Dehghani M., Mohammadi A. H. (2019) Separation and transport specification of a novel PEBA-1074/PEG-400/TiO₂ nanocomposite membrane for light gas separation: Molecular simulation Study Journal of Molecular Liquids, Volume 291, 2019

[12] Ree, F.H., Chesnut, D. A. (1966). J Chem Phys 45: 3983-4003.

[13] Zhu, W., Romanski, F. S., Meng, X., Mitra, S. y Tomassone, M. S. (2011) Atomistic simulation study of surfactant and polymer interactions on the surface of a fenofibrate crystal Elsevier, vol. 42, nº 5, pp. 452-461, 2011.

Review de aplicaciones/paquetes de simulación aplicados a fenómenos fisicoquímicos tales como la lluvia ácida y la nucleación de nubes

Pérez, Raúl¹; Huespe, Josefina¹; Dematte, Rodolfo²; Durán, Tatiana¹; Frassinelli Mercedes¹; Martínez Manno, Juan Pablo¹; Acosta Paula¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Grupo de Estudios en Matemáticas y Física: IEMI

²Instituto de Energías Naturales Renovables. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. UNLaR

josefina.huespe@gmail.com

Resumen

En el marco del proyecto de investigación “Estudio de Procesos Moleculares en Nanopartículas: impacto de las condiciones de topología de red en la difusión molecular” se presenta el siguiente review acerca de diferentes modelos teóricos aplicados al estudio de la climatología con foco en la lluvia ácida y la nucleación de las nanopartículas en las nubes y con ello demostrar la importancia de hacer aportes a estos diferentes modelos.

Generalmente el problema de las simulaciones para estos observables radica en el modelado matemático que describe los fenómenos fisicoquímicos que se pretenden estudiar, en la interacción de las múltiples variables y en el elevado número de las mismas. Todas las condiciones otorgan a las simulaciones un alto costo de máquina. Estas ecuaciones, están representadas por una cantidad de variables tan grande que terminan complejizando los modelos de simulación y la interpretación de sus resultados.

Palabras clave: paquetes/aplicaciones de simulaciones, lluvia ácida, nucleación de nubes

Abstract

This is a review of the different theoretical models applied to the study of the climatology with focus on acid rain and its nucleation in the clouds, to show the importance of improving different models within the framework of the investigation project “Study of the molecular processes in nanoparticles: impact of the topologic grid conditions in the molecular diffusion”.

Generally, the problem of the simulations for these observables lies on the mathematical model that describes the physicochemical phenomenon to be studied, in the multiple variables interaction and the elevated number of them. All the requirements result in a simulation of high machine cost.

These equations are represented by such a big amount of variables that turn the simulation models and their interpretation into complex ones.

Keywords: simulation packages/applications, acid rain, cloud seeding

Introducción

La lluvia ácida se descubrió debido a los severos impactos dañinos ecológicos que causó en algunos países de Europa, lo que inquietó a la comunidad científica, originando múltiples investigaciones. Los efectos de la lluvia ácida son bien conocidos. Entre ellos se destacan: la acidificación del agua y por ende daños en los ecosistemas, lixiviación de los nutrientes del suelo y el deterioro de construcciones y monumentos (Figueroa y Dávila, 2004)

Además, las partículas en suspensión son uno de los contaminantes atmosféricos más importantes debido a su complejidad, variabilidad en el tiempo y propiedades fisicoquímicas. Estas propiedades tienen consecuencias importantes en el balance radiativo terrestre y por tanto en el cambio climático, en la calidad del aire, en los ecosistemas, etc (Gomez-Moreno, Artíñano, Juncal Bello et al, 2012). El tamaño de partícula también desempeña un papel crucial en las interacciones aerosol-clima, las nanopartículas dispersan más efectivamente la luz por unidad de masa que las partículas más grandes. En consecuencia, también pueden afectar el clima a través de efectos indirectos, como la alteración de las propiedades de la nube (tamaño de la gota de la nube, concentración, etcétera (Alonso Blanco, 2017; Chu, Kerminen, Bianchi et al. 2019).

En ambientes naturales, el principal mecanismo de formación de nanopartículas es la nucleación. Los eventos de nucleación también han sido identificados en diversas localizaciones urbanas, industriales, de fondo (Berland, Rose, Pey, et al 2017).

La formación de nuevas partículas ocurre bajo condiciones de atmósfera limpia, cuando la radiación solar y la concentración de H_2SO_4 son lo suficientemente altas (Cusack, Alastuey, Querol, 2013). En España, en diferentes grupos de investigación, también se ha llevado a cabo el estudio de estos procesos de formación de nuevas partículas, así como el crecimiento de éstas. Incluso se pudo comprobar que existe una correlación entre la concentración de SO_2 y el proceso de nucleación (Fernández-Camacho, Rodríguez, de la Rosa, Sánchez de la Campa, Viana, Alastuey y Querol, 2010).

Materiales y métodos

Según López, dentro de los factores que han limitado la adopción de modelos de simulación como herramientas de manejo se encuentra la necesidad de ingresar una gran cantidad de datos, los cuales son parámetros difíciles de medir o estimar, y la imprecisión en el ingreso de los mismos (López Pérez, 2019).

Los investigadores han demostrado con éxito que la integración de los modelos de simulación con bases de datos espaciales y codificación para minimizar el insumo requerido del usuario es factible para generar archivos de datos de ingreso para los modelos de simulación (Arnold y Sammons, 1988; Heatwole, 1990; Shanholtz y Zhang, 1989).

Además, diversos estudios mostraron que el uso de modelos de simulación puede estar limitado en gran medida por los requerimientos de ingreso de datos (Austin, 1986; Binger, 1990; Dingds, 1986).

Otro factor importante que limita la utilización de los modelos de simulación es la complejidad de las ecuaciones matemáticas y sus múltiples variables, lo que hace que los programas deban ser extremadamente complejos.

Por ejemplo, los programas complejos que se usan para estudiar la predicción de la erosión por causa de la lluvia ácida pueden proporcionar una cantidad abrumadora de datos para ser analizados aún en una microcuenca. Un análisis completo de la simulación resultante puede requerir mucho tiempo en el caso de una cuenca no homogénea, con una pluviosidad no uniforme.

El uso de gráficos para visualizar la variación espacial y temporal de los datos incrementa más aún la complejidad del manejo de los datos de las ecuaciones, aunque aportan gran información al momento de tomar decisiones apropiadas sobre el comportamiento de un sistema (Shoup y Becker ,1985; Lu, Hung Fung y Wu, 2015)

Entre los modelos empleados y más difundidos en el área encontramos los descritos a continuación.

Sistema WRF-SMOKE-CMAQ

Ampliamente usado para simular la deposición húmeda de sustancias ácidas tales como SO₄ y NO₃ el cual consta de tres módulos.

WRF: Weather Research and Forecasting Model, es un modelo meteorológico de cálculo numérico para simulación atmosférica diseñado para satisfacer las necesidades tanto de investigación como de predicción atmosféricas.

SMOKE: Sparse Matrix Operator Kernel Emissions, es un modelo de emisiones diseñado para crear emisiones por hora como input en una variedad de modelos de calidad del aire como CMAQ, REMSAD, CAMX y UAM.

CMAQ: Community Multiscale Air Quality Model, un sofisticado modelo de transporte químico de red euleriana tridimensional desarrollado por la EPA de los Estados Unidos para estudiar la contaminación del aire desde escalas locales a hemisféricas.

El inventario de emisiones de Hong Kong fue proporcionado por el Departamento de Protección Ambiental de Hong Kong. Las emisiones biogénicas fueron procesadas y mapeadas por el Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature (MEGAN versión 2.04). Todos estos inventarios de emisiones se distribuyeron espacial y temporalmente a través del sistema SMOKE versión 2.4 junto con la salida del MCIP (Meteorology-Chemistry Interface Processor). La configuración detallada del esquema del modelo se puede encontrar en el material complementario.

Para la técnica de distribución de fuentes realizaron dos estudios de caso en 2011 usando ISAM Integrated Source Apportionment Method para calcular la contribución de los grupos de fuentes relacionados al proceso de concentración y deposición de contaminantes ambientales. El ISAM puede rastrear ocho grupos de especies, pero en este trabajo solo se trabajó con sulfato y nitrato, ya que se considera que son los dos contaminantes principales en el agua de lluvia.

Los resultados del modelo concuerdan bien con los datos de observación. De acuerdo con los resultados, la deposición húmeda de sulfato y nitrato se distribuye de manera desigual en la región PRD y Guangzhou es la ciudad más afectada por la lluvia ácida (Koomsang, Chuchue y Kanabkaew, 2015).

AERMOD

AERMOD, un modelo de dispersión atmosférica es desarrollado por la Sociedad Meteorológica Estadounidense (AMS) y la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. [USEPA.2004, USEPA.2009]. El modelo está diseñado en base a la ecuación de Gauss para simular las dispersiones de contaminantes de varias fuentes contaminantes, incluidas las fuentes puntuales, de área y de volumen. Está diseñado para dispersión de corto alcance (≤ 50 km).

Sin embargo, para utilizar el AERMOD, se asume la conservación de la masa de las fuentes, lo que significa que no se produce ninguna reacción química en la simulación del modelo [USEPA.2004, USEPA.2009]. En este estudio no se consideraron los mecanismos de remoción atmosférica debido a las deposiciones húmedas y secas de NO_x y SO₂.

Hay tres tipos principales de datos de entrada para la ejecución del modelo.

Emisiones de NO_x y SO₂

Las tasas de emisión de contaminantes y los parámetros de las chimeneas se obtuvieron de la División de Edificios e Instalaciones y del Laboratorio de Ingeniería Química y de Procesos de la Universidad de Walailak.

Para el escenario más desfavorable en el análisis de la calidad del aire, el estudio consideró la operación continua del incinerador, de acuerdo con los principales supuestos del modelo AERMOD. El funcionamiento real del incinerador es de una vez por semana, ya que la cantidad de residuos generada (200 kg/semana) es aún muy inferior a la capacidad diseñada (100 kg/hora).

Datos meteorológicos de entrada por hora

Específicamente, se requieren dos tipos de datos meteorológicos para ejecutar el modelo: datos de superficie y de perfil (aire superior). Los datos de superficie consistieron en temperatura de bulbo seco, velocidad y dirección del viento, altura del techo de nubes y cobertura de nubes.

Para los datos de aire superior, se tomaron datos de aire superior de sondeo dos veces al día de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) para la estación meteorológica en Nakhon Si Thammarat.

Datos del terreno

Se obtuvieron del archivo de datos globales en ASTER GDEM. (datos disponibles en: <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp>)

MATLAB

Con MATLAB es posible realizar un modelo bidimensional para la dispersión de material particulado debido a la emisión de polvo de los suelos. En combinación con experimentos de campo realizados con un túnel de viento para diferentes velocidades y condiciones del suelo variables, y con el apoyo del Método de Monte Carlo para la distribución del tamaño de las partículas de polvo emitidas (Katra, Elperin, Fominykh, Krasovitev y Yizhaq, 2016).

El análisis numérico del modelo de transporte de polvo basado en una versión simplificada de la ecuación de advección-difusión se realizó utilizando MATLAB, cuya solución se promedió sobre el conjunto de 1000 soluciones.

Ec. de advección-difusión:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + (w - w_t) \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_{px} \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{py} \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{pz} \frac{\partial c}{\partial z} \right) + S_r + S_c$$

Ec. de advección-difusión simplificada:

$$u \frac{\partial c}{\partial x} - w_t \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{pz} \frac{\partial c}{\partial z} \right)$$

Método de Monte Carlo

Aplicado a la adsorción de moléculas de CO y N₂ por estos sistemas de agua sólida se investigó realizando simulaciones de Monte Carlo en el gran conjunto canónico (μ , V , T) (GCMC) a tres temperaturas de 50 K, 100 K y 150 K. En estas simulaciones, el número de moléculas de agua se mantuvo constante, mientras que el número de moléculas de CO y N₂ fluctuó en función del potencial químico, μ , de la fase gaseosa en contacto con la superficie sólida del agua (Patt, Simon, Salazar y Picaud, 2020).

En las moléculas se permiten movimientos de translación y rotación, además de la inserción y la eliminación del sistema. Las probabilidades de los diferentes movimientos de MC se han establecido en 10 % para traducción, 10 % para rotación, 40 % para inserción y otro 40 % para eliminación.

Köhn presentó un modelo Monte Carlo, para el estudio cinético de partículas en el crecimiento de grupos de ácido sulfúrico en 3D, así como su dependencia de la temperatura ambiente y la densidad inicial de partículas (Köhn, Bødker Enghoff y Svensmark, 2018).

Con KMC (Monte Carlo Cinético) es posible rastrear partículas individuales y, por lo tanto, capturar la física relacionada con la naturaleza discreta de las partículas.

A diferencia de los modelos anteriormente mencionados, este enfoque teórico no precisa de datos experimentales para funcionar, sino que una vez obtenidos los resultados teóricos éstos se contrastan con los experimentales.

Permite observar la distribución espacial de las partículas para diferentes densidades y temperaturas.

Atmospheric Cluster Dynamics Code (ACDC)

Se emplea para modelar la limpieza de gases de escape a baja temperatura (Olenius, Heitto, Roldin, Yli-Juuti y Duwig, 2021).

Tratando de convertir los contaminantes gaseosos SOx y NOx (que forman ácidos sulfúrico y nítrico) en material particulado utilizando amoníaco para facilitar la formación de partículas de sulfato y nitrato de amonio. Para aplicar esta idea realizaron la combinación de modelos para la nucleación, el intercambio de masa de partículas y gases y la dinámica de la población de partículas.

La nucleación inicial se simula con el Atmospheric Cluster Dynamics Code (ACDC), cuyos detalles y validación se pueden encontrar en las referencias (Olenius, Kupiainen-Maatta, Ortega, Kurtén y Vehkamäki, 2013; Almeida, Schobesberger, Kürten, Ortega, Kupiainen-Maatta y Praplan, 2013).

El ACDC resuelve la evolución temporal de las concentraciones de grupos moleculares de diferentes composiciones considerando todos los procesos dinámicos entre la población de grupos. Este conjunto de ecuaciones se escribe como:

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{1}{2} \sum_{1 \leq i} (\beta_{j,i-j} C_j C_{i-j} - \gamma_{i \rightarrow j,i-j} C_i) - \sum_j (\beta_{j,i} C_i C_j - \gamma_{i+j \rightarrow i} C_{i+j}) - S_i C_i$$

Las constantes de evaporación se obtienen a partir de las energías libres de formación de los clusters mediante el enfoque de equilibrio detallado como:

$$Y_{i \rightarrow j} = \beta_{ij} \frac{P_{ref}}{K_R T} \exp\left(\frac{\Delta G_{i+j} - \Delta G_i - \Delta G_j}{K_R T}\right)$$

Las interacciones gas-partícula para nanopartículas más grandes que los grupos cubiertos por ACDC se modelan con la dinámica de aerosoles, el modelo cinético multicapa de química de fase gaseosa y de partículas (Aerosol dynamics, gas- and particle-phase chemistry kinetic multilayer model) ADCHAM, (Roldin, Swietlicki, Schurgers, Arneth, Lehtinen, Boymet al 2011; Roldin, Eriksson, Nordin, Hermansson, Mogensen, Rusanen, et al, 2014) y el “Model for Acid–Base chemistry in NANoparticle Growth -MABNAG” (Yli-Juuti et al, 2013).

ADCHAM simula la evolución de la distribución de partículas por tamaños teniendo en cuenta los efectos simultáneos de la nucleación, la condensación y la coagulación, y se utiliza como principal herramienta de modelado junto con ACDC.

MABNAG es un modelo independiente que simula el crecimiento de condensación de una partícula de tamaño y composición determinados, y se utiliza como modelo adicional para compararlo con ADCHAM.

PMCAMx-UF: permite estudiar modelos de transporte de partículas ultrafinas y su composición se complementa con el enfoque del conjunto de bases de volatilidad (VBS) y para la simulación de aerosol orgánico (OA). Modelo que fue aplicado en Europa para cuantificar el efecto de las emisiones de vapores en concentración de número de partículas.

Se emplea para la estimación de la masa orgánica concentrada contribuyente en el crecimiento de nanopartículas en la atmósfera para explicar las tasas de crecimiento de los aerosoles atmosféricos.

Propone que la condensación puede desempeñar un papel complejo en la formación de núcleos de condensación (CCN).

Permite comparar la distribución de la concentración de partículas de base orgánica en distintos lugares de Europa mediante la predicción del modelado con las mediciones en zeppelin, aparentemente con resultados aceptables en los márgenes de error reportados por los autores (Patoulias, Fountoukis, Riipinen, Asmi, Kulmala y Pandis, 2018).

MALTE- BOX

Se emplea para el estudio de la formación de nuevas partículas (NPF) y Núcleos de condensación de nubes (CCN). Con este modelo se pueden hacer estudios para identificar la frecuencia y velocidad de la formación de nuevas partículas, las características del fenómeno,

Este modelo necesita soporte de datos experimentales tales como la distribución de tamaño de partículas de distintos diámetros cada cierto periodo de tiempo Kalivitis, Kerminen, Kouvarakis, Stavroulas, Tzitzikalaki, Kalkavouras, Daskalakis, et al. 2019).

Los parámetros cinéticos como la tasa de formación de nuevas partículas se determinan con el siguiente modelo matemático para lo cual las partículas no deben superar un diámetro de 25 nm (J_{Dp}) mediante tasa de crecimiento en varios rangos de crecimiento (GR) y el sumidero de condensación, el incremento en la nucleación, etc.

$$J_{Dp} = \frac{\Delta N_{Dp}}{\Delta t} + Coag S. N_{Dp} + \frac{GR}{\Delta D_p} N_{Dp} + S_{losses}$$

$$GR = \frac{dD_p}{dt}$$

TM4-ECPL

Este paquete de simulador se emplea para la simulación dinámica de aerosoles y procesos químicos que ha tenido éxito en observaciones reproducidas de formación y crecimiento de aerosoles en ambientes boreales así como también en zonas de alta polución.

Este modelo incluye otro modelo dentro que mide varios otros parámetros. Distribución de tamaños, simula la formación de partículas nuevas, coagulación, crecimiento y deposición seca de partículas, formación de clusters nuevos usando la parametrización de nucleación por activación.

Se complementa con un modelo de transporte global químico de tres dimensiones TM4-ECPL que utiliza datos experimentales.

Este modelo también es capaz de modelar tasas de nucleación en función del tiempo.

Conclusión y trabajos futuros

Como se mencionó en el resumen, las simulaciones de las ecuaciones matemáticas que representan los fenómenos fisicoquímicos para la lluvia ácida y la nucleación de nanopartículas son extremadamente complejas, y a mayor nivel de complejidad más difícil es la simulación y sus representaciones gráficas e interpretaciones ulteriores.

Por ello, la mayoría de los paquetes de simulación van acompañados de otros que dan soporte o con los datos, las variables de entrada o salida que llegan a ser tan numerosas que pueden tornar inmanejable la simulación.

Es importante el desarrollo de modelos que describen estos procesos, pero más aún los observables cinéticos. Más aún cuando se intenta pasar de 1D a 3D. Las dimensiones complejizan aún más las ecuaciones y por lo tanto sus simulaciones.

La complejidad de la representación gráfica de los datos para poder detectar estos eventos hace necesario utilizar otros programas de apoyo para visualizar los datos en tres dimensiones (tiempo, diámetro y concentración/número de partículas).

El tratamiento de dichos datos es un proceso aparte y que por lo general también hace necesario preparar la matriz de datos de tal forma que se puedan cargar en otros programas de soporte, para obtener una gráfica apropiada.

La dificultad de las ecuaciones que describen estos modelos obedece también a que los modelos de cinética atmosférica de especies químicas reactivas incorporan no solamente el transporte de dichas especies sino también sus transformaciones químicas representadas en forma de reacciones químicas que han de ser resueltas numéricamente.

El gran número de variables hace una buena simulación, pero resulta muy dificultosas las simulaciones por ello los paquetes que se mencionaron se complementan con plataformas de ingreso, el procesamiento de datos y una salida gráfica para la interpretación de los resultados.

Más allá de que en general los paquetes tienen sus módulos interconectados, esto implica que además se debe controlar cierta consistencia en los resultados que producen, así como en la carga de las variables y datos por módulo.

Agradecimientos

A la Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, por permitirnos desarrollar esta investigación.

Al grupo IEMI - Departamento de Materias Básicas, en donde desarrollamos nuestros trabajos de investigación.

Referencias bibliográficas

- [1] Almeida, J.; Schobesberger, S.; Kürten, A.; Ortega, I.K.; Kupiainen-Maatta, O.; Praplan, A.P.; et al. (2013). Molecular Understanding of Sulphuric Acid-Amine Particle Nucleation in the Atmosphere. *Nature* 2013;502(7471):359–63. <https://doi.org/10.1038/nature12663>
- [2] Alonso Blanco, E. G. (2017). Aerosol particle shrinkage event phenomenology in a South European suburban area during 2009-2015. *Atmospheric Environment*, 160, 154-164. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.04.013>
- [3] Arnold, J.G.; Sammons, N. B. (1988). Decision support system for selecting inputs to a basin scale model. *Water Resources Bulletin* Vol. 24, N° 4. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1988.tb00926.x>
- [4] Austin, T.A. (1986). Utilization of models in water resources. *Water Resources Bulletin* Vol. 22, N° 1.
- [5] Berland, K.; Rose, C.; Pey, J.; et al. (2017). Spatial extent of new particle formation events over the Mediterranean Basin from multiple ground-based and airborne measurements. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9567-9583 <https://doi.org/10.5194/acp-17-9567-2017>
- [6] Bingner, R.L. (1985). Using graphic interfaces to present the results of erosion models. *Proceedings of the ASAE/CSAE Summer Meeting*, Quebec, Canada, St. Joseph, MI. (1989)
- [7] Bingner, R. L. (1990). Comparison of the components used in several sediment yield models. *Transactions of ASAE* 33(4): 1229-1238
- [8] Chu, B.; Kerminen, V-M.; Bianchi, F.; et al. (2019). Atmospheric new particle formation in China. *Atmospheric chemistry and Physics*, 115-138. <https://doi.org/10.5194/acp-19-115-2019>

- [9] Cusack, M.; Alastuey, A.; Querol, X. (2013). Case studies of new particle formation and evaporation processes in the western Mediterranean regional background. *Atmospheric Environment*, Vol 81, 651-659, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.09.025>
- [10] Dingds, S.P. (1986). Application and modification of the agricultural nonpoint source pollution modal for the Big Stone Lake Restoration project. Report for the Upper Mianesota Riv Watershed District, 10D.
- [11] Fernández-Camacho, R.; Rodríguez, S.; de la Rosa, J.; Sánchez de la Campa, A.M.; Viana, M.; Alastuey, A.; Querol, X. (2010). Ultrafine particle formation in the inland sea breeze airflow in Southwest Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol 10, 9615-9630 <https://doi.org/10.5194/acp-10-9615-2010>
- [12] Figueruelo, J. E.; Dávila, M. M. (2004). *Química Física del Ambiente y de los procesos ambientales*. Ed. Reverté, Barcelona, España.
- [13] Gomez-Moreno, F.; Artíñano, B.; Juncal Bello, V.; et al (2012). Calibration and intercomparison results in the Spanish Network on Environmental. Congreso European Aerosol Conference (EAC). Granada, España.
- [14] Heatwole, C. D. (1990). Knowledge-based interface for improved use of models as management tools. Presented in ASAE 1990 International winter meeting, Paper No. 90-2642, ASAE, St. Joseph, MI.
- [15] Kalivitis, N.; Kerminen, V.; Kouvarakis, G.; Stavroulas, I.; Tzitzikalaki, E.; Kalkavouras, P.; Daskalakis, N.; et al. (2019). Formation and growth of atmospheric nanoparticles in the eastern Mediterranean: results from long-term measurements and process simulations. *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 2671–2686 <https://doi.org/10.5194/acp-19-2671-2019> .
- [16] Katra, I.; Elperin, T.; Fominykh, A.; Krasovitev, B.; Yizhaq, H. (2016). Modeling of particulate matter transport in the atmospheric boundary layer following dust emission from source areas. *Aeolian Research*. Vol. 20. 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2015.12.004>
- [17] Köhn C.; Bødker Enghoff, M.; Svensmark, H. (2018). A 3D particle Monte Carlo approach to studying nucleation. *Journal of Computational Physics* , Vol. 363 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.02.032>

- [18] Koomsang, R.; Chuchue, S.; Kanabkaew, T. (2015). Applications of Atmospheric Dispersion Model for Air Quality Assessment of NO_x and SO₂ from Waste Incinerator. *Environment and Natural Resources Journal*, Vol. 13. 21-27. doi: 10.14456/enrj.2015.6
- [19] López Pérez, F. J. (2019). Search for a simple tool for the detection of nucleation. Search for a simple tool for the detection of nucleation. Brasil: Universidade Da Coruña.
- [20] Lu, X.; Hung Fung, J.C.; Wu, D. (2015). Modeling wet deposition of acid substances over the PRD region in China. *Atmospheric Environment*, Vol. 122, 819-828, ISSN 1352-2310. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.09.035>
- [21] Olenius T.; Kupiainen-Maatta, O.; Ortega, I.K.; Kurtén, T.; Vehkamäki, H. (2013) Free Energy Barrier in the Growth of Sulfuric Acid-Ammonia and Sulfuric Acid-Dimethylamine Clusters. *Journal of Chemical Physics*, 139(8):084312. <https://doi.org/10.1063/1.4819024>
- [22] Olenius, T.; Heitto, A.; Roldin, P.; Yli-Juuti, T.; Duwig, C. (2021), Modeling of exhaust gas cleaning by acid pollutant conversion to aerosol particles. *Fuel*, Vol. 290, 120044, ISSN 0016-2361. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.120044>
- [23] Patoulias, D.; Fountoukis, C.; Riipinen, I.; Asmi, A.; Kulmala, M.; Pandis, S.N. (2018) Simulation of the size-composition distribution of atmospheric nanoparticles over Europe. *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 13639–13654 <https://doi.org/10.5194/acp-18-13639-2018>
- [24] Patt, A.; Simon, J.M.; Salazar, J. M.; Picaud, S. (2020). Adsorption of CO and N₂ molecules at the surface of solid water. A grand canonical Monte Carlo study. *Journal of Chemical Physics*. 153, 204502 <https://doi.org/10.1063/5.0031254>
- [25] Roldin, P.; Eriksson, A.C.; Nordin, E.Z.; Hermansson, E.; Mogensen, D.; Rusanen, A.; et al. (2014). Modelling Non-Equilibrium Secondary Organic Aerosol Formation and Evaporation with the Aerosol Dynamics, Gas- and Particle-Phase Chemistry Kinetic Multilayer Model ADCHAM. *Atmospheric Chem Phys*;14(15):7953–93 <https://doi.org/10.5194/acp-14-7953-2014>

- [26] Roldin, P.; Swietlicki, E.; Schurgers, G.; Arneth, A.; Lehtinen, K.E.J.; Boy, M.; et al. (2011). Development and Evaluation of the Aerosol Dynamics and Gas Phase Chemistry Model ADCHEM. *Atmospheric Chem Phys*, 11(12):5867–96. <https://doi.org/10.5194/acp-11-5867-2011>
- [27] Shanholtz, V. O.; Zhang, N. (1989). GIS/Hydrologic modal interface for local planning jurisdictions. Paper No. 89-2652. ASAE, St. Joseph, MI.
- [28] Shoup, W.D.; Becker, W.J. (1985). Computer graphic animation for instruction of hand signal communication. *Applied Engineering in Agriculture*. 1(1): 3-5.
- [29] Yli-Juuti, T.; Barsanti, K.; Hildebrandt Ruiz, L.; Kieloaho, A.J.; Makkonen, U.; Petäjä, T.; Ruuskanen, T.; Kulmala, M.; Riipinen, I. (2013). Model for acid-base chemistry in nanoparticle growth (MABNAG). *Atmos. Chem. Phys.*, Vol. 13, 12507–12524, <https://doi.org/10.5194/acp-13-12507-2013>

Investigación de sustitutos del Yoduro de Plata para la siembra de nubes en operaciones de modificaciones artificiales benéficas de las precipitaciones

Pérez, Raúl¹; Mannl, Rocío¹; Robles, Noelia¹; Huespe, Josefina; Durán, Tatiana¹; Dematte, Rodolfo²; Frassinelli, Mercedes¹; Martínez Manno, Juan Pablo¹ y Acosta, Paula¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Grupo de Estudios en Matemáticas y Física: IEMI

²Instituto de Energías Naturales Renovables. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. UNLaR

josefina.huespe@gmail.com

Resumen

El presente trabajo de investigación se enmarca en la necesidad de explorar alternativas más seguras, accesibles y ambientalmente responsables en el campo de la modificación artificial del clima. Tradicionalmente, los procesos de “siembra de nubes” se han basado en el uso de yoduro de plata como agente higroscópico y núcleo de condensación, permitiendo inducir o potenciar la formación de precipitaciones. Sin embargo, su utilización presenta limitaciones vinculadas al elevado costo, la disponibilidad restringida y las posibles consecuencias ambientales derivadas de su acumulación en los ecosistemas. Ante este contexto, el objetivo principal de la investigación es identificar un agente higroscópico alternativo que pueda actuar como sustituto eficaz del yoduro de plata. Para ello, se desarrolló y construyó una “cámara de nubes” experimental a escala de laboratorio, utilizando materiales accesibles y técnicas reproducibles en el ámbito académico. Este dispositivo constituye un espacio controlado que permite simular condiciones de saturación y condensación del vapor de agua, posibilitando así la evaluación del comportamiento de distintos compuestos en su rol de núcleos de condensación. La implementación de la cámara no solo permitió establecer una metodología de ensayo preliminar, sino también sentar las bases para la selección de sustancias candidatas a futuras pruebas. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan a generar alternativas innovadoras, de menor impacto ambiental y con mayor viabilidad económica para la práctica de siembra de nubes. De este modo, la investigación busca aportar conocimientos relevantes tanto al ámbito científico como a las políticas de gestión hídrica en regiones con estrés de precipitaciones.

Palabras clave: nubes, siembra de nubes, modificación artificial del clima, precipitaciones

Abstract

This research project addresses the need to explore safer, more accessible, and environmentally responsible alternatives in the field of artificial climate modification. Traditionally, cloud seeding processes have relied on the use of silver iodide as a hygroscopic agent and condensation nucleus, allowing precipitation to be induced or enhanced. However, its use has limitations related to high cost, restricted availability, and possible environmental consequences resulting from its accumulation in ecosystems. Given this context, the main objective of the research is to identify an alternative hygroscopic agent that can act as an effective substitute for silver iodide. To this end, an experimental “cloud chamber” was developed and built on a laboratory scale, using materials and techniques that are accessible and reproducible in an academic setting. This device is a controlled space that allows the simulation of water vapor saturation and condensation conditions, thus enabling the evaluation of the behavior of different compounds in their role as condensation nuclei. The implementation of the chamber not only allowed for the establishment of a preliminary testing methodology, but also laid the groundwork for the selection of candidate substances for future testing. The results obtained are expected to contribute to generating innovative alternatives for cloud seeding that have a lower environmental impact and greater economic viability. In this way, the research seeks to contribute relevant knowledge to both the scientific field and water management policies in regions experiencing precipitation stress.

Keywords: clouds, cloud seeding, artificial weather modification, precipitation

Introducción

La siembra de nubes parece sacada de una utopía, pero la modificación del clima a microescala está al alcance de la humanidad y de hecho se practica actualmente en varios lugares del mundo. En Estados Unidos se utiliza para aumentar las nevadas, en China, para aumentar o reducir las lluvias, en Alemania o España, para suprimir el granizo. En Mendoza, Argentina cada vez que se forman nubes de granizo se escucha como los aviones siembran las celdas de nubes con yoduro de plata a través de bengalas colocadas en sus alas.

La modificación artificial del clima es posible gracias al estudio de la microfísica de nubes, entre otras cosas. Para que una nube se forme deben existir condiciones climáticas específicas y complejas que se reducen a la inestabilidad atmosférica de ese preciso momento. En ese instante, uno de los factores que determina si precipitará, ya sea lluvia, nieve, granizo, etc., es la concentración de partículas que actúan como núcleos de condensación dentro de la nube (Houze, 2014). Si imaginamos un espacio del tamaño de una habitación, con las condiciones atmosféricas, por ejemplo, la mitad de la presión al nivel del mar que serían 0,5 atmósferas y con 10 grados bajo cero, se puede recrear lo que se denomina una cámara experimental de nubes.

Si se propaga en ese mismo espacio cierta cantidad de partículas con determinadas características de tamaño, porosidad y otros factores físico-químicos, el vapor de agua de las nubes se empieza a condensar sobre estos núcleos sembrados de la misma forma que el vapor de agua se condensa en sobre un espejo.

De esta forma, se van formando las gotas de agua, de nieve o granizo según las características de la atmósfera. Entonces, si existen más núcleos en ese mismo espacio, más gotas van a crecer. Si esas gotas se transforman en granizo, por la altitud, por el tipo de nube o por la humedad existentes, entonces es mejor, tener más núcleos para que el granizo sea pequeño y durante su caída se derrita, a que al existir pocas partículas sobre la cual se nuclea el hielo, el vapor se vaya condensando y helando cíclicamente hasta que tenga el tamaño de una naranja, caiga y destruya todo a su paso. Polvo, polen, partículas orgánicas o incluso las partículas de contaminación pueden ser superficies sobre la cual se nuclea el vapor de agua, pero basta cantidad estudios muestran los pobres porcentajes de eficiencia (Fukuta, 1966). El yoduro de plata, que es el compuesto más utilizado por tener características eficientes, es antieconómico y hay numerosos estudios que analizan la absorción de la plata en el medio ambiente sobre el cual sea utilizado.

El vapor de agua asciende con el aire de la atmósfera debido a las diferencias de presión en el aire, a las corrientes convectivas y otros factores. A partir de ese momento, el proceso varía en función a las condiciones termodinámicas atmosféricas presentes y se generarán distintos tipos de precipitación de acuerdo con esta situación. El vapor de agua se condensará si existen los llamados núcleos de condensación o aerosoles. Cuyo término es fundamental en esta investigación.

La presencia de núcleos de condensación en la atmósfera es muy importante en la formación de nubes; son partículas microscópicas que facilitan la formación de las gotas que luego por distintos procesos se convertirán en lluvia, nieve o granizo. Pueden ser partículas de polvo, sal marina, emisiones antropogénicas, y en menor medida, polen, y otros compuestos biológicos.

Sin núcleos de condensación presentes, agregar humedad al aire no producirá condensación. Eventualmente, se producirá condensación espontánea cuando la cantidad de humedad sea extremadamente alta con una humedad relativa mucho más alta que el 100%.

Los núcleos higroscópicos atraen moléculas de vapor de agua. Estos son importantes porque permiten que las gotas crezcan por condensación y deposición a una humedad relativa inferior al 100%. Hay núcleos mucho más pequeños en la atmósfera, llamados Núcleos de Aitken, pero la importancia de esos núcleos, en pocas palabras, consiste en proporcionar abundantes centros de condensación de tienen velocidades de sedimentación insignificantes y que requieren bajas sobresaturaciones de vapor de agua, alrededor de 2% como máximo, para promover una transición de fase vapor-líquido. Las sobresaturaciones requeridas son considerablemente más altas en iones pequeños o para la nucleación homogénea, y de ocurrencia práctica de esos dos últimos procesos, en la atmósfera, muy poco probable (Mason, 1957, Zettlemoyer, 1969).

Las sustancias más comunes utilizadas para la siembra de nubes son el yoduro de plata y el hielo seco (dióxido de carbono congelado). La expansión de propano líquido en gas también se ha utilizado y puede producir cristales de hielo a temperaturas más cálidas que el yoduro de plata.

El material higroscópico más comúnmente utilizado es la sal. Se ha postulado que la siembra higroscópica hace que el espectro de tamaño de las gotas en las nubes sea más marítimo (gotas más grandes) y menos continental, estimulando la lluvia a través de la coalescencia. La introducción de una sustancia como el yoduro de plata, que tiene una estructura cristalina similar a la del hielo, induce la congelación a través de la nucleación de cristales de hielo.

El hielo seco o propano al expandirse enfrían el aire hasta tal punto que los cristales de hielo se nuclean espontáneamente desde la fase de vapor. Por lo tanto, a diferencia de la siembra con yoduro de plata, esta nucleación no requiere de gotas o partículas existentes, ya que se produce una muy alta sobresaturación cerca de la sustancia de la siembra. Sin embargo, las gotas de agua existentes son necesarias para que los cristales de hielo se conviertan en partículas suficientemente grandes como para generar precipitaciones.

En latitudes medias, la estrategia se ha basado en el hecho de que la presión de vapor de equilibrio es menor sobre el hielo que sobre el agua. Cuando las partículas de hielo se forman en nubes sobreenfriadas, pueden crecer a expensas de las gotas de líquido. Si hay crecimiento suficiente, las partículas se vuelven lo suficientemente pesadas como para caer en forma de nieve (o, si se fusionan, en forma de lluvia).

De otro modo no producen precipitación. Este proceso se conoce como “siembra estática”. Los productos químicos pueden ser dispersados por las aeronaves o por dispositivos de dispersión desde el suelo. Las propiedades de formación de núcleos de hielo de los minerales arcillosos se han investigado en relación con su forma cristalina y estructuras superficiales. Los minerales de caolín, las ilitas y la haloisita son los más efectivos e importantes, sus temperaturas umbral para la formación de núcleos de hielo entre $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las contribuciones relativas que los diversos que los minerales arcillosos pueden aportar al contenido de núcleo de hielo de la atmósfera se analizan en relación con su abundancia natural, dispersión por el viento y tamaño de partícula. La caolinita se considera la más importante fuente de núcleos altamente eficientes en la confirmación de los resultados obtenidos en estudios experimentales (Mason, 1970).

A la luz de su abundancia natural, estas partículas minerales arcillosas activas probablemente constituyen solo una pequeña proporción de aerosoles atmosféricos; esto explicaría las bajas concentraciones de núcleos de hielo efectivos y la prevalencia de nubes sobreenfriadas.

Los núcleos de hielo también están fuertemente respaldados por los últimos resultados de la escuela japonesa que informan que de las partículas extrañas que se encuentran en el centro de los cristales de nieve, el 90 por ciento se han identificado como partículas del suelo, el 75 por ciento de las cuales son partículas de arcilla, muy probablemente caolinita (Isono y Ikebe, 1970).

Estudios del pasado reportaron información sobre la capacidad de nucleación de hielo de 30 polvos minerales naturales y se encontró, que 21 de ellos, principalmente minerales de silicato de los grupos de arcilla y mica, podan ser efectivos en la producción de cristales de hielo cuando se introducen en una nube sobreenfriada a temperaturas superiores a -18°C . Ocho sustancias mostraron este nivel de actividad por encima de los -10°C , siendo la más abundante de ellas la caolinita con umbral de temperatura de -9°C (Isono y Ikebe, 1970).

Materiales y métodos

El procedimiento de laboratorio fue el diseño del dispositivo de “Simulación de una cámara de condensación” el cual se compone de un matraz Kitasato en baño de hielo conectado a una bomba de vacío. Conectado a la boquilla del matraz, se provee de una unión de manguera de PVC la cual proviene de otro matraz o recipiente con el cual se obtiene vapor mediante un mechero de Bunsen y trípode.

Al matraz Kitasato se le debe sumar un termómetro y un barómetro para de esta forma, ir modificando los valores de temperatura y presión, respectivamente. Se utilizan compuestos que han tenido una relevancia en el análisis de nucleación homogénea y heterogénea.

Objetivos

- Buscar un agente higroscópico capaz de actuar como núcleo de condensación y que reemplace AgI en la siembra de nubes.
- Diseñar un dispositivo que simule las condiciones de presión, temperatura y humedades relativas que se presentan en la atmósfera.
- Analizar el comportamiento de distintos compuestos como núcleos de condensación.
- Comparar dichos compuestos con el comportamiento del AgI.
- Comparar parámetros como tamaño, concentración, pureza, porosidad de los diferentes agentes, con los cuales se obtengan resultados beneficiosos.
- Medir, analizar y comparar temperaturas, presiones y humedades relativas a lo largo de la experiencia.

Insumos necesarios

Compuestos:

- Yoduro de plata
- Cloruro de calcio
- Mica
- Feldespato
- Caolinita
- Hielo seco
- Sal de mesa
- Agua

Equipos de laboratorio:

- Matraz Kitasato
- Baño de hielo
- Bomba de vacío
- Termómetro
- Barómetro
- Vidrios de reloj
- Balanza
- Mechero de Bunsen
- Matraz o Erlenmeyer

Procedimiento

1. Pesar en un vidrio de reloj, 5 g de cada componente a probar.
2. Preparar el baño de hielo y colocar el matraz Kitasato que a su vez debe estar conectado a una bomba de vacío para lograr presiones menores a la atmosférica.
3. Colocar un termómetro y barómetro conectado al dispositivo.
4. Hervir agua en un erlenmeyer y trasladar el vapor de agua hacia el matraz Kitasato.
5. Insertar un componente por vez al matraz Kitasato y observar cambios.
6. Calcular la concentración dentro del matraz.

Medición de datos

Temperatura

La temperatura se medirá de acuerdo al termómetro incluido en el dispositivo, en este caso, nuestra variable temperatura, se mide directamente y se puede variar según el baño de hielo colocado previamente.

Presión

La presión del recipiente donde se simularán las condiciones atmosféricas se medirá a través de un barómetro. Este dispositivo puede reemplazarse por una serie de cálculos:

Cuando se estudia el comportamiento termodinámico de un volumen V de aire atmosférico húmedo, este puede ser considerado con muy buena aproximación como la combinación de dos gases ideales: Un volumen V de aire atmosférico de aire seco más una cierta cantidad de vapor de agua que ocupa el mismo volumen en cuestión.

Entonces, bajo esta situación, la presión p en el volumen V de aire será igual a la suma parcial de las presiones p_a que ejerce al aire atmosférico seco más la presión de vapor e .

$$p = p_a + e \quad (1)$$

El aire atmosférico seco tiene una ecuación de estado equivalente a la de los gases ideales, que se puede expresar como:

$$p_a V = \eta RT \quad (2)$$

Donde η es el número de moles del aire atmosférico seco y R es la constante universal del aire seco cuyo valor es: 8.3143 Joule.K⁻¹.mol.

La ecuación de la presión de vapor es:

$$e = \rho_v R_v T \quad (3)$$

$R_v = 461$ Joule/Kg.K es la constante de los gases del vapor de agua; y ρ_v representa el valor de la densidad del vapor de agua; por la definición de relación de mezcla (w) (Pérez, 2011), se puede escribir como:

$$\rho_v = w \rho_A = w 1.293 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad (4)$$

Donde se ha considerado $A = 1.293$ Kg/m³ como el valor medio de la densidad del aire atmosférico.

Si se reemplazan las ecuaciones (2), (3) and (4) en la ecuación (1); se obtiene que:

$$p = \frac{\eta RT}{V} + w R_v T 1.293 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \quad (5)$$

Como $R_v = 461$ Joule Kg.K es el valor de la constante de gas del vapor de agua, la ecuación (5) queda como:

$$p = \frac{\eta RT}{V} + 596.073 \text{ Joule. K}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot W \cdot T \quad (6)$$

El valor de w es un parámetro de medición estándar de los radiosondeos atmosféricos, por lo que la ecuación (6) es de fácil cálculo para diferentes cantidades de vapor de agua presentes en el volumen V de aire atmosférico a temperatura T en escala Kelvin.

Concentración de partículas

Es importante establecer el valor umbral de la concentración máxima de partículas que no impedirán la formación natural de gotas y precipitaciones naturales de una región.

Cuando una gota de nube esférica se forma, un factor que influye en la eficiencia de su formación es el hecho de que el valor de su tamaño inicial debe ser mayor que el crítico para poder crecer exitosamente, este valor está dado por la ecuación (Rogers, 1977),

$$R_c = \sqrt{\frac{3b}{a}} \quad (7)$$

Con:

$$b = \frac{3P_v M_s}{4\pi\rho_L P_s} \quad (8.a)$$

$$a = \frac{2\sigma_{lv}}{\rho_L R_v T} \quad (8.b)$$

Donde $P_v = 0.018 \text{ Kg/mol}$ es el peso molecular del vapor de agua, M_s es el peso total del soluto (especie química de las partículas emitidas), $P_L = 1000 \text{ Kg/m}^3$ es la densidad del agua líquida, P_s el peso molecular del soluto and T la temperatura en escala Kelvin.

La tensión superficial σ_{lv} (Pérez, 2012), puede ser expresada como:

$$\sigma_{lv} = (-0,0175 T/K + 12.4063) \frac{N}{m^2} \quad (9)$$

Entonces el valor mínimo de volumen (v_c) que puede tener una gota de nube al formarse para poder crecer en forma eficiente es:

$$v_c = \frac{4}{3}\pi R_c^3 \quad (10)$$

Un hecho importante que se debe tener en cuenta, es establecer la concentración máxima (N_c) de partículas que puede contener un volumen V de nube, sin que por competencia entre los núcleos presentes, se sature la cantidad de vapor de agua disponible para formar gotas. Así entonces, si la concentración de partículas es superior a esta concentración umbral N_c , el vapor de agua que contiene el volumen V no será suficiente para formar gotas, aunque su radio sea mayor que el crítico.

Esta concentración crítica de partículas se puede expresar por la ecuación:

$$N_c = \frac{V}{v_c} \quad (11)$$

En otras palabras, la concentración máxima de partículas sólidas N_c que puede contener el volumen V de nube para poder formar gotas capaces de crecer y producir precipitación, se puede obtener del resultado del cociente entre el volumen V en cuestión y el valor del volumen crítico que puede tener la gota al formarse (v_c).

El volumen V se puede expresar como:

$$V = \frac{m_v}{\rho_v} = \frac{\eta^P v}{w p_A} \quad (12)$$

Donde se ha utilizado las ecuaciones (2) y (4) para obtener la última expresión.

Por otro lado, para calcular el valor del volumen crítico de una gota v_c , se pueden combinar las ecuaciones (7) y (10), para obtener:

$$v_c = \frac{4}{3} \pi R_c^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{3b}{a} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (13)$$

Si se reemplazan las ecuaciones (7), (8) y (9) en la ecuación (10) se obtiene:

$$v_c = 3118,55317 \cdot \left[\frac{w.T.Ms/ps}{12,41.T - 0,0175T/K} \right]^{3/2} \text{ m}^3 \quad (14)$$

Reemplazando este resultado y la ecuación (12) en la ecuación (11) se llega a la ecuación:

$$N_c = \frac{\eta}{mol} \frac{0,000248}{w} \left[\frac{ps}{M_s} \frac{(-0,0175 \frac{T}{K} + 12,4063)}{w.T} \right]^{\frac{3}{2}} \text{ m}^{-3} \quad (15)$$

Donde se han introducido los correspondientes valores numéricos.

La ecuación (15) permite calcular la concentración máxima de núcleos de condensación CCN cuya emisión no satura el volumen V impactando en una disminución de la precipitación sobre el suelo bajo la nube. Si la concentración emitida supera este valor umbral, su impacto se reflejará en una disminución de la precipitación a pesar de que los núcleos tengan tamaños superiores al crítico.

Como se puede apreciar en la ecuación (15), para un dado volumen V de aire húmedo o nube, el valor umbral de las partículas emitidas depende del valor T de la temperatura ambiente, del valor de la razón de mezcla w presente, del peso molecular M_s y densidad ps del soluto; es decir de las partículas emitidas.

Conclusiones y trabajos futuros

Es importante aclarar que los desarrollos de nuevas experiencias de laboratorio se construyen en base a la prueba y error, y este trabajo se considera uno de métodos experimentales que pueden utilizarse para el fin del estudio de la mecánica y dinámica atmosférica desde una básica aproximación. El dispositivo y procedimiento fueron diseñados como base de futuros ensayos.

Por supuesto la microfísica de nubes no es precisa en absoluto y es casi imposible recrear al cien por ciento las condiciones que se presentan dentro de ellas. Los diferentes centros de investigación alrededor del mundo intentan representar sus propiedades a través de cámaras de nubes, ensayos de laboratorio y simulaciones por computadora. Todas estas opciones son válidas a la hora del análisis y estudio de un entorno con condiciones bien especificadas, sin embargo, en la realidad y a la hora de combatir procesos de precipitaciones dañinos para la sociedad, todas las pruebas anteriores rinden sus frutos.

Por ello, es que este trabajo es en definitiva una propuesta metodológica para el diseño de este tipo de cámaras, tendiente a mejorar las posibles respuestas a los diseños de laboratorio en la simulación experimental de nubes. Luego de este escrito, se procederá a las pruebas empíricas que darán lugar a resultados concretos a los objetivos planteados.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza por el espacio y los recursos para realizar este trabajo en el marco de los proyectos en los que participamos dentro del grupo IEMI Departamento de Materias Básicas.

Referencias bibliográficas

- [1] Fukuta N. (1966) Experimental Studies of Organic Ice Nuclei. *Journal of Atmospheric Sciences*, Vol 23.
- [2] Houze R.A. (2014) *Cloud Dynamics*. Elsevier Inc.
- [3] Isono K.; Ikebe Y. (1960). On the Ice-nucleating Ability of Rock-forming Minerals and Soil Particles. Geophysical Institute, Tokyo University 551.574.11
- [4] Mason B.J. (1960) Ice-nucleating properties of clay minerals and stony meteorites. Imperial College, London 551.574.11 (1960)

- [5] Mason, B. J. The Physics of Clouds. Clarendon Press, Oxford (1957).
- [6] Pérez, R. C. (2011). Dinámica Atmosférica y los Procesos Tormentosos Severos. Lambert Academic Publishing (LAP). GmbH y Co. 2011. Page 17-19.
- [7] Pérez, R. C. (2012). Study of Influence of Critical Radius on the Clouds Drops Formation in the Seeding Operations. Journal Environmental Science and Engineering. David Publishing. 2012. Page 2.
- [8] Rogers, R. R. (1977). Física de las Nubes. Ed. Reverté. 1977. Page 67-69.
- [9] Zettlemoyer, A. C., Nucleation. Marcel Dekker Inc. New York (1969).



Área de Biologías de la Conservación y Paleobiología

**INSTITUTO DE
BIOLOGÍA DE LA
CONSERVACIÓN Y
PALEOBIOLOGÍA**

Año de creación: 2013. El Instituto de Biología de la Conservación y Paleobiología (IBICOPA) tiene como misión generar y transponer conocimientos científicos-tecnológicos que tiendan a la conservación de la biodiversidad y al patrimonio paleobiológico a través de la integración de actividades de investigación, formación de recursos humanos, transferencia y vinculación tecnológica, de manera que tenga un profundo impacto tanto en el interior como en el exterior de la Institución.

INTEGRANTES

Director: Dr. Juan Amaya
Dr. Andrés Visintin
Mgter. Tania Rogel
Mgter. Alejandro Agüero
Otros docentes e investigadores del Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (DACEFyN)

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Mecanismos de endemidad para el virus dengue en Argentina considerando la heterogeneidad ambiental y geográfica. Desafío Nro 83. Programa IMPACT.AR. - MINCYT. Director: Dr. Adrián Díaz. Monto: \$7.603.450,00. Financia 100% MINCYT. Administración y Gestión: Universidad Nacional de Córdoba. Inicio 03/2022 - Finalización 02/2025.

Implementación de sistemas de vigilancia entomológica y de circulación de arbovirus en el municipio de San Pedro de Jujuy, como parte de una estrategia de construcción colaborativa de conocimiento científico para la prevención y el control de Aedes aegypti y de la transmisión de arbovirosis. Programa "Impact.AR CIENCIA Y TECNOLOGÍA". Directora: Dra. Fabiola Parussini. Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA), CONICET-Universidad Nacional de Jujuy. Inicio 03/2022 - Finalización 02/2025.

Eco-epidemiología de Diptera (Culicinae y Phlebotominae) de interés sanitario para Córdoba y la Región. FONCYT (PICT-I-A-2018-02043). Director: Dr. Walter Almirón. 2020-2023.

Urban Heat Islands, Mosquito biodiversity and the effect of vegetation as a regulating service in a city of Argentina. National Geographic Grant. Directora: Dra. Elizabet Estallo. NGS-67544-R-20. 2020-2022.

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Evaluación eco-epidemiológica de vectores de arbovirus en ecosistemas urbano-periurbanos a través de un enfoque transdisciplinar para el desarrollo de estrategias de manejo integrado. CONICET-PUE 2017. Director: Dra. M.A. Perillo. 04/2017-03/2022.

Potencial intrínseco de los ecosistemas a la amplificación y mantenimiento de los virus St. Louis Encephalitis y West Nile (Flavivirus). Agencia Nacional de Ciencia y Tecnología. PICT-FONCYT 2016-3283. Director: Dr. Adrián Díaz. 2017-2019.

Aspectos ecológicos, epidemiológicos y taxonómicos de Diptera (Culicidae, Psychodidae: Phlebotominae) de interés sanitario regional. Secretaría de Ciencia y Técnica, UNC. Director: Dr. Walter R. Almirón. 2016-2018.

Ecoepidemiología de arbovirus (Flavivirus, Alphavirus, Orthobunyavirus) circulantes en Argentina: caracterización de componentes biológicos y ambientales. Agencia Nacional de Ciencia y Tecnología. PICT-FONCYT 2013-1779. Director: Dra. Marta Contigiani. 2014-2017.

Monitoreo de *Aedes aegypti* en la ciudad de La Rioja. Secretaría de Ambiente, Gobierno de La Rioja. Universidad Nacional de La Rioja. 2016-2017.

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Apumaita J. M., M. A Linares, G.A. Molina, A. M. Visintin, G. C. Rossi, M. Stein, J. Seiches y W.R. Almirón. (2023). Update of the geographical distribution and new records of the fauna of Culicidae (Diptera) of northwestern Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. (Aceptado: 19/01/2023).

Stein M, D Bangher, M Laurito, A. Visintin, G.C.. Rossi y W.R. Almirón. (2022). Description of Larva and Pupa of *Psorophora* (*Grabhamia*) *dimidiata* (Diptera: Culicidae) and redescription of the adult Female and Male. *Journal of Medical Entomology*. DOI: 10.1093/jme/tjac062

ÚLTIMAS PUBLICACIONES

Visintin A.M., M. Laurito, M.G. Grech, E.L. Estallo, M.E. Grillet, F.F. Ludueña Almeida y W.R. Almirón. (2022). Ecological characterization of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) at the southern coast of Mar Chiquita Lake, Argentina. *Journal of Medical Entomology*. DOI: 10.1093/jme/tjab186

Branda M.F., M. Laurito, A.M. Visintin y W.R. Almirón. (2021). Gonoactivity of *Culex* (*Culex*) mosquitoes during winter in temperate Argentina. *Journal of Medical Entomology*. doi: 10.1093/jme/tjaa295

Batallán G.P., B.S. Konigheim, A.I. Quaglia, M.E. Rivarola, M.D. Beranek, L.B. Tauro, S.B. Flores, M. Laurito, W.R. Almirón, M.S. Contigiani y A.M. Visintin. (2020). Autochthonous circulation of Saint Louis Encephalitis and West Nile viruses in the Province of La Rioja, Argentina. *Revista Argentina de Microbiología*. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.09.001>.

Flores G., N. Fernandez, M.T. Defagó, A.M. Visintin y S. Palacio. (2020). Adulticidal effect of seven terpenes and a binary combination against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Borne Diseases*. 57(4): 356-358.

Baudino F., Cechetto N., Buffa M.L. y A.M. Visintin. (2020). De artrópodo y plantas: Asociaciones entre la diversidad de la artropodofauna y la heterogeneidad vegetal en Los Llanos riojanos (Argentina). *Ecología Austral*. 30(1): 063-076.

Libros

Valladares G, Salvo A, Defagó M., Buffa M., Molina S. y A. Visintin. (2019). *Insectos: Guía completa para su estudio*. Editorial UNC, Córdoba, 513 pp. ISBN 978-987-707-106-1.

Comunidades de artrópodos epígeos en la región de los llanos, Provincia de La Rioja

Baudino, Florencia¹, Buffa, Liliana¹ y Visintin, Andrés M.^{1,2}

¹Centro de Investigaciones Entomológicas de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

²Instituto de Biología de la Conservación y Paleobiología (IBICOPA), Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT), Universidad Nacional de La Rioja.

avisintin@unlar.edu.ar

Resumen

En Argentina, son escasos los estudios de diversidad de artrópodos epígeos, especialmente en relación con las formaciones vegetales locales. El objetivo de este trabajo fue conocer la diversidad de la artropodofauna epígea en tres ambientes diferentes de la región de Los Llanos, al sur de la provincia de La Rioja. Se seleccionaron tres sitios considerando características de la vegetación: 1-Salinas, 2-Interfase salina-monte y 3-Monte. En cada área, en primavera y verano, se delimitaron cuatro transectas, colocándose 4 trampas pitfall en cada una, permaneciendo 7 días activas. El sitio más destacado fue el monte (4,317, 51,54%)*, seguido por la interfase y finalmente las salinas (1,302, 15,52%) *(abundancia total de individuos, abundancia relativa de individuos). Insecta fue el taxa más abundante (71,8%), luego Acari (18,9%) y Araneae (5,3%). La abundancia total de individuos presentó diferencias entre las estaciones ($F=11,71$; $p=0,008$), y entre los sitios ($F=15,76$; $p=0,001$). La variación en la biodiversidad podría atribuirse a diferencias de composición y cobertura vegetal de cada ambiente. Considerando que “Los Llanos” pertenece a la región fitogeográfica chaqueña, con grandes amenazas por la pérdida de hábitat, este estudio podría brindar herramientas para considerarla como área de interés en futuros planes de manejo y conservación.

Palabras clave: arthropoda, epígeo, Los Llanos, La Rioja

Abstract

In Argentina, studies considering epigeous arthropods are scarce, specially related with local vegetation. The objective of this work was to know the epigeous arthropod fauna diversity in three different environments in Los Llanos area, south La Rioja province. Three sites were selected considering the characteristics of the vegetation: 1-Salinas, 2- Interfase Salinas-Monte, and 3-Monte. In each area, in spring and summer, 4 transects were delimited with 4 pitfall traps in each of them, which remain active for 7 days. Monte was the most outstanding site (4,317, 51,54%)*, followed by Interfase (2,761, 32,95%) and finally Salinas (1,302, 15,52%) *(total abundance of individuals, relative abundance of individuals). Insecta was the most abundant taxa (71,8%), then Acari (18,9%) and Araneae (5,3%). The total abundance of individuals presented meaningful differences among seasons ($F=11,71$; $p=0,008$), and among sites ($F=15,76$; $p=0,001$). The biodiversity variation could be due to differences in plant composition and cover in each environment. Considering that “Los Llanos” belongs to Chaco phytogeographical region, with great risk of habitat loss, this study could supply tools to be considered as an area of interest in future management and conservation plans.

Keywords: arthropoda, epigeous, Los Llanos, La Rioja

Introducción

La biodiversidad fue definida por la *Convention on Biological Diversity* (1992) como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluyendo la variación genética y la diversidad intraespecífica, interespecífica y de los ecosistemas y su medio no viviente. Considerando que la biodiversidad es un componente inherente a los ecosistemas y por lo tanto a la vida del hombre, es que, actualmente, adquiere gran importancia el mantenimiento de los sistemas de soporte de la vida en el planeta, incluido el manejo vinculado a la relación del ser humano con la biodiversidad.

Algunas investigaciones expresan múltiples razones acerca de la necesidad de conservación de la biodiversidad (Christie y Rayment, 2012), los autores acuerdan en que, en una primera instancia, se deberían enfatizar los estudios sobre la biología sistemática, no solo para proporcionar el conocimiento de todas las formas de vida, sino también porque los nombres estandarizados de los organismos son esenciales para la comunicación entre los científicos (Futuyma, 2009). Sumado a ello, se deberían resaltar las complejas redes de interrelaciones entre los organismos desde el punto de vista ecológico. Para conservar hay que conocer, y nuestro conocimiento sobre sistemática, ecología y evolución es aún demasiado escaso en algunas áreas geográficas, particularmente en la región Neotropical, considerada una de las zonas con mayor diversidad (Valdecasas, 2011; Frankham *et al.*, 2012).

Numerosos aspectos de índole ecológico, histórico, evolutivo, etc., contribuyen a la diversidad, tales como riqueza de especies, abundancia, endemismo y singularidad taxonómica (Bondoso Cardoso, 2004). El autor expresa que la evaluación de la biodiversidad de mega-grupos diversos, como los artrópodos, puede llegar a ser extremadamente difícil, dada la alta riqueza y variabilidad en microhábitats que ocupan.

De las cinco a 50 millones de especies que se cree que existen en el planeta, se estima que se pierden cada año cerca de 17.500, y de éstas, la gran mayoría pertenecen a grupos poco estudiados como los artrópodos. A pesar de su papel fundamental en la naturaleza, los artrópodos han sido sistemáticamente ignorados en los estudios de conservación (Moreno Sanz, 2005).

Los Arthropoda constituyen el grupo zoológico con mayor éxito en la conquista del planeta, debido a dos características fundamentales: una elevada tasa reproductiva y la tendencia a poseer un tamaño pequeño, por lo que el suelo es uno de los hábitats más explotados por este grupo (Ortuño y Martínez Pérez, 2011). Los artrópodos tienen roles muy importantes, particularmente en ambientes desérticos y semidesérticos, como descomponedores, herbívoros, granívoros y predadores, controlando el ciclo de nutrientes y los flujos de energía en diferentes niveles de la cadena trófica (Ayal, 2007). Considerando lo anteriormente expuesto es que diversos autores los consideran como indicadores de cambios ambientales (Uderwood y Fisher, 2006; Leiva et al., 2012).

La mayoría de las regiones biogeográficas en Argentina no están suficientemente investigadas en relación a los artrópodos (Bar et al., 2004). Los autores plantean la necesidad de realizar estudios para evaluar la riqueza específica de artrópodos en diferentes áreas, especialmente en relación con las formaciones vegetales locales. Conocer la riqueza biológica y las relaciones entre especies y área resultan fundamentales para establecer zonas prioritarias de conservación.

En el sector oriental de la provincia de La Rioja se encuentra la región de “Los Llanos”, ecológicamente comprendida dentro de la provincia fitogeográfica Chaqueña, distrito chaqueño occidental (Morello, 1968; Cabrera, 1976). La vegetación presente en dicho distrito está conformada por un estrato arbóreo xerófilo, ralo y bajo, con predominio de los géneros *Prosopis* sp. y *Aspidosperma* sp.; un estrato arbustivo abundante, alto y no muy denso, con representantes de los géneros *Mimozyanthus* sp., *Cercidium* sp., *Larrea* sp y *Geoffrea* sp.; y un estrato herbáceo de nativas perennes con varias especies pertenecientes a las familias Poaceae y Chenopodiaceae (Biurrun et al., 2012). En este distrito, es posible identificar, dentro del Chaco árido, dos grandes subregiones desde el punto de vista geomorfológico: el área de las salinas grandes y el área del chaco árido leñoso (Karlin, 2013). La transición entre ambientes de salinas, bajos e inundables durante la época de lluvias, hacia terrenos más altos, depende de la pendiente del terreno, siendo relativamente gradual y permitiendo la coexistencia de distintos tipos de vegetación en ciertas áreas (Ragonese y Castiglioni, 1968).

Gracias a la observación directa de las comunidades vegetales es posible delimitar a simple vista diferentes sitios basándose en la estructura y diversidad de la vegetación predominante, resultando, a los fines de este trabajo, tres zonas denominadas como 1) Salinas 2) Interfase Salina-Monte y 3) Monte.

Objetivo

Conocer la diversidad de la artropodofauna epígea en tres ambientes diferentes de la región de Los Llanos, al sur de la provincia de La Rioja, Argentina.

Materiales y métodos

La región de “Los Llanos” se encuentra ubicada en el sector oriental de la provincia de La Rioja, se extiende al sureste de Catamarca, al noroeste de Córdoba, norte de San Luis, y al este de San Juan (Ragonese y Castiglioni, 1968).

Los tres sitios de muestreo se encuentran al sur-este de Los Llanos riojanos, próximos al límite con la provincia de Córdoba ($30^{\circ}37'50''$ S - $66^{\circ}16'3''$ O) (Fig. 1). El sitio 1 (Salina) presenta un suelo arcilloso, pobre en materia orgánica, con escaso desarrollo de la vegetación y cobertura foliar. Está incluido en las Salinas Grandes, dentro de la región chaqueña (Cabrera, 1976). Presenta condiciones climáticas (temperatura y precipitaciones) y bióticas características de ambientes salinos. El sitio 3 (Monte) presenta mejor estructura de vegetación que el sitio 1, mayor cantidad de materia orgánica, lo que determina una cobertura foliar más densa. La vegetación se compone principalmente de un estrato arbóreo que oscila entre 3 a 6 mts., y arbustos entre 0,5 a 3 mts. de altura. Por su parte, el sitio 2 (Interfase Salina-Monte) presenta características intermedias entre los sitios 1 y 3 en cuanto a la cobertura vegetal. El estrato arbóreo es reemplazado por cardones, mientras que el estrato arbustivo es dominante en este sitio.

En cada área se delimitaron cuatro transectas, separadas 50 m entre sí, colocándose 4 trampas *pitfall* en cada una, cada 5 m. Los muestreos se realizaron en primavera y verano, activando las trampas durante 7 días en cada ocasión. En el laboratorio, se procedió en primer lugar a la limpieza de las trampas, acondicionamiento y posterior identificación del material colectado.

Se realizó la descripción de la comunidad considerando la composición de especies y su abundancia; se calculó la abundancia relativa de los diferentes grupos y la riqueza (S = Nro. total de especies obtenidas por un censo de la comunidad) para los muestreos de primavera y de verano. Se analizó la diversidad (H') y la equidad (H'_{eq}) de insectos entre los ambientes y estaciones mediante el índice de Shannon-Wiener y la dominancia a través del índice de Simpson (DS) (Moreno 2001; Maurer and McGill 2011). Los índices de diversidad fueron calculados mediante el programa Species Diversity y Richness.

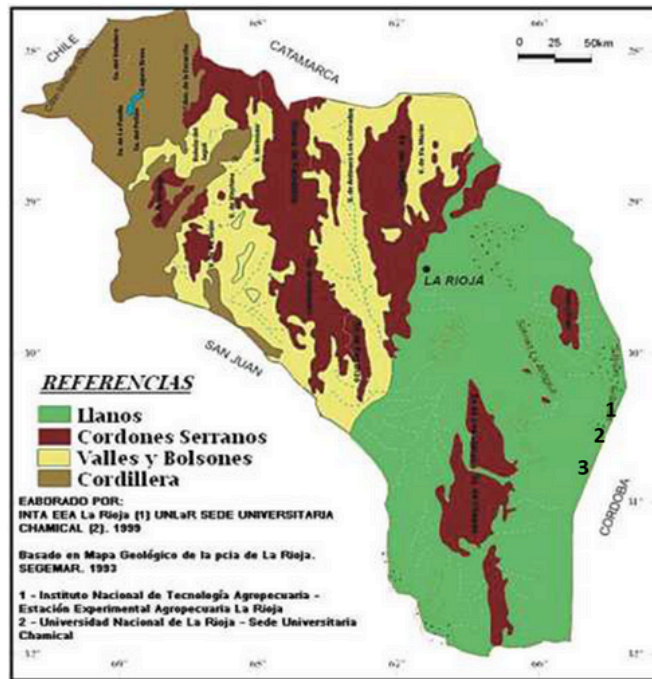


Figura 1. Mapa de La Rioja indicando unidades de relieve de la Provincia y los sitios de muestreo: 1. Salinas, 2. Interfase Monte-Salinas, y 3. Monte (Adaptado de: INTA, UNLaR, 1999).

Resultados y discusión

Se registró un total de 8.380 individuos durante la temporada cálida en todos los sitios de muestreo. Una mayor cantidad de individuos se registró durante el verano (4.802) respecto a primavera (3.578). El sitio más destacado fue el monte (4.317), seguido por la interfase (2.761) y finalmente las salinas (1.302) (Fig. 2).

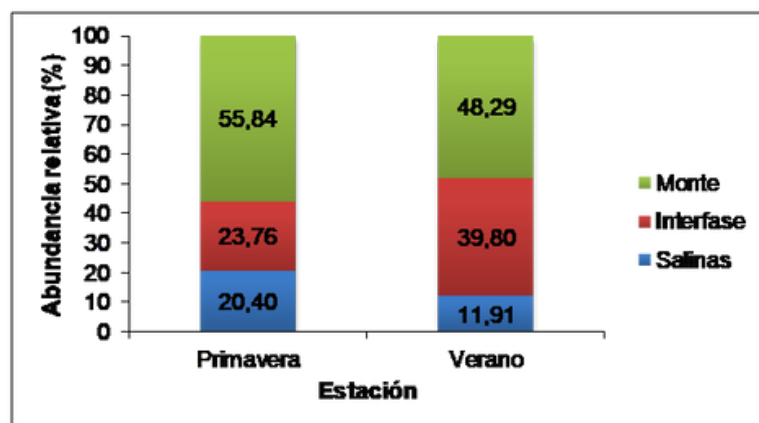


Figura 2. Abundancia relativa de la fauna de Arthropoda registrada para los tres sitios de muestreo durante la temporada cálida.

Los individuos se agruparon en 10 taxas, siendo Insecta el más abundante (5.902), luego Acari (1481) y Araneae (419). La abundancia total de individuos presentó diferencias significativas entre las estaciones ($F=11,71$; $p=0,008$), y entre los sitios ($F=15,76$; $p=0,001$) (Fig. 3).

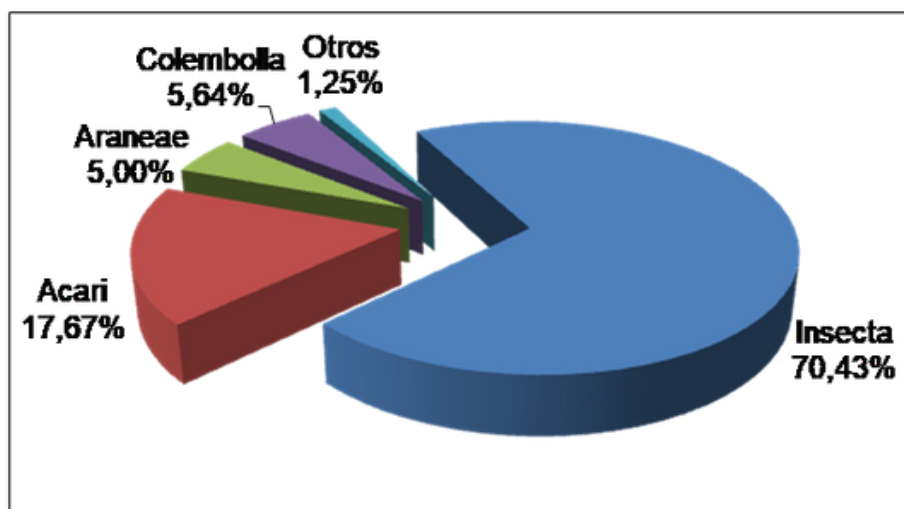


Figura 3. Abundancia relativa de los taxa registrados durante la temporada cálida en todos los sitios de muestreo. Otros: Solifugae, Scorpionida, Crustacea, Pseudoescorpionida, Opiliones y Chilopoda (abundancia relativa 1%).

El total de insectos colectados fue agrupado en 14 órdenes, 31 superfamilias, 35 familias y 114 especies/morfoespecies. La familia mas diversa (abundancia y riqueza fue Formicidae (Hymenoptera, Vespoidea) con 4497 individuos (86,67% de la entomofauna epígea total) y 37 especies/morfoespecies (Fig. 4). La segunda familia más abundante fue Tenebrionidae (Coleoptera) con 121 individuos.

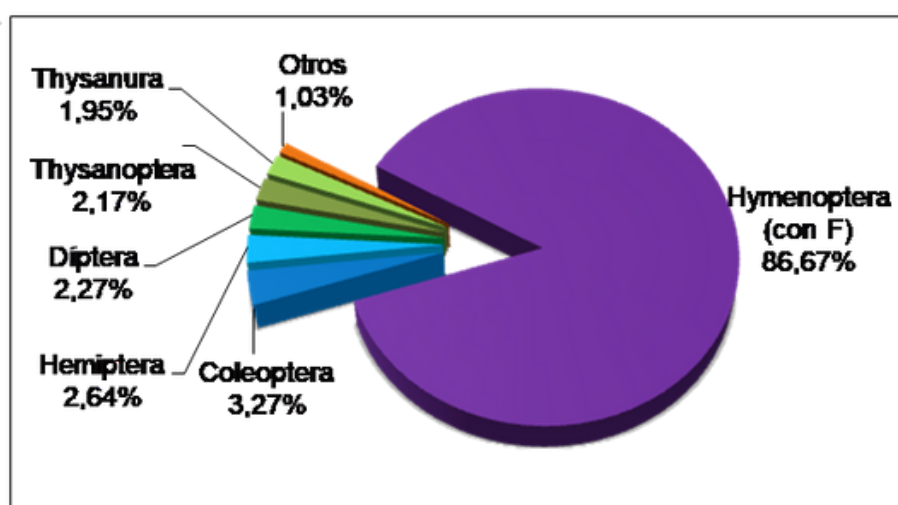


Figura 4. Abundancia relativa de los Órdenes colectados durante la temporada cálida (primavera y verano) en los tres sitios de muestreo, incluyendo la familia Formicidae dentro de Hymenoptera.

El Monte presentó los mayores valores para la diversidad y la dominancia y los menores para equidad, en ambas estaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Diversidad (H'), equidad (H'Eq) y dominancia (DS) de artrópodos en los distintos ambientes y estaciones, en Los Llanos riojanos.

	Primavera			Verano		
	H'	H' (Eq)	D	H'	H' (Eq)	D
Salinas	0,952	0,393	0,803	1,004	0,36	0,783
Interfase	0,787	0,477	0,733	0,973	0,455	0,764
Monte	1,276	0,306	0,898	1,133	0,36	0,844

La variación en la biodiversidad podría atribuirse a diferencias de composición y cobertura vegetal de cada ambiente, y posiblemente a diferencias edáficas. Considerando que “Los Llanos” pertenece a la región fitogeográfica chaqueña, una de las más amenazadas actualmente por la pérdida de hábitat, este estudio podría brindar herramientas para considerarla como sitio de interés en futuros planes de manejo y conservación.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado por SECyT (UNLaR) a través del proyecto “Diversidad de artrópodos epígeos en tres ambientes diferentes en la región de Los Llanos, provincia de La Rioja, Argentina”. Exp. N° 00-00-268/13. Res. CDDACyTAPAU 067/13.

Referencias bibliográficas

- [1] Ayal, Y. (2007). Trophic structure and the role of predation in shaping hot desert communities. *Journal of Arid Environments*. 68 (2), 171-187.
- [2] Bar, M.E., G.J. Torales, E.B Oscherov, E.R. Laffont, M. Damborsky, M.C. Godoy, G. Avalos, M.O. Arbivo, G. Rubio y J.M. Coronel. (2004). Fauna de artrópodos: Informe Final PIARFON (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos), Región Parque Chaqueño. Subregión Chaco Sub-Húmedo. Área Zoología. Depto. de Biología. F. C. E. y N. y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste.
- [3] Biurrun, F.N., W.D.; Agüero y D.F. Teruel. (2012). Consideraciones fitogeográficas sobre la vegetación de Los Llanos de La Rioja. Serie: Estudios sobre el Ambiente y el Territorio. INTA. ISSN: 1853-3647.

- [4] Cabrera, A.L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería. 2da. Ed., 2 (1): 1-85. Buenos Aires.
- [5] Christie, M. y M. Rayment. (2012). An economic assessment of the ecosystem service benefits derived from the SSSI biodiversity conservation policy in England and Wales. *Ecosystem Services*. 1:70-84.
- [6] Frankham R., J.D.; Ballou, M.R. Dudash, M.D. Eldridge, C.B. Fenster, R.C. Lacy, J.R. Mendelson III, I.J. Porton, K. Ralls y O.A. Ryder. (2012). Implications of different species concepts for conserving biodiversity. *Biological Conservation*. 153: 25-31.
- [7] Futuyma, D. J. (2009). *Evolution*, second edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 603 pp.
- [8] INTA-UNLaR. (1999). Mapa de relieve y actividades productivas actuales y potenciales en la provincia de La Rioja.
- [9] Karlin, M.S., U.O. Karlin, R.O. Coirini; G. J. Reati y R.M. Zapata. (2013) *El Chaco Árido*. Encuentro Grupo Editor, Córdoba, Argentina. ISBN 978-987-1925-07-0. 420 pp.
- [10] Leiva, S, M.L. Buffa, I. Redolfi, J. Ortiz y J. Ladux. (2012) Diversity of arthropods collected in pitfall in olive cultivar Arauco. *Aimogasta*. La Rioja. VII Internacional Symposium of olive growing. San Juan, Argentina.
- [11] Maurer, B.A. y B.J. McGill. (2011). Measurement of species diversity. *Biological Diversity: Frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. Pp. 55-65.
- [12] Morello, J. (1968). Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Primera parte. INTA, Serie Fitogeográfica, n° 10, 125 pp.
- [13] Moreno, C.E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. MT-Manuales y Tesis SEA 1:84 pp.
- [14] Moreno Sanz, M. (2005). Avances en el conocimiento de la Biodiversidad: Especies. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. (Sec. Biol.). 100(1-4): 19-30.

[15] Ortuño, V.M. y F. Martínez-Pérez. (2011). Diversidad de Artrópodos en España. En: Biodiversidad: Aproximación a la diversidad botánica y zoológica de España. José Luis Viejo Montesinos (Ed.). Real Sociedad Española De Historia Natural, Madrid.

[16] Ragonese, A. y J. Castiglioni. (1968). La vegetación del Parque Chaqueño. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 11: 133-160.

[17] Underwood, E .C. y B.L. Fisher. (2006). The role of ants in conservation monitoring: If, when and how. Biological Conservation. 132: 166-18

[18] Valdecasas, A.G. (2011). Una disciplina científica en la encrucijada: la Taxonomía. En: Biodiversidad: Aproximación a la diversidad botánica y zoológica de España. José Luis Viejo Montesinos (Ed.). Real Sociedad Española de Historia Natural, Madrid.

**INSTITUTO
IBICOPA
ÁREA
ENTOMOLOGÍA**

El Instituto de Biología de la Conservación y Paleobiología (IBICOPA) está a cargo del Dr. Juan Pablo Amaya. Disciplina científica Biología Disciplina desagregada biología-zoología Especialidad Bioacústica Tema Comunicación vocal madre-cría en el Tuco-Tuco de Anillaco (Rodentia: Ctenomys sp.): estructura y funcionalidad.

El Instituto IBICOPA fue creado el 28 marzo del año 2019, resolución CDDACEFyN N°212/2013. Tiene como misión generar y transponer conocimientos científicos-tecnológicos que tiendan a la conservación de la biodiversidad y patrimonio paleobiológico, a través de la integración de actividades de investigación, formación de recursos humanos, transferencia y vinculación tecnológica de manera que tenga un profundo impacto tanto en el interior como en el exterior de la institución.

INTEGRANTES

José R. Verdú <https://orcid.org/0000-0002-0805-8341>
Daniela Oliva <https://orcid.org/0000-0002-2655-5114>
Victoria C. Giménez Gómez <https://orcid.org/0000-0002-1131-7084>
Vieyle Cortez <https://orcid.org/0000-0003-0217-3899>

**ULTIMAS
PUBLICACIONES**

Verdú, J. R., Cortez, V., Oliva, D., & Giménez-Gómez, V. (2019). Thermoregulatory syndromes of two sympatric dung beetles with low energy costs. Journal of insect physiology, 118, 103945.

Los síndromes ecofisiológicos diferenciales explican la división del recurso nicho térmico en escarabajos estercoleros Eucraniini coexistentes

Verdú, José R.¹; Oliva, Daniela²; Giménez Gómez, Daniela³; Cortez, Vieyle¹

¹Centro Iberoamericano de la Biodiversidad. Science Park, University of Alicante, Alicante, Spain

²Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT), Universidad Nacional de La Rioja, Ciudad de La Rioja, Argentina

³Instituto de Biología Subtropical, Universidad Nacional de Misiones-CONICET, Puerto Iguazú, Argentina

Resumen

Los autores investigaron el papel de los mecanismos de termorregulación y los límites térmicos en la diferenciación de nichos térmicos en dos conjuntos jerárquicos de escarabajos coprófagos Eucraniini que habitan ambientes áridos en el noroeste de Argentina. Ambos conjuntos de escarabajos coprófagos mostraron segregación de nicho temporal y térmico entre todas las especies simpátricas, minimizando la superposición durante su actividad diaria y las preferencias de temperatura del suelo. En base a los síndromes fisiológicos obtenidos, los autores encontraron una mayor diferenciación interespecífica que nos permite diferenciar cada especie utilizando rasgos ecofisiológicos. Las diferencias de tamaño corporal interespecíficas en Eucraniini simpátrico contribuyeron en gran medida a la capacidad metabólica de los individuos para termorregular. La especie Eucranium, la especie más grande, mostró la menor capacidad de respuesta al estrés térmico disminuyendo el exceso de calor, presentando los valores límite térmicos más bajos coincidiendo con una estrategia de minitermia que explica las temperaturas más bajas preferidas del suelo alrededor de 30°C. Por el contrario, las especies de Anomiopsoides mostraron una clara adaptación a estar activas durante los períodos del día en los que la temperatura del suelo superaba los 50°C, adoptando una estrategia de 'maxitermia' al forrajear cuando las temperaturas se acercaban a sus límites térmicos. En conclusión, se puede determinar que los síndromes ecofisiológicos relacionados con la temperatura La regulación del estrés y los límites térmicos permitieron un desplazamiento en la dimensión del nicho térmico, minimizando la competencia interespecífica y permitiendo así la coexistencia de especies en los escarabajos coprófagos Eucraniini.

Palabras clave: ambientes áridos, rasgos ecofisiológicos, ectotermos, superposición de nicho, Scarabaeidae, termorregulación

Abstract

The authors investigated the role of thermoregulation mechanisms and thermal limits on thermal niche differentiation in two hierarchical similar Eucraniini dung beetle assemblages inhabiting arid environments in north-western Argentina. Both dung beetle assemblages showed temporal and thermal niche segregation between all sympatric species, minimising overlap during their daily activity and soil temperature preferences. Thermal tolerance of Eucraniini species was partially modulated by behavioural adaptations and complementary thermoregulatory mechanisms related to eliminating the temperature excess, increasing the metabolic rate promoting an effective regulation of the excess heat that permitted a decrease in their body temperature by evaporative cooling. Based on the physiological syndromes obtained, the authors found a greatest interspecific differentiation that allows us to differentiate each species using ecophysiological traits. Interspecific body size differences in sympatric Eucraniini contributed greatly to the metabolic capacity of individuals to thermoregulate. Eucranium species, the largest species showed the lowest capacity to respond to thermal stress decreasing heat excess temperature, presenting the lowest thermal limit values coinciding with a 'minithermy' strategy that explains the preferred lower soil temperatures around 30°C. On the contrary, Anomiopsoides species showed a clear adaptation to being active during periods of the day in which the soil temperature reached over 50°C, adopting a strategy of 'maxithermy' by foraging when temperatures are closer to their thermal limits. In conclusion, it can be determined that ecophysiological syndromes related to thermal stress regulation and thermal limits allowed a displacement in thermal niche dimension, minimising interspecific competition and so allowing species coexistence in Eucraniini dung beetles.

Keywords: arid environments, ecophysiological traits, ectotherms, niche overlapping, Scarabaeidae, thermoregulation.

Introducción

La temperatura es uno de los principales factores que determinan los procesos fisiológicos y de comportamiento en la mayoría de los ectotermos (Angilletta et al., 2002; Bennett, 1980; Huey, 1982). La distribución de los recursos térmicos ha contribuido sin duda a la evolución de los comportamientos de reproducción y reubicación del alimento. Las estrategias de termorregulación parecen favorecer las interacciones intraespecíficas frente a las interespecíficas cuando se estudian especies simpátricas de escarabajos peloteros (Caveney et al., 1995; Kawano, 1995; Verdú et al., 2004; Ybarrondo & Heinrich, 1996). Sin embargo, cuando intervienen más dimensiones del nicho ecológico (no sólo la fisiología), la competencia interespecífica puede favorecerse (Feer & Pincebourde, 2005; Tokeshi, 1999).

En ensamblajes muy diversos, los escarabajos peloteros muestran diferencias en varios ejes del nicho ecológico debido a la competencia interespecífica (Hanski & Cambefort, 1991a; Peck & Forsyth, 1982; Verdú et al., 2004), incluyendo endotermia, termorregulación, tolerancia térmica, tasa metabólica (Giménez Gómez et al., 2020; Verdú et al., 2006, 2007; Verdú et al., 2019); estrategias de nidificación (Chao et al., 2013; Halffter & Edmonds, 1982); preferencias tróficas (da Silva et al., 2012; Giménez Gómez et al., 2018, 2021; Hanski & Cambefort, 1991b; Lumaret & Iborra, 1996); Lumaret & Iborra, 1996); tamaño de los recursos, tiempo de colonización, comportamiento de reubicación alimentaria (Hanski & Cambefort, 1991b; Noriega & Vulinec, 2021); actividad estacional y diaria (Hernández, 2012; Krell- Westerwalbesloh et al., 2004; Lobo & Cuesta, 2021). El estudio de la interacción entre especies (en diferentes ejes ecológicos) en una comunidad permite entender los mecanismos de coexistencia bajo las mismas condiciones ambientales (Sexton et al., 2017). En concreto, desde el punto de vista del nicho térmico, el tamaño de los escarabajos peloteros está fuertemente relacionado con la actividad diaria (Hanski & Cambefort, 1991) y la biología térmica de las especies (Bartholomew & Heinrich, 1978; Verdú et al., 2004, 2006, 2007). Los límites de tolerancia térmica y el control del estrés térmico (termorregulación) en especies de escarabajos estercoleros filogenéticamente próximas, están correlacionados con las condiciones térmicas imperantes en el entorno en el que vive la especie, tanto en ectotermos (especies cuya temperatura corporal cambia junto con la de su entorno) (Gallego et al., 2016, 2018) como en especies heterotérmicas (especies endotermas que se encuentran alguna parte del día a temperatura ambiente que cambia de un estado regulado a uno no regulado) (Addo-Bediako et al., 2000; Gaston & Chown, 1999; Verdú et al., 2012, 2019). La partición de recursos térmicos se ha observado en algunos escarabajos peloteros heterotérmicos simpátricos, habiéndose observado una especialización fisiológica en recursos térmicos para limitar la competencia interespecífica (Verdú et al., 2012, 2019). Sin embargo, ningún estudio ha examinado la función del comportamiento termorregulador en la diferenciación del nicho térmico para conjuntos de especies de escarabajos peloteros ectotermos estrechamente relacionados. En los escarabajos peloteros, la ectotermia queda relegada a un número relativamente pequeño de especies no voladoras que habitan en desiertos, altas montañas o islas (Scholtz, 2000). Entre los escarabajos peloteros no voladores, la tribu Eucraniini (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), endémica de las zonas áridas y semiáridas de Argentina, constituye un buen ejemplo de escarabajos peloteros ectotérmicos filogenéticamente emparentados (excepto *Ennearabdus lobocephalus* (Harold, 1868), la única especie endotérmica voladora; datos inéditos de JRV) caracterizados por adaptaciones ecológicas muy especializadas (Ocampo & Hawks, 2006).

En general, los escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeinae), tanto heterotérmicos como ectotermos, son probablemente uno de los taxones más estudiados entre los artrópodos terrestres (Raine & Slade, 2019; Spector, 2006) porque presentan importantes funciones ecológicas que son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas, tanto dentro de los usos naturales como antrópicos, de la tierra (Andresen & Feer, 2005; Nichols et al., 2008; Verdú et al., 2018). Participan en el enterramiento de la materia orgánica, lo que conduce a la mejora de la calidad del suelo a través del reciclaje de nutrientes, la reducción de la incidencia de parásitos, la facilitación de la germinación de semillas a través de la dispersión secundaria de semillas, y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al calentamiento global (Andresen, 2003; Davis, 1996; Gardner et al., 2008; Gittings et al., 1994; Penttilä et al., 2013; Slade et al., 2016; Verdú et al., 2020). Todas estas funciones ecológicas las convierten en importantes bioindicadores de la gestión forestal sostenible (Aguilar- Amuchastegui & Henebry, 2007; Maleque et al., 2009), de los cambios ambientales en el gradiente de uso del suelo (Saleh et al., 2014), del éxito de la restauración forestal (Audino et al., 2014; Noriega et al., 2021), de la biodiversidad, de la transformación del hábitat y del control de plagas químicas en agroecosistemas (Davis et al., 2004), entre otros.

Teniendo en cuenta la importancia del nicho térmico para explicar los patrones observados en la naturaleza, y la importancia de los escarabajos peloteros en el ecosistema, el objetivo principal de este estudio es determinar síndromes ecofisiológicos diferentes capaces de explicar la división del recurso nicho térmico, como un mecanismo potencial que permita la coexistencia de especies simpátricas de escarabajos peloteros Eucraniini. Esperamos que las especies de escarabajos estercoleros ectotermos estudiadas presenten una segregación significativa del nicho térmico, dada su dependencia a priori de las temperaturas ambientales y la diferencia de tamaño observada entre especies simpátricas. Es de esperar que las especies de mayor tamaño presentasen una actividad concentrada en las horas del día con temperaturas más moderadas, mientras que las de menor tamaño presentarían una actividad durante los periodos del día con temperaturas más elevadas. Para ello, analizamos el rol de la termorregulación y los mecanismos metabólicos en la diferenciación del nicho termal en dos ensambles de escarabajos estercoleros Eucraniini de composición similar que habitan ambientes áridos en las provincias de La Rioja y Mendoza (Argentina).

Cada ensamble de escarabajos estaba compuesto por tres especies de Eucraniini no voladores que diferían en tamaño corporal: una especie de Eucranium de tamaño grande (25-35 mm), una especie de Anomiopsoides de tamaño mediano (15-20 mm) y una especie de Anomiopsoides de tamaño pequeño (10-15 mm). Todas las especies estudiadas son endémicas de la ecorregión de monte Argentina. En primer lugar, se analizó a campo, el solapamiento en el nicho térmico entre las especies coexistentes de cada ensamble. En segundo lugar, se determinó en laboratorio, un conjunto de variables fisiológicas utilizando respirometría termolímite (TLR) combinada con termografía infrarroja para todas las especies consideradas.

Materiales y métodos

Lugares de estudio y conjuntos de escarabajos peloteros

El estudio de campo se realizó durante enero-febrero de 2016 en dos localidades de estudio (Lavalle y Aimogasta). La localidad de Lavalle (32 ° 150 1200 S - 67 ° 490 1300 W; 750 msnm; Mendoza, Argentina) tiene una precipitación media anual de 210 mm, una temperatura media máxima de 38,6 ° C y una temperatura media mínima de 24,3 ° C durante el período de estudio. La localidad de Aimogasta (28 ° 380 5700 S-66 ° 36 4000 O; 830 msnm; La Rioja, Argentina) tiene una precipitación media anual de 190mm y unas temperaturas medias máxima y mínima de 35,5 y 20,6 ° C, respectivamente. En ambos sitios, el régimen de precipitaciones es monzónico, con lluvias concentradas durante el verano (entre diciembre y marzo). Ambos lugares están separados por 460 km (Figura 1a). Ambas zonas de estudio se caracterizan por un clima árido y una estepa arbustiva xerotérmica con una flora característica del desierto de Monte dominada por especies de Zygophyllaceae, Fabaceae y Cactaceae (Abraham et al., 2009). En el sitio de Lavalle, se observaron tres especies de escarabajos peloteros de la tribu Eucraniini coexistiendo en las dunas de arena: Eucranium belenae Ocampo, 2010, Anomiopsoides fedemariae Ocampo, 2007, y A. cavifrons (Burmeister, 1861). En el sitio de Aimogasta, las tres especies coexistentes fueron E. cyclosoma Burmeister, 1861, Anomiopsoides heteroclyta (Blanchard, 1845) y A. biloba (Burmeister, 1861) (Figura 1b,c). Todas las especies de Eucraniini observadas en este estudio se alimentan de estiércol seco; sin embargo, en algunos casos, E. belenae se alimenta de frutos de Prosopis (Fabaceae; nombre común: Algarrobo) y A. biloba y A. cavifrons se alimentan de pequeños trozos de material vegetal seco (Gillet & Gillet, 2017; Giménez Gómez et al., 2017; Ocampo, 2005, 2007, 2010). Así pues, en ambos sitios, las especies de Eucraniini que coexisten comparten y compiten a priori por fuentes de alimento similares.

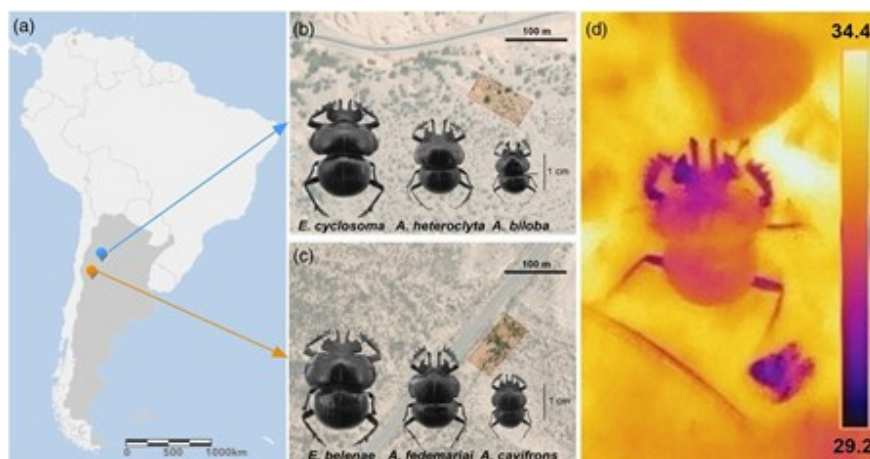


Figura 1 Área de estudio y conjuntos de escarabajos peloteros Eucraniini estudiados.

Referencias: (a) Ubicación geográfica del sitio de Aimogasta (en azul) y del sitio de Lavalley (en naranja). (b) Ensamble de escarabajos estercoleros en el sitio de Aimogasta compuesto por *Eucranium cyclosoma*, *Anomiopsoides heteroclyta* y *Anomiopsoides biloba*. (c) Conjunto de escarabajos estercoleros del yacimiento de Lavalley compuesto por *Eucranium belenae*, *Anomiopsoides fedemariae* y *Anomiopsoides cavifrons*. Para cada sitio, las áreas rectangulares resaltadas corresponden a las parcelas de estudio seleccionadas (0,58 ha para el sitio de Lavalley; y 0,62 ha para el sitio de Aimogasta). D) Imagen infrarroja mostrando un individuo de *A. fedemariae* caminando en busca de estiércol.

Actividad diaria y mediciones de temperatura

Para estimar la actividad diaria, definimos una parcela de casi 0,6 ha en cada sitio (0,58 ha para el sitio de Lavalley; y 0,62 ha para el sitio de Aimogasta). En cada parcela se realizaron repetidamente tres transectas lineales de 20 m (una por investigador) durante todo el período de actividad en busca de las especies de Eucraniini de cada localidad. Las temperaturas del cuerpo y del suelo se obtuvieron por la mañana, desde antes del amanecer (ca 06:00 h) hasta después del anochecer (ca 23:00 h). Al comienzo del muestreo, se comprobó primero que no hubiera ninguna especie activa. Desde el inicio hasta el final de la actividad, se realizaron mediciones de temperatura en todos los ejemplares observados en la parcela. La inactividad de los escarabajos se determinó una vez transcurridos 20 minutos sin observar ningún ejemplar desde la última observación. En cada muestra se registró una fotografía IR (Figura 1d): se anotaron la hora y el comportamiento del ejemplar (caminando: individuo caminando sin comida; forrajeando: individuo caminando, llevando comida). Se registraron las temperaturas del cuerpo (T_b) y del suelo (T_s) con una cámara infrarroja térmica FLIR ThermaCam P620 con una resolución de 640×480 píxeles y un plano focal de microbolómetro detector de matriz con un rango espectral de $7,5\text{--}13\text{ }\mu\text{m}$ y una sensibilidad térmica de $0,06\text{ }^\circ\text{C}$ a $30\text{ }^\circ\text{C}$.

A continuación, cada espécimen muestreado se numeró en el pronoto con un lápiz de pintura acrílica (punta fina de 0,5) y se guardó aclimatadas (20°C) en un recipiente de plástico. Al mismo tiempo, se obtuvieron datos adicionales sobre la temperatura ambiente utilizando termómetros Fluke1 52 (California) K/J (con una precisión de $0,1^{\circ}\text{C}$). Después de cada jornada de trabajo, los ejemplares numerados se pesaron con una balanza de precisión, se sexaron y se indicó si se trataba de individuos maduros o inmaduros. Esto último se realizó mediante el método de clasificación externa por edades basado en la dureza de la cutícula y el deterioro cuticular de las tibias y el clypeus (Tyndale-Biscoe, 1984; Verdú et al., 2010). Una vez pesados y sexados los individuos, se eliminó la marca de lápiz de pintura acrílica y, salvo los ejemplares que posteriormente se utilizarían para bioensayos, el resto de los individuos fueron liberados, sin síntomas de estrés ni efecto del marcaje, en el mismo lugar de colecta. El proceso se repitió 2 días en el sitio de Lavalle y 3 días en el sitio de Aimogasta. Para representar la frecuencia de actividad diurna de cada especie en función del tiempo de actividad y de las variables T_s , se realizó un análisis de densidad kernel ajustado a la función gaussiana para cada especie utilizando el software PAST (Hammer et al., 2001).

Reparto temporal y térmico de nichos

Se calculó el índice Czekanowski de solapamiento de nicho entre especies (Feinsinger et al., 1981) para cuantificar los patrones de solapamiento de nicho entre especies. Para los análisis de solapamiento de nicho térmico en el campo, los estados de los recursos representan 10 clases diferentes de T_s , que van de 10 a 60°C . Así, el índice se aproxima a cero para especies que nunca coinciden en actividad a la misma hora del día o T_s , siendo uno para pares de especies activas en un intervalo de tiempo idéntico o T_s . A continuación, se llevó a cabo un análisis de conglomerados utilizando la matriz del índice de Czekanowski como medida de semejanza y el método de Ward como regla de vinculación. Para comprobar la significación estadística del solapamiento de nichos, se utilizaron análisis de modelos nulos calculando el algoritmo RA3, que reubica aleatoriamente los datos observados conservando la amplitud de nicho, y reorganizando los estados cero de la matriz (Winemiller & Pianka, 1990). Para todos estos análisis de modelos nulos se utilizó el software Ecosim 7.0 (Acquired Intelligence Inc., y Kesey-Bear, Burlington, VT, EE.UU.) (Gotelli & Entsminger, 2003).

Mantenimiento del escarabajo y preparación para el bioensayo TLR

En ambos sitios se observaron entre 10 y 12 individuos de cada especie (a excepción de *E. cyclosoma* que sólo se observaron nueve individuos en total) fueron recolectados y transportados del lugar de recolección al laboratorio en contenedores de plástico que incluían papel húmedo (30 20 10 cm) y utilizando una heladera portátil provista de control de temperatura (20-25C). En el laboratorio, los individuos fueron alimentados con los recursos que consumen en su entorno natural (estiércol seco y material vegetal seco dependiendo de la especie). Antes de cada ensayo experimental, los individuos fueron aclimatados durante 72 h a 25C y un fotoperiodo de LD 13:11h sin suministro de alimento para eliminar posibles errores causados por la diferencia en los estados de alimentación de los individuos. La aclimatación fue en una incubadora refrigerada (MIR-153, Sanyo Electric Co. Osaka, Japón). En cada ensayo experimental, la temperatura ambiente del laboratorio (25C) se controló con un termómetro Fluke 152 K/J (Fluke Co. California, EE.UU.) Para evitar sesgos debidos al posible estrés debido al mantenimiento en el laboratorio, todos los especímenes se analizaron durante las 2 primeras semanas tras su recogida en el campo. Por misma razón, las mediciones fisiológicas se realizaron alternando individuos de cada especie. Este trabajo se ajusta a los requisitos legales argentinos, incluidos los relativos a la conservación y el bienestar.

Además, la recolección de escarabajos en el campo y los análisis fisiológicos se realizaron con los permisos pertinentes (Certificado de Flora y Fauna n 002408; Certificado legal de posesión, recolección y transporte del material biológico n 335/11).

Medición de TLR

Para determinar las especializaciones fisiológicas al estrés térmico, se midió la producción de dióxido de carbono y vapor de agua de cada escarabajo, mediante respirometría de flujo siguiendo métodos descritos previamente (Lighton & Turner, 2004; MacMillan et al., 2012; Verdú et al., 2019). Individuos de *E. belenae* (n = 5), *E. cyclosoma* (n = 6), *A. fedemariae* (n = 9), *A. cavifrons* (n = 11), *A. heteroclyta* (n = 9) y *A. biloba* (n = 6) se colocaron individualmente en una cámara de medición respirométrica de metacrilato (15 x 5 x 5 cm). La cámara se colocó encima de una placa digital de precisión (J. P. Selecta, Barcelona, España), y se aplicó en el interior de la cámara un aumento de temperatura de 0,32°C min⁻¹, de 25 a 60°C. Se hizo pasar aire seco y sin CO₂ a través de la cámara a una velocidad de 150 ml min⁻¹ mediante una bomba de gas Q-P103 (Qubit Systems Inc. Kingston, ON, Canadá), y el caudal se controló mediante una válvula de purga de presión de gas (Qubit Systems Inc. Kingston, ON, Canadá) conectada a un controlador y monitor de gas G-265 (Qubit Systems Inc. Kingston, ON, Canadá). Antes de la entrada a la cámara, la humedad relativa, el punto de rocío y el vapor de agua se controlaron con un sistema RH-300 (Sable Systems International, North Las Vegas, EE.UU.). Los datos de concentración de dióxido de carbono y vapor de agua del aire producido por los escarabajos dentro de la cámara se detectaron y midieron con un analizador de gases infrarrojos Li7000 (LiCor, Lincoln, NE, EE.UU.). El dióxido de carbono y vapor de agua se registraron mediante una interfaz UI2 y el software Expedata (Sable Systems International, North Las Vegas, EE.UU.). Los datos de dióxido de carbono y vapor de agua se convirtieron en la tasa de emisión de dióxido de carbono (VCO₂, en ml h⁻¹) y la tasa de pérdida de vapor de agua (VH₂O, en ml h⁻¹) utilizando el software Expedata.

Temperatura corporal y actividad para el bioensayo TLR

Sincronizados con los ensayos TLR, las temperaturas y los movimientos de los escarabajos se registraron con una cámara infrarroja térmica FLIR ThermaCam P620. Las secuencias infrarrojas (IR) se grabaron digitalmente a 10 fotogramas s⁻¹. Las temperaturas corporales de cada individuo se midieron utilizando (software ThermaCAM TM Researcher v 2.9). Para ajustar la emisividad de la cutícula de las especies Eucraniini, se midió la emisividad de la cutícula a diferentes temperaturas (40-70°C) utilizando cutículas frescas de las especies, obteniendo un valor similar de 0,98. Para las mediciones, utilizamos cinta aislante (método de referencia descrito en la norma ISO 18434-1) y pintura negra (NEXTEL-Velvet-Coating 811-21) como referencias.

Tabla 1. Descripción de las variables explicativas derivadas

Acronym (units)	Expression
Body temperature	
$rSHST$ ($^{\circ}\text{C min}^{-1}$)	$rSHST = \frac{HRT - SHST}{t_2 - t_1}$
$rHRT$ ($^{\circ}\text{C min}^{-1}$)	$rHRT = \frac{CST - HRT}{t_3 - t_2}$
rTR ($^{\circ}\text{C min}^{-1}$)	$rTR = \frac{CT_{max} - HRT}{t_4 - t_3}$
iTR ($^{\circ}\text{C}$)	$iTR = \int_{t_2}^{t_4} T_c - \int_{t_2}^{t_4} T_b$
Carbon dioxide production	
$VCO_{2\text{ SSHT}}$ (ml h^{-1})	$VCO_{2\text{ SSHT}} = \frac{VCO_{2\text{ HRT}} - VCO_{2\text{ SHST}}}{t_2 - t_1}$
$VCO_{2\text{ HRT}}$ (ml h^{-1})	$VCO_{2\text{ HRT}} = \frac{VCO_{2\text{ CST}} - VCO_{2\text{ HRT}}}{t_3 - t_2}$
iCO_2 (ml)	$iCO_2 = \int_{t_1}^{t_5} VCO_2$
Water vapour production	
$VH_2O_{\text{ SSHT}}$ ($\text{ml}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	$VH_2O_{\text{ SSHT}} = \frac{VH_2O_{\text{ HRT}} - VH_2O_{\text{ SHST}}}{t_2 - t_1}$
$VH_2O_{\text{ HRT}}$ ($\text{ml}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	$VH_2O_{\text{ HRT}} = \frac{VH_2O_{\text{ CST}} - VH_2O_{\text{ HRT}}}{t_3 - t_2}$
iH_2O (ml)	$iH_2O = \int_{t_1}^{t_5} VH_2O$

Referencias: (a) el ensayo de respuesta al calor (t1, t2, t3, t4 y t5 corresponden a los momentos en los que el inicio del estrés térmico (SHST), la regulación térmica (HRT) cierre de los espiráculos respiratorios, máximo térmico crítico (CTmax) y máxima letal (ULT), respectivamente).

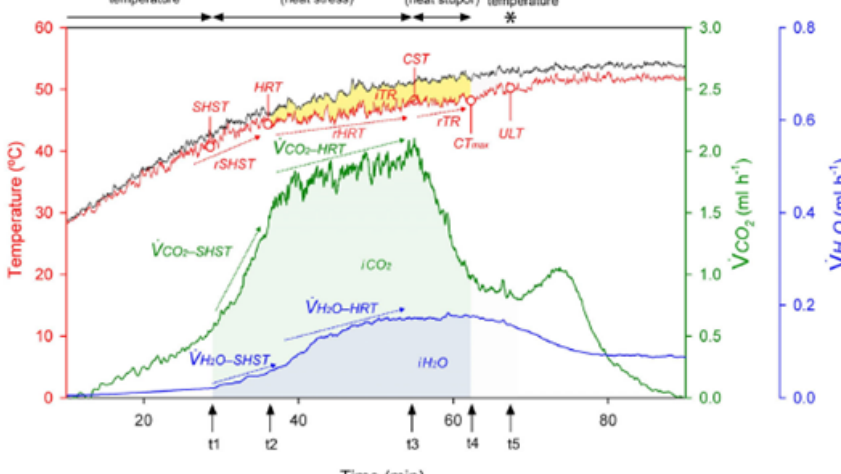
En cada experimento, se colocó un escarabajo vivo en el centro de la cámara sobre una tira de poliuretano para evitar el contacto entre los escarabajos, utilizando un alfiler pegado al protórax con un adhesivo inocuo y termorresistente. Un individuo muerto o "control" de cada especie para discriminar la respuesta térmica fisiológica activa de los individuos vivos. Este individuo "de control" también nos permite obtener una medición no sesgada de la temperatura ambiente mediante la cámara infrarroja térmica, ya que ambos individuos (el vivo y el muerto) tienen la misma emisividad térmica. Los individuos fueron previamente sacrificados por congelación y posteriormente deshidratados durante 72 h a 80C. El escarabajo "control" se colocó a 3 cm del individuo vivo dentro de la cámara. La parte frontal de la cámara del respirómetro se cubrió herméticamente con una fina película de polipropileno (80 μm) transparente a la radiación infrarroja (IR) pero impermeable al dióxido de carbono. La corrección de la temperatura por absorción de polipropileno se realizó utilizando una placa de referencia recubierta con pintura negra (NEXTEL-Velvet-Coating 811-21), parcialmente cubierta con la película de polipropileno y midiendo la emisión IR a diferentes temperaturas (20-60C).

Variables explicativas del bioensayo TLR-IR

Las variables relacionadas con el estrés y los límites térmicos superiores han sido seleccionados debido a su importancia en la caracterización del nicho térmico. En base a estudios previos (Gallego et al., 2016; Verdú et al., 2019), se identificaron tres rangos de temperatura y un total de 15 variables para la respuesta al estrés térmico mediante el análisis de las Secuencias de vídeo IR y perfiles de respirometría obtenidos (ver Tabla 1 y Figura 2). El rango de temperatura de actividad supraóptima (SAR) comprende un rango de temperaturas en el que el individuo abandona su temperatura de confort (rango de temperatura óptima) y comienza a aumentar su tasa metabólica a través de la respiración debido a un aumento de su movilidad por estrés térmico que en el comportamiento se traduce en la búsqueda de un lugar con temperaturas más bajas (búsqueda de sombra, enterramiento, etc. en condiciones de campo). Durante este periodo, el individuo puede regular su temperatura corporal en función del estrés térmico que sufra. El RAS puede dividirse en dos fases diferenciadas por la $V \text{ CO}_2$: (i) la temperatura de inicio del estrés térmico (SHST); y (ii) la temperatura de regulación del calor (HRT, el punto en el que la temperatura de los individuos vivos comenzó a disminuir con respecto a la del individuo de control). En el intervalo SAR, definimos ocho variables explicativas (Tabla 1, Figura 1). Durante la primera fase del rango SAR, el rSHST se definió como la pendiente del aumento de temperatura ($^{\circ}\text{C min}^{-1}$) de los individuos vivos (de SHST a HRT). La rHRT se definió como la pendiente del aumento de temperatura ($^{\circ}\text{C min}^{-1}$) de los individuos vivos durante la segunda fase del intervalo SAR (de HRT a CST, definida como la temperatura corporal a la que se produce el cierre de los espiráculos respiratorios). Durante el inicio de la fase de estrés térmico, la $V \text{ CO}_2 \text{ SHST}$ y $V' \text{ H}_2\text{O SHST}$ se definieron como las pendientes de dióxido de carbono (ml h^{-1}) y vapor de agua (ml h^{-1}) producidos por individuos vivos. En la siguiente fase del inicio de la termorregulación, definimos tanto $V \text{ CO}_2 \text{ HRT}$ como $V \text{ H}_2\text{O HRT}$ calculados como las pendientes de dióxido de carbono (ml h^{-1}) y vapor de agua (ml h^{-1}) producidos por los individuos. Para medir la capacidad total de emisión de CO_2 y H_2O durante la respuesta al estrés térmico, definimos tanto $i\text{CO}_2$ como $i\text{H}_2\text{O}$ como el área bajo $V' \text{ CO}_2$ y $V' \text{ H}_2\text{O}$, respectivamente, desde el inicio de la fase SAR hasta la temperatura letal superior (ULT, descrita más adelante). Todas las variables metabólicas explicativas se normalizaron por el peso corporal de cada individuo.

El CTmáx se
movimientos
Klok & Chor
Verdú et al.
visualizado p
rango de ten
se paraliza
dióxido de c
Heinrich et a
individuos, l
experimento
medición de
OH, EE.UU.)

se paraliza el
dióxido de co
Heinrich et al
individuos, la
experimento
medición de
OH, EE.UU.)



que muestran todas las variables explicativas medidas en los bioensayos.

TLR de un individuo de *Anomiopsoides heteroclyta* (Ah8, macho, 0,51 g de peso corporal) durante la respuesta al estrés térmico mostrando V CO₂ (en verde), V H₂O (en azul) y perfiles de temperatura corporal (individuo vivo en rojo y control en gris). El borde superior describe (con flechas) los diferentes rangos de temperatura descritos en cada caso. Las flechas (t1-t5) en el eje x corresponden a los momentos utilizados en las expresiones descritas en la tabla 1.

Análisis de los datos estadísticos del TLR-IR

El análisis de regresión mínima parcial (PLSR) fue la técnica multivariante adecuada para analizar el gran número de posibles explicativas, así como su uso para aquellas especies con un número de individuos disponibles. PLSR encuentra componentes latentes que son combinaciones lineales de muchos predictores multicolineales y puede maximizar la varianza explicada de varias respuestas correlacionadas como una técnica estadística técnica estadística muy adecuada cuando se utilizan datos fisiológicos térmicos (Carrascal et al., 2009; Gallego et al., 2016, 2017; Verdú et al., 2019). Así, las variables de respuesta fisiológica consideradas se agrupan en síndromes compuestos por un número reducido de nuevos componentes ortogonales derivados de la combinación lineal de predictores (en este caso, la especie y el peso corporal fresco). El vínculo entre síndromes y variables de respuesta permite identificar los parámetros más relevantes capaces de discriminar entre las especies examinadas. Esta propiedad del PLSR, así como su capacidad para trabajar con un número reducido de unidades de muestreo, maximiza la probabilidad de obtener diferencias significativas en las respuestas térmicas de las especies cuando los datos disponibles son escasos (Gallego et al., 2016; Verdú et al., 2019).

Para analizar las diferencias estadísticas en la variación fisiológica entre especies, un peso proporcional a su capacidad explicativa (valores propios obtenidos en el análisis PLSR) a cada componente PLSR para generar una matriz de similitud triangular mediante la distancia euclidiana capaz de reflejar mejor la similitud fisiológica entre todas las especies consideradas. Entre especies, las diferencias se analizaron mediante un análisis multivariante permutacional de la varianza (PERMANOVA) sobre estos nuevos componentes ortogonales. Comparaciones post-hoc se obtuvieron calculando un estadístico pseudo-F para cada sitio y los valores p se estimaron mediante un procedimiento de permutación (9999 iteraciones en este estudio) seguido de una corrección de Bonferroni a los valores p. Por último, se utilizó un escalado multidimensional para proporcionar una representación visual bidimensional de la de la similitud metabólica fisiológica de las especies según sus componentes sindrómicos antes mencionados. Los datos se analizaron utilizando Statistica 12 de StatSoft (StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, EE.UU.) y el software PRIMER v.6 (Anderson et al., 2008).

Resultados

Distribución temporal y térmica del nicho

Observamos un total de 308 escarabajos peloteros Eucraniini en ambos lugares. En Lavalle (Figura 3a,b), *E. belenae* (n = 20) estuvo activo principalmente durante la por la mañana y por la tarde, cuando las temperaturas del suelo rondaban los 28.3 6.0C (media 95% CI); durante su actividad, las temperaturas corporales registradas fueron de 27,6 5,3C. *A. cavifrons* (n = 129) estuvo activo después del mediodía, cuando las temperaturas del suelo eran de unos 34,0 7,0C, y mostró temperaturas corporales superiores a 32,6 5,5C. La actividad de *A. fedemariae* (n = 32) estaba bien definida justo antes del mediodía cuando la temperatura del suelo era superior a 42,2 8,2C, y la temperatura corporal se situó en torno a 37,8 5,1C. En el sitio de Aimogasta (Figura 3c,d), *E. cyclosoma* (n = 8) fue observado durante la mañana cuando la temperatura del suelo era de alrededor de 31.4 0.8C, y la temperatura corporal era de 32,2 2,0C. *Anomiopsoides biloba* (n = 34) estuvo activo desde la mañana hasta el mediodía, cuando las temperaturas del suelo alcanzaron los 44,9 6,4C, y la temperatura corporal de los escarabajos era de 42,6 3,6C. La actividad de *A. heteroclyta* (n = 70) estuvo bien definida justo antes del mediodía, cuando la temperatura del suelo era superior a 41,5 4,6C, y las temperaturas corporales alcanzaron 40.3 2.7C.

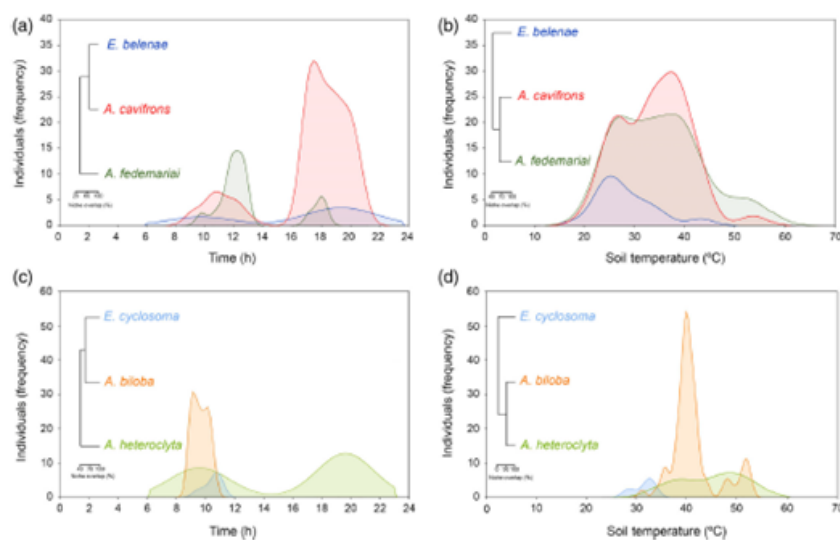


Figura 3. Distribución temporal (tiempo diario) y térmica (temperatura del suelo) del nicho de las especies de Eucraniini en el sitio de Lavalle (a y b) y en el sitio de Aimogasta (c y d). Aimogasta (c y d). Los dendrogramas muestran el solapamiento de nicho basado en el índice de Czekanowski (en porcentaje) entre especies tanto en el eje temporal como en el térmico.

Aparece una diferenciación de nicho significativa entre todas las parejas de especies simpátricas cuando se utilizó la actividad diurna como eje focal del nicho. Sin embargo, se observó un solapamiento temporal parcial pero no significativo entre *E. belenae* y *A. cavifrons* ($O = 0,68$; $p = 0,09$), en el yacimiento de Lavalle (Figura 3a,b); y entre *E. cyclosoma* y *A. biloba* ($O = 0,55$; $p = 0,148$), en Lavalle; $p = 0,148$), en el sitio de Aimogasta (Figura 3c,d). Considerando la temperatura del suelo, se observó una clara diferenciación del nicho térmico entre especies simpátricas. Como en el caso del eje temporal, se observaron casos no significativos de solapamiento de nicho térmico entre especies simpátricas. Solapamiento de nicho térmico entre *A. fedemariae* y *A. fedemariae*. entre *A. fedemariae* y *A. cavifrons* ($O = 0,63$; $p = 0,07$) en Lavalle (Figura 3a,b). (Figura 3a,b); y entre *A. heteroclyta* y *A. biloba* ($O = 0,54$; $p = 0,06$) en el sitio de Aimogasta (Figura 3c,d).

Respuesta fisiológica al estrés térmico

Se obtuvieron tres componentes PLSR significativos en respuesta al estrés térmico. Calor (véase la Tabla 2 para los detalles estadísticos). Primer componente de peso corporal durante los bioensayos (Tabla 2 y Figura 4a). Variables asociadas a los límites térmicos (CTmax y ULT), fase de mayor estrés térmico (HRT, rHRT, iTR e iH2O), y la pendiente del aumento de temperatura durante el inicio del estrés térmico (rSHST) también fueron estadísticamente significativos para explicar la variabilidad de este componente. Este componente se ve asociado positivamente con la pérdida de peso corporal, así como con una mayor producción de vapor de agua durante la fase de regulación del calor, la ULT y la temperatura máxima crítica (CTmax) experimentada por los individuos. La variabilidad de este componente es por el peso corporal y el factor de identidad de la especie (véase la Tabla 2). Además, este componente mostró que las especies más pequeñas, *A. cavifrons* y *A. biloba*, eran especies correlacionadas con altas altas (iTR, rHRT, HRT) y límites térmicos más altos (CTmax y ULT). (CTmax y ULT), lo que se asoció a una mayor pérdida de peso pérdida de peso corporal y emisión de vapor de agua (iH2O). Por el contrario, las especies mayores, como *E. belenae* y *E. cyclosoma*, mostraron una correlación negativa correlación con la pérdida de peso corporal y las variables asociadas con la regulación del alto estrés y los límites térmicos (iTR, rHRT, HRT, iH2O, CTmax y ULT) (Tabla 2 y Figura 4a).

Tabla 2. Detalles estadísticos

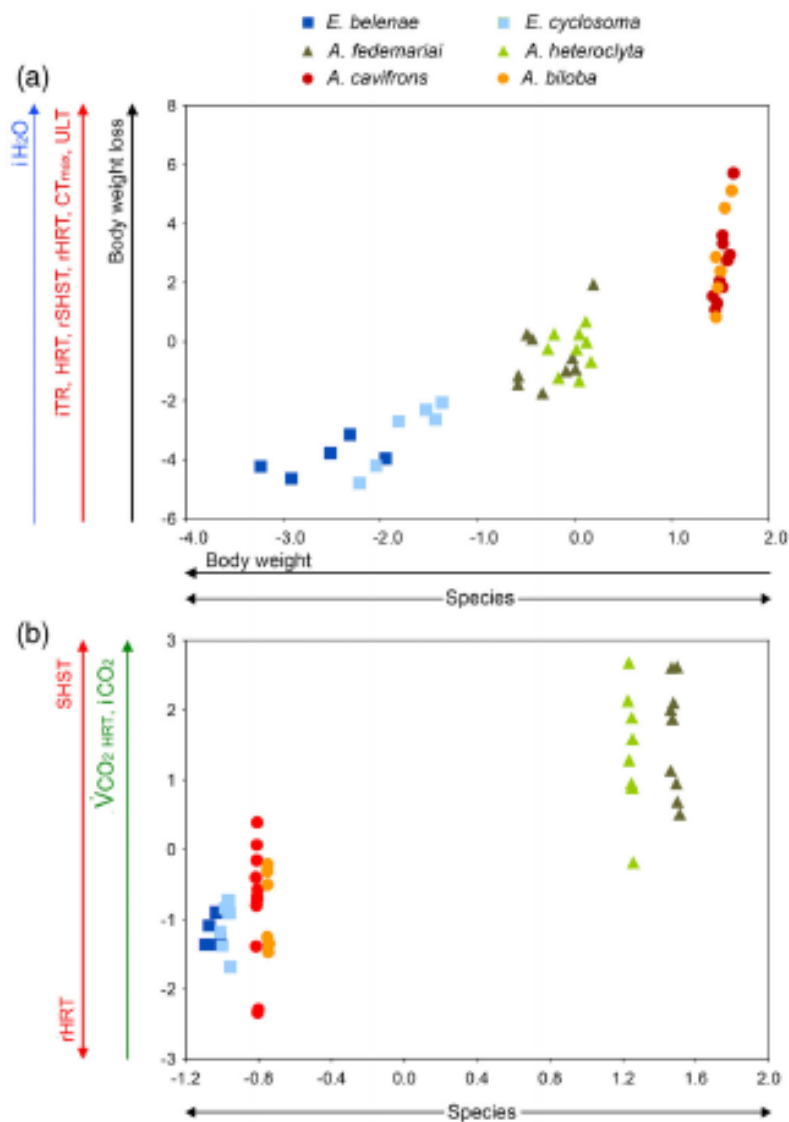
	PLS1	R ² (%)	PLS2	R ² (%)	PLS3	R ² (%)
<i>Response variables</i>						
Loss of body weight	0.37*	45.57	-0.25	13.23	-0.05	0.33
SHST	0.17	9.56	0.31*	20.37	-0.17	4.71
iSHST	0.33*	36.65	-0.21	9.55	0.10	1.69
HRT	0.33*	36.65	0.07	1.11	-0.14	3.12
iHRT	0.30*	30.57	-0.26*	13.82	0.23	8.02
rTR	0.22	15.95	-0.23	11.13	-0.27*	11.69
iTR	0.35*	42.18	-0.17	5.99	0.11	1.91
CT _{max}	0.27*	24.63	-0.11	2.33	-0.03	0.16
ULT	0.28*	25.86	0.05	0.63	0.17	4.50
VCO _{2 SHST}	0.20	13.25	0.07	1.02	0.29*	12.96
VCO _{2 HRT}	0.12	5.25	0.48*	48.29	-0.36*	19.80
iCO ₂	0.15	7.62	0.59*	73.12	0.08	1.08
VH ₂ O _{HRT}	0.19	11.92	-0.11	2.46	-0.54*	45.45
iH ₂ O	0.28*	25.82	0.17	6.44	0.49*	37.54
R ² (%)	39.85		9.67		4.09	
<i>Predictors</i>						
Body weight	-0.67*		-0.10		-0.01	
<i>Species</i>						
<i>Anomalopoides biloba</i>	0.28*		-0.24*		0.73*	
<i>Anomalopoides cavifrons</i>	0.41*		-0.37*		-0.60*	
<i>Anomalopoides fedemariai</i>	-0.06		0.60*		-0.23	
<i>Anomalopoides heteroclyta</i>	0.00		0.50*		0.24*	
<i>Eucranium belense</i>	-0.44*		-0.30*		-0.02	
<i>Eucranium cyclosoma</i>	-0.33*		-0.31*		0.04	
Eigenvalues	2.08		1.23		1.21	

Note: The variables whose square weights are larger than 1/number of variables (15 response and 2 predictor variables; i.e., magnitude effect larger than that expected by chance), and therefore are statistically significant, are indicated with asterisks. Response variables as defined in Table 1 and Figure 4.

El segundo componente se explica en gran medida por las variables metabólicas variables asociadas a la fase de mayor estrés térmico (V HRT de CO₂ e iCO₂), la capacidad de regulación del exceso de temperatura (rHRT) y la temperatura al inicio de la fase de estrés térmico (SHST) y (Tabla 2 y Figura 4b). Así pues, el inicio del estrés térmico y la capacidad de termorregulación de los individuos durante la fase de mayor estrés térmico se asociaron positivamente con una mayor producción de dióxido de carbono. La variabilidad de este componente sólo se explica por el factor de identidad de especie según los pesos de los predictores (véase la Tabla 2). Este síndrome mostró que las especies de tamaño medio, *A. fedemariai* y *v. A. heteroclyta*, mostraron una fuerte correlación positiva con el alto volumen de dióxido de carbono exhalado (iCO₂) y capacidad de termorregulación, mientras que las especies más grandes y más pequeñas mostraron una menor de temperatura (rHRT elevada) (Tabla 2 y Figura 4b). El tercer componente fue explicado por variables relacionadas con las fases de regulación del calor (rTR, iH₂O, VH₂O HRT y VCO₂ HRT) y por variables relacionadas con el inicio de la fase de estrés térmico (VCO₂ SHST) (Tabla 2 y Figura 4c). La variabilidad de este componente, fuertemente influida por las variables de termorregulación también se explica por el factor de identidad de especie según los pesos de los predictores (véase la Tabla 2). Este componente del PLSR mostró que *A. biloba* y *A. heteroclyta* eran las variables relacionadas con la regulación de la temperatura corporal (rSHST y rSHST). Además, *A. cavifrons* mostró una mayor correlación con la tasa de producción de vapor de agua y dióxido de carbono (VH₂O HRT, VCO₂ HRT) y la tasa de termorregulación (rTR) durante la fase de regulación térmica (Tabla 2 y Figura 4c).

Variación ecofisiológica interespecífica

Observamos diferencias notables en los rasgos metabólicos fisiológicos relacionados con la termorregulación térmica y la tolerancia al estrés térmico entre las especies de Eucraniini estudiadas (pseudo-F = 47,01, permutación N = 9999, $p = 0,0001$; Figura 5). En el sitio de Lavalle, todas las especies simpátricas mostraron diferencias metabólicas fisiológicas estadísticamente significativas (*E. belenae* vs. *A. fedemariae*: Bonferroni corregido $p < 0,001$; *E. belenae* vs. *A. cavifrons*: Bonferroni corregido $p < 0,001$; *A. fedemariae* vs. *A. cavifrons*: Bonferroni corregido $p < 0,001$). En el sitio de Aimogasta, se obtuvieron diferencias metabólicas fisiológicas significativas similares entre todas las especies de este ensamblaje (*E. cyclosoma* frente a *A. heteroclyta*: Bonferroni corregido $p < 0,001$; *E. cyclosoma* una compuesta por las dos especies de Eucranium (Bonferroni $p = 0,07$).



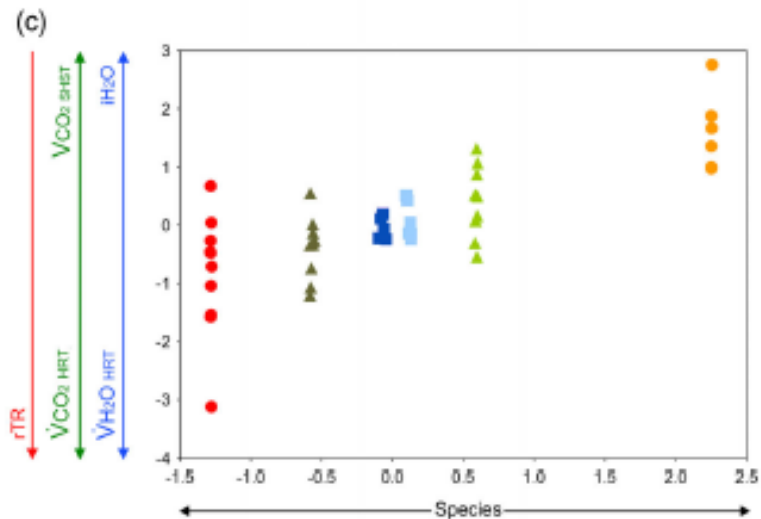


Figura 4. Relación entre los componentes PLSR para las variables de respuesta y predictores obtenidos en la respuesta al estrés térmico de especies de Eucraniini.

a) Primer síndrome ecofisiológico obtenido, que se asocia positivamente con la pérdida de peso corporal, la emisión total de H₂O (iH₂O) y con variables de regulación del estrés térmico (HRT, rHRT, iTR) y límites térmicos (CT_{max}, ULT). El peso corporal y la identidad de especie fueron los predictores que influyeron significativamente en este componente derivado de las variables de respuesta. b) el segundo síndrome termorregulador obtenido se asoció positivamente con la fase de mayor estrés térmico (VCO₂ HRT e iCO₂), la temperatura de inicio del estrés térmico (SHST) y con la capacidad de regulación del exceso de temperatura (rHRT; los valores altos indican una baja capacidad de termorregulación). La identidad de especie fue el único predictor que influyó significativamente en este componente derivado de las variables de respuesta. c) El tercer síndrome termorregulador obtenido se asoció negativamente asociado con las tasas de producción de CO₂ y H₂O durante la fase de termorregulación del rango de temperatura supraóptima (VCO₂ HRT, VH₂O HRT) y la capacidad total de regulación del exceso de calor (iTR), y se asoció positivamente a la tasa de emisión de CO₂ durante la fase de inicio del estrés térmico (VCO₂ SHST) y la emisión total de vapor de agua (iH₂O). La identidad de especie fue el único predictor que influyó significativamente en este componente derivado de las variables de respuesta. Las flechas representan el signo de las relaciones. Sólo se han representado las estadísticamente significativas.

Discusión

Segregación del nicho térmico en los ensamblajes de Eucraniini

Ambos conjuntos de Eucraniini mostraron patrones similares de segregación de nicho térmico, mostrando diferentes preferencias de temperatura durante el transcurso de la actividad diaria (Figura 3). Las dos especies de Eucranium prefirieron temperaturas del suelo más bajas, en torno a los 30C, mientras que las especies de Anomiopsoides preferían temperaturas más altas en torno a los 40C. Así pues, las especies de Eucranium son activas principalmente durante por la mañana y por la tarde, adoptando una estrategia de "minitérmica" al buscar alimento cuando la temperatura corporal es muy inferior a sus límites térmicas (CT_{máx}, ULT; véanse la Figura 4a y la Tabla S1), mientras que las especies de Anomiopsoides preferían estar activas antes del mediodía o por la tarde, adoptar una estrategia de "maxitermia" forrajeando cuando las temperaturas corporales cuando la temperatura corporal se acerca a sus límites térmicos (CT_{max}, ULT; véanse la Figura 4a y la Tabla S1). Esta estrategia de "maxitermia" (Angilletta et al., 2010; Hamilton, 1971, 1973) fue claramente adoptada por las especies de Anomiopsoides y como se ha sugerido para otras especies de insectos poiquiloterms que habitan en zonas áridas, podría constituir una estrategia modulada por la tasa metabólica y con ventajas significativas en su aptitud (Henwood, 1975).

Ambos ensamblajes mostraron segregación de nicho térmico entre todas las especies simpátricas minimizando el solapamiento durante su actividad diaria y las preferencias de temperatura del suelo. En los pocos casos en los que se observó un solapamiento parcial, las temperaturas del suelo y del cuerpo entre especies eran muy diferentes, lo que sugiere posibles diferencias en las preferencias microclimáticas durante su actividad. Los resultados sobre la segregación de la actividad diaria concuerdan con las observaciones descritas por Giménez Gómez et al. (2017) y Gillet y Gillet (2017) para el ensamblaje Eucraniini compuesto por *E. belenae*, *A. cavifrons* y *A. fedemariai*. Aunque nuestros resultados son coherentes con lo que se observado en la naturaleza, no excluimos que haya otras variables que también estén implicadas en la reducción del solapamiento de nicho entre las especies estudiadas, por ejemplo, preferencia y disponibilidad de alimento, estacionalidad y las posibles estrategias antipredadoras (Giménez Gómez et al., 2018; Hanski & Cambefort, 1991; Paine et al., 1981).

Nuestros resultados muestran que la tolerancia térmica de las especies no voladoras de Eucraniini estaba parcialmente modulada por adaptaciones conductuales para explotar en el rango diario de temperatura diferentes microhábitats existentes en la misma área local. Sin embargo, las diferencias entre T_s y T_b obtenidas durante la actividad diurna sugieren la existencia de mecanismos termorreguladores complementarios relacionados con la eliminación del exceso de temperatura. Este comportamiento es común en los escarabajos peloteros homeotermos donde existen diferentes mecanismos para eliminar el exceso de calor producido durante el vuelo (Bartholomew & Heinrich, 1978; Caveney et al., 1995; Chown et al., 1995; Gallego et al., 2018; Verdú et al., 2004, 2006, 2012; Ybarrondo & Heinrich, 1996). Sin embargo, en escarabajos estercoleros ectotérmicos escarabajos estercoleros, como las especies de Eucraniini estudiadas, existen pocas observaciones, especialmente porque la ectotermia en los escarabajos peloteros medianos y grandes está relegada a un número relativamente pequeño de especies no voladoras que habitan desiertos, alta montaña o islas (Scholtz, 2000). De los estudios realizados sobre escarabajos peloteros no voladores, podemos destacar que a pesar de no requieren mecanismos para la eliminación del exceso de calor durante el vuelo, las especies estudiadas presentan altas tasas de respiración que pueden estar asociada a una eventual termorregulación a elevadas temperaturas ambientales (Duncan & Byrne, 2005; Gallego et al., 2018). Con el fin de esclarecer los posibles mecanismos adaptativos de termorregulación que ayuden a explicar con mayor precisión la segregación de nichos en Eucraniini, es necesario explorar estos mecanismos desde un punto de vista fisiológico punto de vista fisiológico.

Adaptaciones ecofisiológicas

Cuando los escarabajos peloteros Eucraniini fueron expuestos a temperaturas supraóptimas (rango SAR), el aumento de la tasa metabólica medida a partir de la producción de dióxido de carbono promovió una regulación eficaz del exceso de calor que permitió una disminución de su temperatura corporal por enfriamiento evaporativo. Dentro de los Eucraniini ectotérmicos estudiados, existen divergencias significativas en las preferencias temporales y ambientales, ambientales, lo que implica que no es plausible un patrón ecofisiológico el estrés térmico. Aunque a partir de los síndromes ecofisiológicos obtenidos, pudimos diferenciar tres grupos correspondientes a cada par de especies con un tamaño relativamente similar (Figura 4). También encontramos una mayor diferenciación interespecífica que nos permite diferenciar ecofisiológicamente cada especie (Figura 5).

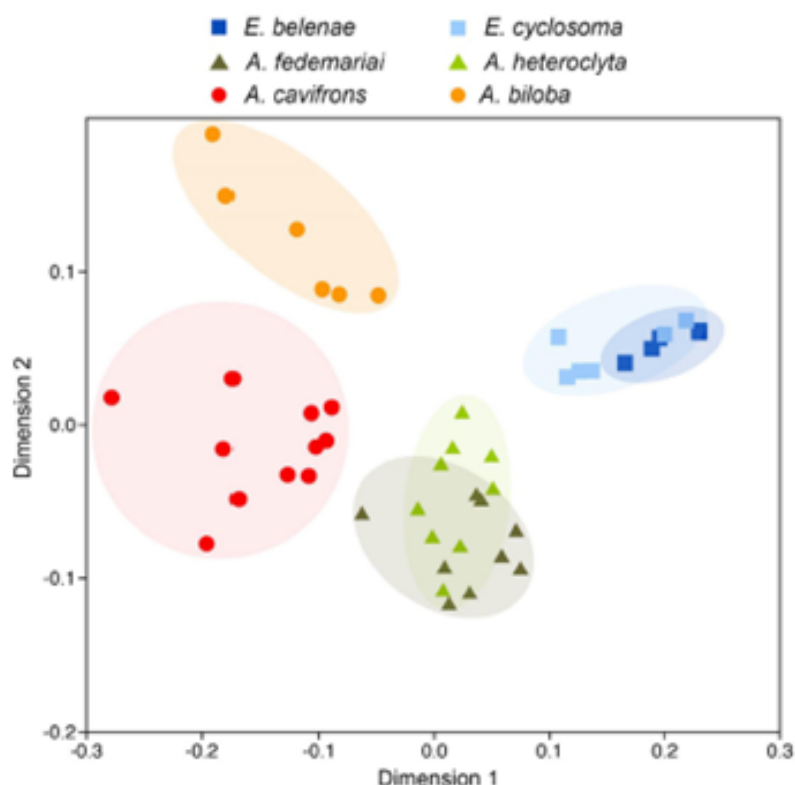


Figura 5. Representación bidimensional a escala multidimensional (MDS) de la matriz de similitud ecofisiológica según los tres síndromes obtenidos.

Únicamente las elipses superpuestas no mostraron diferencias significativas en los rasgos metabólicos fisiológicos (véase el texto para los resultados estadísticos PERMANOVA).

Esta amplia gama de nichos ecofisiológicos puede ser una de las razones por las que tribu Eucraniini es tan relativamente diversa en los ambientes áridos de Argentina, explicando el bajo solapamiento de nicho observado, y por tanto la alta simpatría observada en este grupo (Figura 3). Sorprendentemente, ambos ensamblajes han resultado ser similares desde un punto de vista ecológico, pero también fisiológico, lo que refuerza la idea de una diversidad ecofisiológica que determina la configuración de estos ensamblajes con una estructura jerárquica similar esta capacidad limitada para disminuir el exceso de temperatura (cf. rHRT y iTR) y tener límites térmicos relativamente bajos puede ser la razón por la que la actividad diaria de *E. belenae* y *E. cyclosoma* se relegaba a las horas horas del día, manteniendo una tasa metabólica más baja y evitando los periodos más calurosos del día, como se observó en el campo (Figura 3). Esta Esta estrategia alternativa a la "maxitermia" se ha observado en escarabajos tenebriónidos tenebriónidos del norte de Namibia, donde dos grandes especies de *Onymacris* Allard se limitan a las horas más frías del día, mientras que la pequeña *Stenocara desertica* Koch, 1952 presentan su actividad en las horas más calurosas del día (Henwood, 1952). horas más calurosas del día (Henwood, 1975).

Por el contrario, las especies que registraron temperaturas corporales más elevadas, las especies de tamaño medio *A. fedemariai* y *A. heteroclyta*, produjeron más dióxido de carbono (VCO_2 HRT, iCO_2) que las demás especies, y así termorregularon más eficientemente, disminuyendo la pendiente del aumento de la temperatura corporal (rHRT) (Figura 4). En general, las especies de Anomiopsoides mostraron una clara adaptación a la actividad durante los periodos del día en los que la temperatura del suelo superaba los 50C (Figura 3). Esta adaptación estaba fuertemente apoyada por los síndromes fisiológicos que describen la resistencia al estrés térmico y una eficiente disminución del exceso de temperatura por termorregulación (cf. SHST, HRT, iTR; Figura 4 y Tabla S1), presentando para estas especies valores muy próximos al choque térmico descrito para escarabajos peloteros heterotérmicos en vuelo (42C, ver Verdú et al. heterotérmicos en vuelo (42C, ver Verdú et al., 2006). Así, pudimos comprobar una clara tendencia de estas especies hacia la hipótesis de la 'maxitermia' hipótesis, que se ha propuesto como un mecanismo dirigido a mantener T_b elevadas porque conducen a tasas más altas de muchos procesos metabólicos y, por tanto, ventajosos. Sin embargo, este mecanismo no fue similar en todas las especies de Anomiopsoides, ya que mientras que en *A. heteroclyta* y *A. fedemariai*, la eliminación del exceso de temperatura corporal tenía un componente claramente metabólico representado por las altas tasas de emisión de dióxido de carbono. En las especies más pequeñas *A. biloba* y *A. cavifrons*, la termorregulación de su temperatura corporal no estuvo acompañada de una respuesta metabólica significativa, por lo que parece que, en estas especies pequeñas, ya que muestran T_b estrechamente relacionadas con las T_s , el enfriamiento por convección enfriamiento puede ser el mecanismo más frecuente, coincidiendo con modelos termodinámicos encontrados en ectotermos terrestres (Porter & Gates, 1969; Stevenson, 1985).

En conclusión, basándonos en los resultados de este estudio, sugerimos que la partición de recursos térmicos en ectotermos de ambientes áridos está muy extendida teniendo en cuenta la importancia de la temperatura su rendimiento y aptitud, teniendo en cuenta la gran heterogeneidad espacial y heterogeneidad espacial y temporal en estos ambientes, y considerando la gran diversidad de ensamblajes de muchos ectotermos en ecosistemas terrestres.

Aquí, la evidencia empírica tanto en rasgos conductuales como ecofisiológicos invocan la partición de recursos térmicos como minimizar la competencia interespecífica y permitir así la coexistencia de especies en los escarabajos peloteros Eucraniini. Futuros estudios sobre la preferencia trófica en especies simpátricas de Eucraniini podrán complementar el conocimiento de la segregación de nicho en este grupo de especies que, debido a su endemidad y carácter sin alas, son sin duda un grupo ideal para explorar desplazamientos en las diferentes dimensiones del nicho.

Contribuciones de los autores

Differential ecophysiological syndromes explain the partition of the thermal niche resource in coexisting Eucraniini dung beetles. José R. Verdú y Daniela Oliva concibieron las ideas y diseñaron metodología de campo. José R. Verdú, Daniela Oliva y Victoria C. Giménez Gómez recogieron los datos sobre el terreno. José R. Verdú, Vieyle Cortez y Victoria C. Giménez Gómez recogieron los datos en el laboratorio. José R. Verdú analizó los datos. Todos los autores a la redacción del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- [1] Abraham, E., del Valle, H.F., Roig, F., Torres, L., Ares, J.O., Coronato, F. et al. (2009) Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 73(2), 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.09.028>
- [2] Addo-Bediako, A., Chown, S.L. & Gaston, K.J. (2000) Thermal tolerance, climatic variability and latitude. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1445), 739–745. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1065>
- [3] Aguilar-Amuchastegui, N. & Henebry, G.M. (2007) Assessing sustainability indicators for tropical forests: spatio-temporal heterogeneity, logging intensity, and dung beetle communities. *Forest Ecology and Management*, 253(1–3), 56–67.
- [4] Anderson, M.J., Gorley, R.N. & Clarke, K.R. (2008) PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. Plymouth: PRIMER-E.
- [5] Andresen, E. (2003) Effect of forest fragmentation on dung beetles communities and functional consequences for plant regeneration. *Ecography*, 26, 87–97.
- [6] Andresen, E. & Feer, F. (2005) In: Forget, p.M., Lambert, J.E., Hulme, p.E. & Wall, S.B.V. (Eds.) *Predation, dispersal and seedling establishment*. Oxfordshire, UK and Cambridge, MA: CABI International.

- [7] Angilletta, M.J., Huey, R.B. & Frazier, M.R. (2010) Thermodynamic effects on organismal performance: is hotter better? *Physiological and Biochemical Zoology*, 83(2), 197–206. <https://doi.org/10.1086/648567>
- [8] Angilletta, M.J., Niewiarowski, p.H. & Navas, C.A. (2002) The evolution of thermal physiology in ectotherms. *Journal of Thermal Biology*, 27, 249–268. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(01\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(01)00094-8)
- [9] Audino, L.D., Louzada, J. & Comita, L. (2014) Dung beetles as indicators of tropical forest restoration success: is it possible to recover species and functional diversity? *Biological Conservation*, 169, 248–257.
- [10] Bartholomew, G.A. & Heinrich, B. (1978) Endothermy in African dung beetles during flight, ball making, and ball rolling. *Journal of Experimental Biology*, 73, 65–83.
- [11] Bennett, A.F. (1980) The thermal-dependence of lizard behavior. *Animal Behaviour*, 28, 752–762.
- [12] Carrascal, L.M., Galván, I. & Gordo, O. (2009) Partial least squares regression as an alternative to current regression methods used in ecology. *Oikos*, 118(5), 681–690. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.16881.x>
- [13] Caveney, S., Scholtz, C.H. & McIntyre, P. (1995) Patterns of daily flight activity in onitine dung beetles (Scarabaeinae: Onitini). *Oecologia*, 103, 444–452. <https://doi.org/10.1007/BF00328682>
- [14] Chao, A., Simon Freeman, R. & Grether, G. (2013) Patterns of niche partitioning and alternative reproductive strategies in an East African Dung Beetle Assemblage. *Journal of Insect Behavior*, 26, 525–539.
- [15] Chown, S.L., Scholtz, C.H., Klok, C.J., Joubert, F.J. & Coles, K.S. (1995) Ecophysiology, range contraction and survival of a geographically restricted African dung beetle (Coleoptera: Scarabaeidae). *Functional Ecology*, 9, 30–39. <https://doi.org/10.2307/2390087> da Silva, p.G., Vaz-de-Mello, F.Z. & Di Mare, R.A. (2012) Attractiveness of different bait to the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in forest fragments in extreme Southern Brazil. *Zoological Studies*, 51, 429–441.

- [16] Davis, A.L.V. (1996) Seasonal dung beetle activity and dung dispersal in selected south African habitats: implications for pasture improvement in Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58, 157–169.
- [17] Davis, A.L.V., Scholtz, C.H., Dooley, p.W., Bham, N. & Kryger, U. (2004) Scarabaeine dung beetles as indicators of biodiversity, habitat transformation and pest control chemicals in agro-ecosystems. *South African Journal of Science*, 100, 415–424.
- [18] Duncan, F.D. & Byrne, M.J. (2005) The role of the mesothoracic spiracles in respiration in flighted and flightless dung beetles. *The Journal of Experimental Biology*, 208, 907–914. <https://doi.org/10.1242/jeb.01479>
- [19] Feer, F. & Pincebourde, S. (2005) Diel flight activity and ecological segregation with in an assemblage of tropical forest dung and carrion beetles. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 21–30.
- [21] Feinsinger, P., Spears, E.E. & Poole, R.W. (1981) A simple measure of niche breadth. *Ecology*, 62, 27–32.
- [22] Gallego, B., Verdú, J.R., Carrascal, L.M. & Lobo, J.M. (2016) A protocol for analysing thermal stress in insects using infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 56, 113–121.
- [23] Gallego, B., Verdú, J.R., Carrascal, L.M. & Lobo, J.M. (2017) Thermal tolerance and recovery behaviour of *Thorectes lusitanicus* (Coleoptera, Geotrupidae). *Ecological Entomology*, 42(6), 758–767. <https://doi.org/10.1111/een.12447>
- [24] Gallego, B., Verdú, J.R. & Lobo, J.M. (2018) Comparative thermoregulation between different species of dung beetles (Coleoptera: Geotrupinae). *Journal of Thermal Biology*, 74, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2015.12.006>
- [25] Gardner, T.A., Hernández, M.I.M., Barlow, J. & Peres, C.A. (2008) Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for neotropical dung beetles. *Journal of Applied Ecology*, 45, 883–893.
- [26] Gaston, K.J. & Chown, S.L. (1999) Elevation and climatic tolerance: a test using dung beetles. *Oikos*, 86, 584–590. <https://doi.org/10.2307/3546663>

- [27] Gillet, M.p.T. & Gillet, C.p.D.T. (2017) New observations on three species of Eucraniine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Mendoza and San Juan Provinces, Argentina. *The Coleopterists Bulletin*, 71(4), 817–820. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-71.4.817>
- [28] Giménez G_omez, V.C., Lomáscolo, S.B., Zurita, G.A. & Ocampo, F. (2017) Daily activity patterns and thermal tolerance of three sympatric dung beetle species (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Eucraniini) from the Monte Desert, Argentina. *Neotropical Entomology*, 47(6), 821–827. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0567-2>
- [29] Giménez Gómez, V.C., Verdú, J.R., Vaz-de-Mello, F.Z. & Zurita, G.A. (2018) Influence of land use on the trophic niche overlap of dung beetles in the semideciduous Atlantic forest of Argentina. *Insect Conservation and Diversity*, 11, 554–564.
- [30] Giménez G_omez, V.C., Verdú, J.R. & Zurita, G.A. (2020) Thermal niche helps to explain the ability of dung beetles to exploit disturbed habitats. *Scientific Reports*, 10, 13364.
- [31] Giménez G_omez, V.C., Verdú, J.R. & Zurita, G.A. (2021) Dung beetle trophic ecology: are we misunderstanding resources attraction? *Ecological Entomology*, 46, 552–561.
- [32] Gittings, T., Giller, P. & Stakelum, G. (1994) Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia*, 38, 455–474.
- [33] Gotelli, N.J. & Entsminger, G.L. (2003) EcoSim: null models software for ecology, version 7. Burlington: Acquired Intelligence Inc. and Kesey-Bear. [WWW document]. Available at: <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm> [Accessed 13th Marzo 2020]
- [34] Halffter, G. & Edmonds, W. D. (1982) The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. A.C. (México, D. F), Instituto de Ecología.
- [35] Hamilton, W.J. (1971) Competition and thermoregulatory behavior of the Namib Desert tenebrionid beetle genus *Cardiosis*. *Ecology*, 52, 810–822.

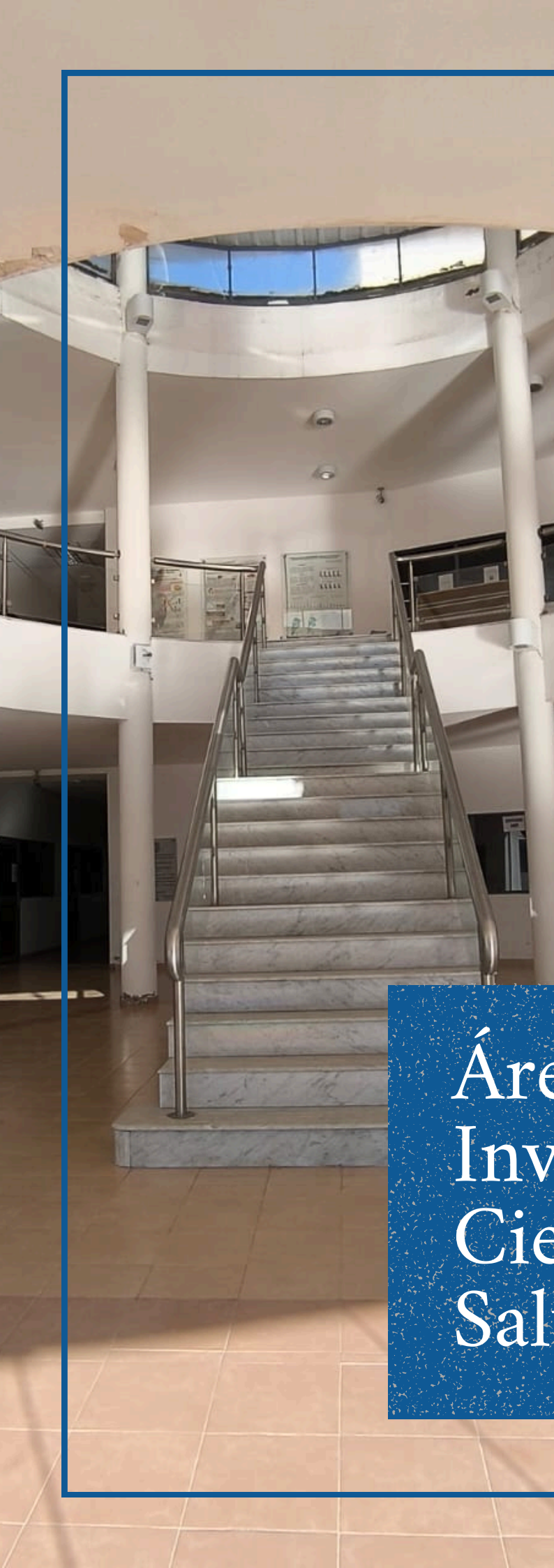
- [36] Hamilton, W.J. (1973) Life's color code. New York: McGraw-Hill. Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, p.D. (2001) PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9.
- [37] Hanski, I. & Camberfort, Y. (1991a) Competition in dung beetles. In: Hanski, I. & Camberfort, Y. (Eds.) *Dung beetle ecology*. Princeton: Princeton University Press, pp. 305–329.
- [38] Hanski, I. & Camberfort, Y. (1991b) Resource partitioning. In: Hanski, I. & Camberfort, Y. (Eds.) *Dung beetle ecology*. Princeton: Princeton University Press, pp. 330–349.
- [39] Hazell, S.P. & Bale, J.S. (2011) Low temperature thresholds: are chill coma and CTmin synonymous? *Journal of Insect Physiology*, 57, 1085–1089. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.04.004>
- [40] Hazell, S.P., Pedersen, B.P., Worland, M.R., Blackburn, T.M. & Bale, J.S. (2008) A method for the rapid measurement of thermal tolerance traits in studies of small insects. *Physiological Entomology*, 33(4), 389– 394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2008.00637.x>
- [41] Heinrich, E.C., Gray, E.M., Ossher, A., Meigher, S., Grun, F. & Bradley, T.J. (2017) Aerobic function in mitochondria persists beyond death by heat stress in insects. *Journal of Thermal Biology*, 69, 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.08.009>
- [42] Henwood, A. (1975) Field-tested thermoregulation model for two diurnal Namib desert tenebrionid beetles. *Ecology*, 56(6), 1329–1342.
- [43] Hernández, M.I.M. (2012) The night and day of dung beetles (Coleoptera, Scarabaeidae) in the Serra do Japi, Brazil: elytra colour related to daily activity. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46, 597–600.
- [44] Huey, R.B. (1982) Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In: Gans, C. & Pough, F.H. (Eds.) *Biology of reptilia*, Vol. 12. London: Academic, pp. 25–91.
- [45] Kawano, K. (1995) Habitat shift and phenotypic character displacement in sympatry of two closely related rhinoceros beetle species. *Annals of the Entomological Society of America*, 88, 641–652.

- [46] Klok, C.J. & Chown, S.L. (1997) Critical thermal limits, temperature tolerance and water balance of a sub-Antarctic caterpillar, *Pringleophaga marioni* (Lepidoptera: Tineidae). *Journal of Insect Physiology*, 43(7), 685–694. [https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(97\)00001-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(97)00001-2)
- [47] Krell-Westerwalbesloh, S., Krell, F.T. & Linsenmair, E. (2004) Diel separation of Afrotropical dung beetle guilds avoiding competition and neglecting resources (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Journal of Natural History*, 38, 2225–2249.
- [48] Lighton, J.R.B. & Turner, R.J. (2004) Thermolimit respirometry: an objective assessment of critical thermal maxima in two sympatric desert harvester ants, *Pogonomyrmex rugosus* and *P. californicus*. *Journal of Experimental Biology*, 207(11), 1903–1913. <https://doi.org/10.1242/jeb.00970>
- [49] Lobo, J.M. & Cuesta, E. (2021) Seasonal variation in the diel activity of a dung beetle assemblage. *PeerJ*, 9, e11786. <https://doi.org/10.7717/peerj.11786>
- [50] Lumaret, J.P. & Iborra, O. (1996) Separation of trophic niches by dung beetles (Coleoptera Scarabaeoidea) in overlapping habitats. *Pedobiologia*, 40, 392–404.
- [51] Lutterschmidt, W.I. & Hutchison, V.H. (1997) The critical thermal maximum: history and critique. *Canadian Journal of Zoology*, 75(10), 1561–1574. <https://doi.org/10.1139/z97-783>
- [52] MacMillan, H.A., Williams, C.M., Staples, J.F. & Sinclair, B.J. (2012) Metabolism and energy supply below the critical thermal minimum of a chill-susceptible insect. *Journal of Experimental Biology*, 215(8), 1366–1372. <https://doi.org/10.1242/jeb.066381>
- [53] Maleque, A.B., Maeto, K. & Ishii, H.T. (2009) Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. *Applied Entomology and Zoology*, 44, 1–11.
- [54] Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S. & Favila, M.E. (2008) Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461–1474.

- [55] Ocampo, F.C. (2005) Revision of the southern South American endemic genus *Anomiopsoides* Blackwelder, 1944 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Eucraniini) and description of its food relocation behavior. *Journal of Natural History*, 39, 2537–2557. <https://doi.org/10.1080/00222930502005928>
- [56] Ocampo, F.C. (2007) The Argentinean dung beetle genus *Anomiopsoides* (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Eucraniini): description of a new species, and new synonymies for *A. heteroclyta*. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 66(3-4), 159–168.
- [57] Ocampo, F.C. (2010) A revision of the Argentinean endemic genus *Eucranium* Brullé (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) with description of one new species and new synonymies. *Journal of Insect Science*, 10(205), 1–25. <https://doi.org/10.1673/031.010>.
- [58] Ocampo, F.C. & Hawks, D.C. (2006) Molecular phylogenetics and evolution of the food relocation behaviour of the dung beetle tribe Eucraniini (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Invertebrate Systematics*, 20, 557–570. <https://doi.org/10.1071/IS05031>
- [59] Paine, T.D., Birch, M.C. & Svihra, P. (1981) Niche breadth and resource partitioning by four sympatric species of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Oecologia*, 48, 1–6.
- [60] Peck, S.B. & Forsyth, A. (1982) Composition, structure, and competitive behaviour in a guild of Ecuatorian rain forest dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Canadian Journal of Zoology*, 60, 1624–1634.
- [61] Penttilä, A., Slade, E.M., Simojoki, A., Riutta, T., Minkkinen, K. & Roslin, T. (2013) Quantifying beetle-mediated effects on gas fluxes from dung pats. *PLoS One*, 8, e71454.
- [62] Porter, W.P. & Gates, D.M. (1969) Thermodynamic equilibria of animals with environment. *Ecological Monographs*, 39, 227–244.
- [63] Raine, E.H. & Slade, E.M. (2019) Dung beetle–mammal associations: methods, research trends and future directions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 286, 20182002.

- [64] Ray, C. (1960) The application of Bergmann's and Allen's rules to the poikilotherms. *Journal of Morphology*, 106, 85–108. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051060104>
- [65] Saleh, S., Hasanah, U. & Eljonnahdi, E. (2014) Effectiveness of dung beetles as bioindicators of environmental changes in land-use gradient in Sulawesi, Indonesia. *BIOTROPIA - The Southeast Asian Journal of Tropical Biology*, 21, 48–58.
- [66] Scholtz, C.H. (2000) Evolution of flightlessness in Scarabaeoidea (Insecta, Coleoptera). *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin*, 47, 5–28.
- [67] Sexton, J.P., Montiel, J., Shay, J.E., Stephens, M.R. & Slatyer, R.A. (2017) Evolution of ecological niche breadth. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 183–206.
- [68] Slade, E.M., Riutta, T., Roslin, T. & Tuomisto, H.L. (2016) The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. *Nature*, 6, 18140.
- [69] Spector, S. (2006) Scarabaeine dung beetles (coleopteran: Scarabaeidae: Scarabaeinae): an invertebrate focal taxon for biodiversity research and conservation. *The Coleopterists Bulletin*, 60, 71–83.
- [70] Stevenson, R.D. (1985) Body size and limits to the daily range of body temperature in terrestrial ectotherms. *The American Naturalist*, 125, 102–117. <https://doi.org/10.1086/284330>
- [71] Tokeshi, M. (1999) *Species coexistence: ecological and evolutionary perspectives*. Oxford: Blackwell Science.
- [72] Tyndale-Biscoe, M. (1984) Age-grading methods in adult insects: a review. *Bulletin of Entomological Research*, 74, 341–377.
- [73] Verdú, J.R., Alba-Tercedor, J. & Jiménez-Manrique, M. (2012) Evidence of different thermoregulatory mechanisms between two sympatric *Scarabaeus* species using infrared thermography and micro-computer tomography. *PLoS One*, 7(3), e33914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033914>

- [74] Verdú, J.R., Arellano, L. & Numa, C. (2006) Thermoregulation in endothermic dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): effect of body size and ecophysiological constraints in flight. *Journal of Insect Physiology*, 52, 854–860. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2006.05.005>
- [75] Verdú, J.R., Arellano, L., Numa, C. & Mic_o, E. (2007) Roles of endothermy in niche differentiation for ball-rolling dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) along an altitudinal gradient. *Ecological Entomology*, 32, 544–551. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00907.x>
- [76] Verdú, J.R., Casa, J.L., Lobo, J.M. & Numa, C. (2010) Dung beetles eat acorns to increase their ovarian development and thermal tolerance. *PLoS One*, 5, e10114.
- [77] Verdú, J.R., Cortez, V., Oliva, D. & Giménez G_omez, V.C. (2019) Thermoregulatory syndromes of two sympatric dung beetles with low energy costs. *Journal of Insect Physiology*, 118, 103945. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2019.103945>
- [78] Verdú, J.R., Díaz, A. & Galante, E. (2004) Thermoregulatory strategies in two closely related sympatric *Scarabaeus* species (Coleoptera: Scarabaeinae). *Physiological Entomology*, 29, 32–38. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6962.2004.0359.x>
- [79] Verdú, J.R., Lobo, J.M., Sánchez-Piñero, F., Gallego, B., Numa, C., Lumaret, J.-P. et al. (2018) Ivermectin residues disrupt dung beetle diversity, soil properties and ecosystem functioning: an interdisciplinary field study. *Science of the Total Environment*, 618, 219–228.
- [80] Verdú, J.R., Sánchez-Piñero, F., Cortez, V. & Lobo, J.M. (2020) Evaluating long-term ivermectin use and the role of dung beetles in reducing short-term CH₄ and CO₂ emissions from livestock faeces: a mesocosm design under Mediterranean conditions. *Ecological Entomology*, 45, 109–120.
- [81] Winemiller, K.O. & Pianka, E.R. (1990) Organization in natural assemblages of desert lizards and tropical fishes. *Ecological Monographs*, 60, 27–55.
- [82] Ybarrondo, B.A. & Heinrich, B. (1996) Thermoregulation and response to competition in the African dung beetle *Kheper nigroaeneus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Physiological Zoology*, 69, 35–48.



Área de Investigaciones Científicas de la Salud Humana

**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS DE
LA SALUD
HUMANA
(IICSHUM)
LÍNEAS DE
INVESTIGACIÓN:
SALUD PÚBLICA Y
ECONOMÍA DE LA
SALUD**

El Instituto de Investigaciones Científicas de la Salud Humana (IICSHUM), depende del Centro de Investigación Científica en Ciencias de la Salud (CICSAL), y a su vez es dependiente del Consejo de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Nacional de La Rioja (CICYT - UNLAR). Fue creado en el año 2001 por Res CS 014/2001 en respuesta a la necesidad que tenía la UNLaR de contar con un espacio en el cual se fomentara la investigación científica y la creación de recursos humanos en la provincia de La Rioja. El equipamiento y puesta en funcionamiento se realizó entre los años 2005 y 2006. Físicamente funciona en las instalaciones del Centro de Investigaciones e Innovación Tecnológica (CENIIT).

Su finalidad es desarrollar ciencia a partir de investigación básica, clínica y aplicada, enfocada al estudio y resolución de enigmas científicos vinculados con la preservación, cuidados, reparación, rehabilitación de la salud, y de todo factor externo con capacidad de influencias o incidencias en la Salud Humana.

La línea de investigación con mayor desarrollo desde sus inicios corresponde a Biología Celular.

En el presente año 2023, durante la primera reunión de CICYT, se aprobaron dos nuevas líneas de investigación: Salud Pública y Economía de la Salud, incorporando investigadores específicos en la temática.

Sus investigadores demuestran publicaciones en revistas nacionales e internacionales con revisión de pares y de alto impacto.

INTEGRANTES

Línea Salud Pública

Mg. Mariela Nievas

Dr. Bernardo Gandini

Línea Economía de la Salud

Mg. Mariela Nievas

PhD. Daniel Maceira

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Línea Salud Pública:

Desigualdades en el acceso a medicamentos y Gasto de Bolsillo en el interior argentino. Exp. 02-00306-17. Directora. MD. Mg. Claudia Mariela Nievas. Monto: 8.000\$. Periodo 2018-2021

Desigualdades en el acceso a los servicios de salud. Exp.02-162-19. Directora: MD. Mg. Claudia Mariela Nievas Periodo 2019-2023

Autocuidado de salud en adolescentes. Exp. 02-163-19. Directora. MD. Mg. Claudia Mariela Nievas. Sin financiamiento.

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Desgaste profesional de equipos de salud de hospitales públicos de la provincia de La Rioja. Convocatoria especial 2022. Periodo 2023-2024.

Línea Economía de la Salud

Salarios médicos en la provincia de La Rioja. Incentivos monetarios y No monetarios. [en desarrollo UNC]. Etapa de tesis Doctoral. Director: PhD. Daniel Maceira. Doctoranda: MD. Mg. Claudia Mariela Nievas. Periodo 2018-2023

Niveles de Eficiencia de Servicios Públicos de Salud de hospitales zonales de La Rioja, aplicando Data Envelopment Analysis (DEA). Directora: MD. Mg. Claudia Mariela Nievas. Desarrollo conjunto con PhD. Isidoro Guzmán Raja (UPCT) España. Periodo 2018-2021.

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Nievas, C. M., Moyano, D. L., y Gandini, J. B. (2021). Determinantes sociales y de género relacionados a las inequidades de salud en una comunidad de Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Médicas, 78(2), 103.

Nievas, C. M., Gandini, B. J., Vera, R. G., Mercado, G., y Negrete, M. (2016). Desgaste Profesional (Burnout), Trastornos de Ansiedad y Depresión en Docentes y Alumnos de la Universidad Nacional de La Rioja Sede Chamical, La Rioja. Revista Argentina e Medicina, 4(10), 79-84.

Nievas, C. M., y Gandini, B. J. (2017). Prevalencia de trastornos de ansiedad y depresión en el equipo de salud de un hospital público de la provincia de La Rioja. Revista Argentina de Medicina, 5(2), 115-121.

Nievas, C. M., Gandini, J. B., y Tapia, A. B. (2021). Inequalities in access to medicines and out-of-pocket expenses, realities of the public health subsystem in the argentine interior. Revista de la Facultad de Ciencias Médicas (Córdoba, Argentina), 78(2), 147-152.

Desigualdades en el acceso a medicamentos y gasto de bolsillo en La Rioja (Argentina)

Nievas, Claudia Mariela¹; Gandini, José Bernardo² y Tapia, Angelina Belén³

¹Instituto de Investigaciones Científicas de la Salud Humana (IICSHUM), depende del Centro de Investigación Científica en Ciencias de la Salud (CICSAL) Universidad Nacional de la Rioja. (UNLaR) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9144-4226>

²Universidad Nacional de Córdoba.

³Universidad Torcuato Di Tella UTDT. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3516-0891>

** corresponding autor: marielanievas04@hotmail.com

Resumen

La disponibilidad de medicamentos representa un factor determinante en el acceso de los usuarios a la salud, especialmente de los hogares más desprotegidos. El objetivo fue identificar barreras en el acceso a medicamentos y presencia de gasto de bolsillo en una ciudad del interior argentino entre marzo y octubre de 2018. El método utilizado fue un estudio transversal, analítico, en usuarios frecuentes de servicios públicos de salud, mediante análisis descriptivo, frecuencias absolutas, relativas, prevalencias, desvío estándar, regresión logística con análisis bivariado, multivariado y Odds Ratio; con intervalo de confianza del 95% y valor de significancia estadística $p < 0,05$. En todos los análisis se utilizó el software estadístico SPSS versión 26. La probabilidad del no acceso a medicamentos se incrementó en 1,7 veces más si se es mujer y en 2,8 veces más si para poseerlo se requiere realizar gasto de bolsillo. El gasto de bolsillo se incrementó en 3,26 veces la probabilidad de realizarlo si se es mayor de 50 años y 3,59 veces más si la medicación se requiere por tiempo mayor a un año. El gasto de bolsillo necesario fue entre 1 dólar y 34,72 dólares en el 80,51% de los usuarios. Se concluye que en hogares de bajos ingresos corren mayores riesgos de sufrir dificultades para acceder a medicamentos si son mayores de 50 años y necesitan medicación por tiempo mayor a un año. Los hallazgos de esta investigación sugieren revisión de estrategias o políticas públicas en el interior de argentina tendientes a disminuir brechas de desigualdad.

Palabras clave: servicios de salud, acceso a medicamentos esenciales y tecnologías sanitarias, inequidad social, gasto de bolsillo

Abstract

The availability of medicines represents a determining factor in household access to health. Objective: to identify barriers in access to medicines and the presence of out-of-pocket expenses in a city in the Argentine interior between March and October 2018. Method: cross-sectional, analytical study, in frequent users of public health services, through descriptive analysis, absolute frequencies, relative, prevalences, standard deviation, logistic regression with bivariate and multivariate analysis and Odds Ratio; with a 95% confidence interval and a statistical significance value $p < 0.05$. SPSS statistical software was used in all analyzes. Results: The probability of not having access to medicines increased by 1.7 times more if you are a woman and by 2.8 times more if you need to spend out of pocket to have it. Out-of-pocket spending increased by 3.26 times the probability of doing it if you are older than 50 years and 3.59 times more if the medication is required for more than one year. The required out-of-pocket expenditure was between \$ 1 and \$ 34.72 for 80.51% of users. Conclusions: Low-income households are at greater risk of experiencing difficulties in accessing medications if they are older than 50 years and need medication for more than one year. The findings of this research suggest a review of strategies or public policies in the interior of Argentina aimed at reducing inequality gaps.

Keywords: health services, access to essential medicines and health technologies, social inequity

Introducción

El mercado farmacológico en general, representa un determinante económico en salud, producto del juego entre costos de producción, competencias de laboratorios, precios, oferta y demanda. El acceso a medicamentos por parte de usuarios de los sistemas de salud, constituye una condición básica para la calidad de vida de cualquier ser humano, por ello la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo incorpora en la declaración de los derechos humanos (1947) como un derecho fundamental (OMS, 2009); la reunión de Alma Atta (1978) planteo al suministro de medicamentos como un objetivo del milenio para el año 2000 (Organización Panamericana de la Salud, 1978); y su disponibilidad, se incorporó dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el año 2030 (OPS, 2015). Dentro de ellos, se consideran medicamentos esenciales, aquellos que cubren las necesidades prioritarias de la salud de una población, seleccionados según prevalencia de enfermedades, seguridad, eficacia y costo-eficacia de los mismos, de manera que estén disponibles de forma continua, en cantidad suficiente, con calidad garantizada y precio asequible para la comunidad. Se estima a nivel mundial, que un tercio de las personas no tienen acceso a medicamentos, que son el segundo gasto más grande para los sistemas de salud (OMS (2020). Revisiones latinoamericanas, indican que los esfuerzos realizados siguen resultando insuficientes para lograr el acceso equitativo a los medicamentos (Jiménez Herrera, 2019); inclusive evidencias demuestran que el porcentaje mencionado por la OMS es mayor (Amílcar et al 2006), con variantes entre países y entre grupos sociales de un mismo país, donde una de las principales limitantes es el nivel socioeconómico. En Argentina, estudios reportaron que el 70% de su financiamiento se realiza con el propio gasto de bolsillo (Tobar, 2008; Gann et al 2017) aunque políticas públicas resultaron con impacto positivo, como la implementación de la Ley N° 25.649 (Tobar, 2002; CNA, 2002) que logró reducir a nivel país el gasto de bolsillo en usuarios (Maceira, 2009), evidenciando que, si bien se tomaron medidas de intervención, sus resultados no fueron determinantes, especialmente en grupos sociales con menores ingresos.

La provincia de La Rioja, por constitución provincial, asiste sanitariamente a todo ciudadano que así lo solicite, indistintamente si tiene o no cobertura de salud, si vive en la provincia o es un paciente en tránsito y circunstancialmente requiere asistencia de salud; y su mercado de salud, al igual que en el país, presenta alta fragmentación, disparidad de factores sociales y económicos. Nos proponemos conocer si existen limitaciones en el acceso a medicamentos, si el usuario debe realizar gasto de bolsillo para disponer de su medicación, especialmente de medicamentos que traten grupos de patologías cardiovasculares, las cuales ocasionan la primera causa de muerte en la provincia.

Materiales y métodos

Estudio descriptivo, transversal, analítico, de datos recolectados mediante encuesta auto-administrada, con 19 preguntas, dirigidas a usuarios del sistema público de salud del interior de La Rioja, de marzo a octubre de 2018. Sobre un universo poblacional de la ciudad de Chamical, de 14.160 habitantes (INDEC), se identificó como potenciales usuarios frecuentes a 9.268 habitantes representados por los ciudadanos de ambos sexos mayores de 17 años de edad. Se realizó un muestreo de selección intencionada de 485 unidades de observación, con representatividad muestral del 95% de nivel de confianza y 4,3% de margen de error.

En la identificación de factores de barreras para acceder a medicamentos, las variables consideradas fueron edad, género, valores de ingreso salarial respecto a la canasta básica familiar, tiempo en años de medicación, situación de estabilidad laboral, gasto de bolsillo necesario para acceder a medicamentos como si o no, estratificado en valores dólares. A su vez, para identificar causales del gasto de bolsillo, se evaluó disponibilidad de obra social, tiempo en años de medicación, y percepción de obstáculos reportados para acceder a medicamentos. Como criterios de inclusión se consideró a usuarios frecuentes del sistema público de salud con y sin obra social, mayores de 17 años de edad, que otorgaron consentimiento para responder la encuesta. Como criterios de exclusión, se consideró a usuarios con determinada discapacidad intelectual, dificultad comprensiva, o de idioma, para responder el cuestionario auto-administrado, y personas que no otorgaron consentimiento para participar del estudio.

Variables dependientes: se definió “acceso a medicamentos” como la valoración de dificultades percibidas por los usuarios frecuentes del sistema público de salud local, para poseer los medicamentos necesarios y cumplimentar sus tratamientos; y “gasto de bolsillo” como la necesidad de realizar gastos propios para disponer medicamentos para sus tratamientos por parte de los usuarios que acuden a atender su salud en el sistema sanitario público.

Variables independientes: Edad: se agrupó en dos estratos; entre 17 y 49 años, y mayores de 50 años.

Género: definido por el autorreporte del propio usuario.

Ingresos salariales: definido por el valor salarial mensual que percibe el usuario, y agrupado según valor superior o inferior al determinado por INDEC como valor de canasta básica familiar, para el mes en que se relevó la encuesta.

Disponibilidad de cobertura de salud: situación declarada por el usuario de posesión de cobertura propia de salud u obra social para atender su salud.

Estabilidad laboral: declarado como trabajo personal con fuente laboral de dependencia estable, con aportes y contribuciones de conformación legal.

Tiempo en años que requiere medicación: definida como tiempo en años que el usuario requiere medicación para atender su salud, estratificada en tiempo menor a un año, o mayor a un año.

Grupo al cual pertenece la medicación: definida como medicación según grupo de enfermedades cardiovasculares, oncológicas o infecciosas u otras.

Análisis estadístico: se realizaron estadísticos descriptivos, desvío estándar, y frecuencias relativas (porcentajes). Para evaluar asociación se realizó regresión logística binaria, análisis bivariado, multivariado, Odds ratio. Para evaluar robustez se consideró resúmenes de modelos R cuadrados de Cox - Snell, y de Nagelkerke, expresados en números absolutos con su correspondiente porcentaje. Se empleó el programa SPSS Versión 26, aplicando las pruebas de Chi-cuadrado y t de Student.

Resultados

Se encuestó 485 personas (n=485), la media de edad en años fue de 42,99 + 17,5 DE, rango etario entre 17 y 91 años; en género 55,7% fueron mujeres y 44,3% varones; con domicilios urbanos 97,1% y rurales 2,9%; se reportaron sin trabajo estable 54,8%, y 45,2% indico tener estabilidad laboral. El 49,7% si disponía de algún tipo de obra social para atender su salud. El 92,4% percibían ingresos salariales inferiores al valor mínimo determinado por Indec como canasta básica familiar al momento de responder la encuesta, y solo 7,6% indico percibir salarios superiores. De los usuarios sin trabajo estable, el 59,4% (n=158) fueron mujeres y 40,6% (n=108) varones. El 49,7% disponía de cobertura de salud, mientras que no lo tenían 50,3%. El 51,1% (n=248) se reportó como sano, mientras que el 48,9% dijo presentar algún tipo de enfermedad, describiendo 65 tipos de patologías distintas, las que estratificadas según grupos diagnósticos, las de mayor frecuencia correspondió a HIPERTENSION ARTERIAL como única enfermedad en 15,1% (n=73), HIPERTENSION ARTERIAL con otra patología concomitante en 6,8% usuarios (n=33), en 5,6% (n=27) DIABETES como única enfermedad, en 9,2% (n=45) dijo presentar DIABETES con otra patología concomitante; mientras que las demás patologías indicadas alcanzaron el 12,1% (n=59). Consultados respecto a los principales obstáculos percibidos para acceder a su medicación, 75,9% indico no tener inconvenientes; mientras que si lo tuvieron causados por su alto costo 11,4%; por falta de disponibilidad en centros públicos de salud 10,5%; por barreras generadas por personal administrativo 1,2%, y por impedimentos físicos para llegar hasta centros de salud 1%.

El porcentaje de usuarios que si realizaron gasto de bolsillo para acceder a sus medicamentos fue 31,3%, de ellos, los niveles de gastos estratificados entre 1 dólar y 34,72 dólares represento el 80,51%, entre 34,73 dólares y 60,44 dólares el 3,19%, entre 60,45 dólares y 69,44 dólares el 13,09%, y gastos entre 69,45 y 104,16 dólares el 3,19%. Consultados en tiempo (años) en requerir medicación, fue menor a un año en el 70,7%, y mayor a un año en el 29,3% (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de la muestra poblacional bajo análisis (n=485)

Características generales de la muestra poblacional bajo análisis (n=485)	n (%)
Genero	
femenino	270 (55,7%)
masculino	215 (44,3%)
Edad	
entre 17 y 49 años	306 (63,1%)
más de 50 años	179 (36,9%)
Estabilidad laboral	
con trabajo estable	219 (45,2%)
sin trabajo estable	266 (54,8%)

Ingresos salariales respecto al valor de la canasta básica familiar determinada por INDEC (octubre 2018)

ingresos salariales mayores al valor de la canasta básica familiar	37 (7,6%)
ingresos salariales menores al valor de la canasta básica familiar	448 (92,4%)
Cobertura de salud	
con cobertura, plan médico, u obra social	241 (49,7%)
sin cobertura, plan médico, u obra social	244 (50,3%)
Obstáculos para acceder a medicamentos	
sin obstáculos en el acceso a medicamentos	367 (75,7%)
con obstáculos en el acceso a medicamentos	118 (23,3%)
Gasto de bolsillo necesario en medicamentos para tratamiento medico	
no requirió realizar gasto de bolsillo	333 (68,7%)
si requirió realizar gasto de bolsillo	152 (31,3%)
Gasto en dólar que requirió realizar el usuario (n=152)	
entre 0 y 34,72 dólares	122 (25,2%)
entre 34,73 y 60,44 dólares	5 (1%)
entre 60,45 y 69,44 dólares	20 (4,1%)
entre 69,45 y 1.0,16 dólares	5 (1%)

Nota: en esta tabla se presentan los principales resultados descriptivos generales de la población de estudio.

Cuando se analizó barreras percibidas para acceder a medicamentos, se consideró variable dependiente a la percepción por parte de usuarios respecto a la presencia o no de barreras en el sistema público de salud para obtener medicamentos, y como variables independientes a edad categorizada en menores y mayores de 50 años, a género como mujer o varón, a salario mensual categorizado como valores mayores o menores al valor determinado como canasta básica familiar (INDEC) en el momento de la encuesta, a la situación del usuario en cuanto a su estabilidad laboral categorizada como sí o no, y el gasto de bolsillo como condición para obtener sus medicamentos. Se aplicó regresión logística en modelos bivariado y multivariado, y resúmenes de modelos R cuadrados de Cox - Snell, y de Nagelkerke. Los resultados indicaron un porcentaje global correctamente clasificado de 75,7%. Del análisis bivariado se obtuvo asociación significativa entre acceso a medicamentos y edad ($p<0,001$), género ($p<0,009$), gasto de bolsillo ($p<0,001$), y grupo de medicación según diagnóstico ($p<0,002$); no resultó con asociación significativa ingreso salarial y estabilidad laboral (Tabla 2). Con el modelo multivariado, la asociación solo fue significativa con género ($p<0,013$), y gasto de bolsillo ($p<0,001$); no hubo asociación significativa con las demás variables. El análisis multivariado y Odds Ratio con IC 95% indicó que el ser mujer, incremento en 1,7 veces la probabilidad del no acceso a medicamentos (OR: -0,566 IC: 1,124-2,770), y el requerir realizar gasto de bolsillo para acceder a medicamentos incremento en 2,7 veces la probabilidad del no acceso a medicación en el sistema público de salud (OR: -0.358 IC: 1,706-4,566). El resumen del modelo fue de 7,9% con R cuadrado de Cox y Snell y 11,7% con R cuadrado de Nagel kerkel (Tabla 3).

Del análisis de gasto de bolsillo como variable dependiente, respecto a edad, género, presencia o no de obstáculos para acceder a los medicamentos, estabilidad laboral y disponibilidad de obra social, las variables independientes se ajustaron correctamente en el 75,3%. En el modelo bivariado, resultó con asociación significativa para edad, mayores de 50 años ($p<0,001$), inestabilidad laboral ($p<0,001$), y la no disponibilidad de obra social ($p<0,001$) (Tabla 4). Del modelo multivariado, su Odds Ratio con IC 95% indicó que los mayores de 50 años ($p<0,001$), tienen 3,26 veces mayor probabilidad de tener gasto de bolsillo para acceder a sus medicamentos; (OR: 3,260 IC: 1,998- 5,319) y los usuarios que requieren medicación por tiempo mayor de un año ($p<0,001$), tienen 3,59 veces mayor probabilidad de tener gastos de bolsillo para disponer de sus medicamentos (OR: 3,596 IC: 2,212- 5,844). El resumen del modelo fue de 21,4% con R cuadrado de Cox y Snell y 30% con R cuadrado de Nagel kerkel (Tabla 5).

Tabla 2. Modelo de Regresión Logística Bivariado entre acceso a medicamentos y factores determinantes

Modelo de Regresión Logística Bivariado entre acceso a medicamentos y factores determinantes	
Variables en análisis bivariado	Sig.
Edad de usuarios (mayores de 50 años)	0,001
Género (femenino)	0,009
Estabilidad laboral (sin estabilidad laboral)	0,952
Gasto de bolsillo (requirió realizar gastos para poseer sus medicamentos)	0,001
Grupo de medicación (cardiovasculares)	0,002
Salario percibido (menor al determinado por canasta básica familiar - INDEC)	0,691

En esta tabla se informan resultados del análisis entre acceso a medicamentos y las siguientes variables.

Variable dependiente: acceso a medicamentos, definida como valoración de dificultades percibidas por usuarios frecuentes del sistema público de salud local, para poseer los medicamentos necesarios y cumplimentar sus tratamientos.

Variables independientes:

Edad: definida en dos estratos, entre 17 y 49 años, y mayores de 50 años.

Género: definida por autorreporte del propio usuario como mujer o varón.

Estabilidad laboral: definida como usuarios con o sin trabajo personal con fuente laboral de dependencia estable, con aportes y contribuciones de conformación legal.

Gasto de bolsillo: definida como la necesidad o no, de realizar gastos propios para acceder a sus medicamentos.

Grupo de medicación: definida como medicación necesaria según grupos de diagnósticos con mayor frecuencia entre cardiovasculares, diabéticos, oncológicos, infecciosos, otros.

Ingresos salariales: definida por el valor salarial mensual que percibe el usuario, y agrupado según si es valor superior o inferior al determinado por INDEC como valor de canasta básica familiar, para el mes en que se relevó la encuesta.

Podemos observar asociación significativa entre dificultades en el acceso a medicamentos y los usuarios mayores de 50 años, de género femenino, que necesitaron realizar gasto de bolsillo para poseer sus medicamentos, en medicamentos del grupo de enfermedades cardiovasculares.

Sin asociación significativa con estabilidad laboral y con ingresos salariales.

Tabla 3. OR e IC 95,0% de la asociación entre acceso a medicamentos con edad, genero, estabilidad laboral, gasto de bolsillo, grupo de medicación, ingresos salariales

OR e IC 95,0% de la asociación entre acceso a medicamentos con edad, género, estabilidad laboral, gasto de bolsillo, grupo de medicación, ingresos salariales.				
Variables	Sig.	OR	I.C. 95,0% para OR	
			Interior	Superior
Edad (mayores de 50 años)	0,158			
Género (femenino)	0,013	,566 (1,766)	1,124	2,77
Estabilidad laboral (usuarios sin estabilidad laboral)	0,494			
Gasto de bolsillo (usuarios que necesitaron realizar gastos propios)	0	,358 (2,793)	1,706	4,566
Ingresos salariales (ingresos mensuales menores a canasta básica familiar según Indec)	0,572			

En esta tabla se informa el nivel de riesgo de acceso a medicamentos en salud según las siguientes variables.

Variable dependiente: definida como la necesidad de realizar gastos propios para disponer medicamentos y efectivizar sus tratamientos por parte de usuarios que acuden a atender su salud en el sistema sanitario público.

Variables independientes:

Edad: definida en dos estratos, entre 17 y 49 años, y mayores de 50 años.

Género: definida por autorreporte del propio usuario como mujer o varón.

Estabilidad laboral: definida como usuarios con o sin trabajo personal al momento de la encuesta, con fuente laboral de dependencia estable y aportes y contribuciones de conformación legal.

Gasto de bolsillo: definida como la necesidad o no, de realizar gastos propios para acceder a sus medicamentos.

Grupo de medicación: definida como medicación necesaria según grupos de diagnósticos con mayor frecuencia entre cardiovasculares, diabéticos, oncológicos, infecciosos, otros.

Ingresos salariales: definida por el valor salarial mensual que percibe el usuario, y agrupado según si es valor superior o inferior al determinado por INDEC como valor de canasta básica familiar, para el mes en que se relevó la encuesta OR. (Razón de Odds) obtenido por un modelo de regresión logística multivariado, p: nivel de significancia estadística $<0,05$.

Podemos observar que usuarios de sexo femenino tuvieron 1,7 veces más de riesgo de no acceder a sus medicamentos respecto a los masculinos; y los que requirieron realizar gastos de bolsillo tuvieron 2,7 veces más de riesgo de no acceder a sus medicamentos respecto a los usuarios que no gastaron.

Tabla 4. OR e IC 95,0% de la asociación entre acceso a medicamentos con edad, género, estabilidad laboral, gasto de bolsillo, grupo de medicación, ingresos salariales.

OR e IC 95,0% de la asociación entre acceso a medicamentos con edad, género, estabilidad laboral, gasto de bolsillo, grupo de medicación, ingresos salariales.	
Variables en análisis bivariado	Sig.
Edad de usuarios (mayores de 50 años)	0,001
Género (femenino)	0,94
Estabilidad laboral (sin estabilidad laboral)	0,001
Obra social (sin obra social o cobertura de salud)	0,001
Tiempo en años de medicación (necesidad de medicación por más de 1 año)	0,001

En esta tabla se informan resultados del análisis entre gasto de bolsillo en medicamentos y las siguientes variables.

Variable dependiente: gasto de bolsillo en medicamentos, definida como la necesidad de realizar gastos propios para disponer medicamentos para sus tratamientos por parte de los usuarios que acuden a atender su salud en el sistema sanitario público.

Variables independientes:

Edad: definida en dos estratos, entre 17 y 49 años, y mayores de 50 años.

Género: definida por autorreporte del propio usuario como mujer o varón.

Estabilidad laboral: definida como usuarios con o sin trabajo personal con fuente laboral de dependencia estable, con aportes y contribuciones de conformación legal.

Obra social: definida como la situación declarada por el usuario de posesión de cobertura propia de salud u obra social para atender su salud.

Tiempo de medicación: definida como tiempo en años que el usuario requiere medicación para atender su salud, estratificada en menor a un año, o mayor a un año.

Podemos observar asociación significativa entre los usuarios mayores de 50 años, que no tienen estabilidad laboral en sus fuentes de trabajo, que no cuentan con cobertura de salud u obra social, y quienes requieren medicación durante tiempo mayor a un año, con el gasto de bolsillo en medicamentos.

Tabla 5. OR e IC 95,0% de la asociación entre gasto de bolsillo con edad, genero, estabilidad laboral, obra social, tiempo de medicación.

OR e IC 95,0% de la asociación entre gasto de bolsillo con edad, género, estabilidad laboral, obra social, tiempo de medicación.

Variables	Sig.	OR	I.C. 95,0% para OR	
			Interior	Superior
Edad (mayores de 50 años)	0,001	3,26	1,998	5,319
Género (femenino)	0,576			
Estabilidad laboral (usuarios sin estabilidad laboral)	0,37			
Obra social (usuarios que no contaban con cobertura de salud u obra social)	0,104			
Tiempo de medicación (requiere medicación por tiempo mayor a 1 año)	0,001	3,596	2,212	5,844

En esta tabla se informa el nivel de riesgo de gasto de bolsillo en medicamentos según las siguientes variables.

Variable dependiente: definida como la necesidad de realizar gastos propios para disponer medicamentos para sus tratamientos por parte de usuarios que acuden a atender su salud en el sistema sanitario público.

Variables independientes:

Edad: definida en dos estratos, entre 17 y 49 años, y mayores de 50 años.

Género: definida por autorreporte del propio usuario como mujer o varón.

Estabilidad laboral: definida como usuarios con o sin trabajo personal al momento de la encuesta, con fuente laboral de dependencia estable y aportes y contribuciones de conformación legal.

Obra social: definida como situación declarada por el usuario de posesión de cobertura propia de salud u obra social para atender su salud.

Tiempo de medicación: definida como tiempo en años que el usuario requiere medicación para atender su salud, estratificada en tiempo menor a un año, o mayor a un año.

OR. (Razón de Odds) obtenido por un modelo de regresión logística multivariado, p: nivel de significancia estadística $<0,05$.

Podemos observar que usuarios con edades superiores a los 50 años, tuvieron 3,2 veces más riesgo de realizar gasto de bolsillo para acceder a sus medicamentos respecto a los de edades menores de 50 años, y los que requirieron medicación por un tiempo mayor a 1 año, tuvieron 3,5 veces más de riesgo de realizar gastos de bolsillo para disponer de la medicación respecto a los usuarios que los requirieron por un tiempo menor.

Conclusiones

El acceso a medicamentos de la población sujeto de estudio, presento mayores limitaciones en usuarios mayores de 50 años, en mujeres, y en usuarios que requirieron realizar gasto de bolsillo para poseerlo.

El gasto de bolsillo a su vez, presento mayores limitaciones en mayores de 50 años, en usuarios sin estabilidad laboral, y en usuarios sin obra social.

La probabilidad del no acceso a medicamentos se incrementó en 1,7 veces más si se es mujer respecto a los varones, y en 2,7 veces más si para poseerlo se requiere realizar gasto de bolsillo respecto a los usuarios que no requirieron realizarlo.

El gasto de bolsillo incrementó en 3,26 veces la probabilidad de realizarlo si fue mayor de 50 años respecto a los usuarios de menor edad, y en 3,59 veces más si la medicación que se requirió es por tiempo mayor a un año respecto a quienes la necesitaron por un tiempo menor. De los que si requirieron realizar gasto de bolsillo, en el 80,51% de usuarios debieron realizar gastos entre 1 dólar y 34,72 dólares.

El ser mayor de 50 años y requerir medicación por más de un año, impone una carga económica en hogares de esta región del interior argentino. Las variables independientes seleccionadas en este análisis y en esta muestra explican la realidad local en 7,9% y 11,7% del acceso a medicamentos y en 21,4% y 30% del gasto de bolsillo; nuevos estudios locales deberían seleccionar nuevas variables que profundicen indagar en estos hallazgos para alcanzar mayor robustez en los modelos explicativos.

Discusión

Argentina y su sistema fragmentado de salud, otorga a sus jurisdicciones gobernanza en políticas de distribución y accesibilidad en servicios públicos de salud. Estudios previos de Argentina observaron una relación regresiva entre el gasto de bolsillo en salud de las familias y los niveles de ingresos (Maceira, 2009)

Estudios latinoamericanos reportaron gasto de bolsillo a valores promedios menores a los observados en esta región del interior argentino (Hernández-Vásquez et al, 2020).).

Según los hallazgos de este estudio, la inaccesibilidad a medicamentos se relacionó con edad mayor a los 50 años, con género femenino, y necesidad de realizar gasto de bolsillo. La mayor frecuencia de estrato de gasto observado fue entre 1 y 34,72 dólares en el 80,51% de usuarios. El gasto de bolsillo se relacionó con usuarios mayores de 50 años que requirieron medicación por más de 1 año, y dentro de ellos, con necesidades de medicación en relación a patologías cardiovasculares.

Los hogares de bajos ingresos poseen un mayor riesgo de sufrir dificultades para acceder a sus medicamentos si son mayores de 50 años y necesitan medicación por más de un año. Los hallazgos de esta investigación sugieren la revisión de estrategias o de políticas públicas en el interior de argentina tendientes disminuir brechas de desigualdad entre grupos poblacionales de los mayores de 50 años que requieren medicación por tiempo superior a un año, a efectos de disminuir desigualdades.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de la Rioja (UNLAR). Agentes sanitarios de la zona sanitaria 5 del Ministerio de Salud Pública de la Provincia de la Rioja, Argentina. Este artículo es original y ha sido publicado originalmente en la Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba 2021;78(2):147-152. La presente publicación, forma parte de una publicación tipo libro online por el aniversario de CENIIT – UNLAR, como aporte de IICSHUM.

Referencias

- [1] Amílcar R J, Sepúlveda J, Becerra J, Terán P M. (2006). Políticas que promueven el acceso a medicamentos en América Latina. Observatorio de la salud; CIES Peru; 2006. Disponible en <https://www.cies.org.pe/es/investigaciones/salud/politicas-que-promueven-el-acceso-medicamentos-en-americalatina>
- [2] CONGRESO DE LA NACION ARGENTINA (2002) Ley N° 25.649. Medicamentos genéricos. Disponible en : <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=77881>
- [3] Gann C.N, Morsli N., Kaiser R.(2017) Industry corner: perspectives and controversies - The challenges of patient access to new medicines. Ann Oncol. 2017; 28(3):658-663. doi:10.1093/annonc/mdw569
- [4] Hernández-Vásquez A, Vargas-Fernández R, Magallanes-Quevedo L, Bendezu-Quispe G. (2020). Out-ofpocket expenditure on medicines in Perú in 2007 and 2016. Medwave 2020;20(2):e7833 Doi 10.5867/medwave.2020.02.7833
- [5] Jiménez Herrera L. (2019). El acceso a medicamentos en Latinoamérica, una mirada al caso de Costa Rica. Revista Cubana de Salud Pública; 2019. 45p. (4): e1635. Disponible en <https://www.scielosp.org/article/rcsp/2019.v45n4/e1635/es/>
- [6] Maceira D. (2009) Inequidad en el acceso a la salud en Argentina. Documento de Políticas Públicas. Análisis N° 52. CIPPEC.2009. Disponible en : <https://repositorio.cedes.org/handle/123456789/3744>
- [7] OMS (2009). Acceso a los medicamentos. Declaración 13 de marzo de 2009. <https://www.who.int/mediacentre/news/statements/2009/access-medicines-20090313/es/>
- [8] OMS (2020) Enero 2020. <https://news.un.org/es/story/2020/01/1467872>

[9] OPS (2015). Objetivos del desarrollo sostenible. Metas. Objetivo 3. <https://www.who.int/topics/sustainable-developmentgoals/targets/es/>

[10] Organización Panamericana de la Salud. (1978) OPS. The PanAmerican Health Organization Promoting Health in the Américas. Declaración de Alma Atta. Conferencia Internacional sobre Atención primaria de la Salud, Alma Ata, URSS, 6-12 de setiembre de 1978. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2012/Alma-Ata-1978Declaracion.pdf>

[11] Tobar F. (2002). Acceso a medicamentos en Argentina: diagnóstico y alternativas. Salud y Fármacos. Setiembre 2002. <http://www.saludyfarmacos.org/lang/es/boletinfarmacos/boletines/sep2002/investigaciones092002a/>

[12] Tobar F. (2008) Lecciones aprendidas en la provisión de medicamentos para la atención primaria de la salud. Salud pública México [revista en la Internet]. 2008 Enero [citado 2020 Jul 19]; 50 (Suppl4):S463-S469. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.phpscript=sci_arttextpid=S003636342008001000007ylng=es.

**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS DE
LA SALUD
HUMANA
(IICSHUM)
LÍNEA DE
INVESTIGACIÓN:
BIOLOGÍA
CELULAR**

El Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud Humana (IICSHUM) fue creado en el año 2001 por Res CS 014/2001 en respuesta a la necesidad que tenía la UNLaR de contar con un espacio en el cual se fomentara la investigación científica y la creación de recursos humanos en la provincia de La Rioja. El equipamiento y puesta en funcionamiento se realizó entre los años 2005 y 2006. Físicamente funciona en las instalaciones del Centro de Investigaciones e Innovación Tecnológica (CENIIT).

**INTEGRANTES DEL
GRUPO DE
TRABAJO
DIRIGIDO POR LA
DRA. MÁRQUEZ M.
GABRIELA**

Dra. María Gabriela Márquez (UNLAR – CONICET)
Dra. Edith del Valle Guaytima (UNLAR – CONICET)
Facundo Marcelo Sirerol Rosales – Estudiante-Becario EVC 2022 - 2023
Juan Víctor Romero – Estudiante- Admitido para Beca EVC 2023 - 2024
Julieta Malen Carrizo - Estudiante Admitida para Beca EVC 2023 – 2024
Estudiantes en carácter de pasantes ad-honorem

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Financiados por la UNLaR:

“Participación de la esfingosina-1-fosfato durante el desarrollo posnatal de los túbulos colectores de la papila renal”. Directora: Dra. Guaytima EV y Director consulto: Dra. Marquez M.G. Financiación pendiente desde el año 2020.

Código 27/A732. “Estudio de la transición epitelio-mesénquima de las células que forman los túbulos colectores durante el envejecimiento renal. Rol de los esfingolípidos”. Directora: Dra. Marquez M.G. Monto asignado: \$ 30.000. Periodo: 1/01/2019 al 31/12/2022

Código: 27PIN/A0019. “Participación del metabolismo de los esfingolípidos en el proceso de transición epitelio –mesénquima en células del túbulo colector”. Directora: Dra. Brandán Y.R. Director consulto: Dra. Marquez M.G.

Código: 27PIN/A0017. “Estudio de los factores que regulan la expresión del receptor B2 de bradiquinina en células de túbulo colector de la papila renal”. Directora: Dra. Guaytima EV. Director consulto: Dra. Marquez M.G. Monto: \$ 10.000. Período: 2018-2019.

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Código 27/A674. “Participación del metabolismo de los esfingolípidos en el mantenimiento de la organización tisular de los tubulos renales”. Directora: Dra. Marquez M.G. Monto: \$19.900. Periodo: 1/01/2017 al 31/12/2018.

Código 27/A626. “Estudio del efecto de la osmolaridad del medio extracelular sobre la expresión del receptor B2 de bradiquinina en células del tubulo colector de la papila renal”. Directora: Dra. Marquez M.G. Monto: \$38.885. Periodo: 1/01/2016 al 31/12/2018.

Proyectos ejecutados en forma conjunta con un grupo de trabajo de la FFyB-UBA:

Financiados por CONICET.

Código PIP 11220200101853CO. “Los esfingolípidos como moduladores de la transición epitelio mesénquima y su relación con los procesos fisiopatológicos renales”. Director: Dr Favale NO y Codirectora: Dra. Márquez M.G. Monto: \$ 1.320.000,00. Período: 2021- 2024.

Código PIP 1122015 0100502. “Participación del metabolismo de los esfingolípidos en los procesos de diferenciación celular, organización y preservación de la arquitectura tisular”. Directora: Dra. Marquez M.G. y Codirector: Dr Favale NO. Monto: \$150.000\$. Periodo: 22/12/2016 - 2022.

Financiados por la ANPCyT.

Código PICT-2020-SERIE A-02561. “Función de los esfingolípidos en la des-diferenciación de células epiteliales renales y su relación con procesos fisiopatológicos”. Director: Dr Favale NO. Monto: \$ 1.410.000. Periodo: 08/07/2022 – 2026.

Código PICT 2017 N° 2601. “Función de los esfingolípidos y fosfoinosítidos en el ensamblaje y desensamblaje del cilio primario”. Director: Dr Favale NO. Monto: 488.250\$. Período: 2018-2022.

Código PICT 2012 N° 1625. “Participación del metabolismo de los esfingolípidos en la diferenciación celular”. Directora: Dra. Sterin-Speziale N. Monto: 399.911\$. Período: 2014-2018.

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Guaytima E.V., Brandán Y.R., Favale N.O., Santacreu B.J., Sterin-Speziale N.B., Márquez M.G.. (2018) Bradykinin mediates the association of collecting duct cells to form migratory colonies, through B2 receptor activation. *Journal of Cellular Physiology* (2018) 233: 6173-6195

- Brandan Y.R.; Guaytima E.V., Favale N.O., Pescio L.G., Sterin-Speziale N.B., Márquez M.G. (2018) The inhibition of sphingomyelin synthase 1 activity induces collecting duct cells to lose their epithelial phenotype *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Cell Research* (2018) 1865: 309-322

Guaytima E.V., Brandán Y.R., Favale N.O., Sterin-Speziale N.B., Márquez M.G. (2019) Novel cellular mechanisms that mediates the collecting duct formation during postnatal renal development. *Journal of Cellular Physiology* (2019) 234 (8):13387–13402

Brandán Y.R., Favale N.O., Pescio L.G., Santacreu B.J., Guaytima E.V., Sterin-Speziale N.B., y Márquez M.G. (2022) Influence of sphingomyelin metabolism during epithelial–mesenchymal transition associated with aging in the renal papilla. *Journal of Cellular Physiology* (2022), 237: 3883– 3899

Participación de la esfingosina-1-fosfato durante el desarrollo renal postnatal de los túbulos colectores

Guaytina, Edith del Valle¹; Sireno Rosales, Facundo Marcelo¹; Carrizo, Julieta Malena¹; Romero, Juan Victoria¹; Márquez, María Gabriela¹

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud Humana (IICSHUM) Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) de la Universidad Nacional de la Rioja (UNLaR)
gmarquezenator@gmail.com

Resumen

La esfingosina-1-fosfato (S1P) se origina por la acción de la enzima esfingosina quinasa (SK) sobre la esfingosina, y regula la proliferación celular, la migración y la resistencia a la apoptosis, pero su papel durante el desarrollo renal ha sido poco estudiado. Trabajos previos realizados en nuestro laboratorio demostraron que la actividad y expresión de la SK es más elevada en el riñón de rata neonata que en el adulto, y que la S1P es el metabolito predominante en las células de túbulo colector (TC) de la papila renal de ratas neonatas. Una característica del riñón maduro de los mamíferos es el gradiente de osmolaridad que presentan las distintas zonas que lo componen. La osmolaridad del fluido intersticial de la corteza renal se encuentra en isotonicidad con respecto al plasma pero va aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo en la papila. Durante el desarrollo posnatal, la osmolaridad de la papila renal es mucho menor que la del adulto, y se va incrementando gradualmente. El proceso de diferenciación celular de las células de TC requiere de una hipertoncidad extracelular para iniciarse, y además es necesaria para el mantenimiento del estado diferenciado. Sobre la base de estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo consistió en estudiar la participación de la S1P durante la diferenciación celular. Nuestros resultados sugieren que la actividad de la vía SK/S1P es necesaria para la adquisición del fenotipo diferenciado epitelial de las células de TC en el entorno fisiológico de hipertoncidad de la papila renal, durante el desarrollo posnatal.

Palabras clave: desarrollo renal, túbulos colectores, esfingosina-1-fosfato, hiperosmolaridad

Abstract

Sphingosine-1-phosphate (S1P) is synthesized by the action of the enzyme sphingosine kinase (SK) on sphingosine, and regulates cell proliferation, migration, and resistance to apoptosis, but its role during renal development is unclear. Previous work from our laboratory demonstrated that the activity and expression of SK is higher in the neonatal rat kidney than in the adult, and that S1P is the predominant metabolite in the collecting duct (CD) cells of the renal papilla of neonatal rats. A characteristic of the mature kidney of mammals is the osmolarity gradient present in the different renal zones. The osmolarity of the interstitial fluid of the renal cortex is isotonic with respect to plasma but gradually increases until it reaches a maximum in the papilla. During postnatal development, the osmolarity of the renal papilla is much lower than that of the adult and gradually increases. The cellular differentiation process of CD cells requires extracellular hypertonicity to start, and it is also necessary for the maintenance of the differentiated state. Based on this background, the aim of this work was to study the participation of S1P during CD cells differentiation. Our results suggest that the activity of the SK/S1P pathway is necessary for the acquisition of the epithelial differentiated phenotype of CD cells in the physiological hypertonicity of the renal papilla environment, during postnatal development.

Keywords: kidney development, collecting ducts, sphingosine-1-phosphate, hyperosmolarity

Introducción

El metabolismo de los esfingolípidos genera metabolitos de importante, y en ocasiones opuesta actividad biológica (Ogretmen, 2004; Hannun, 2018). La esfingosina-1-fosfato (S1P) es un esfingolípido bioactivo con importantes acciones biológicas que se origina por la acción de la enzima esfingosina quinasa (SK) sobre la esfingosina, la que a su vez se origina como producto de degradación de la ceramida (Spiegel y Milstien, 2003, Fyrist 2010). Mientras que la ceramida está relacionada con el arresto del ciclo celular, la senescencia y la muerte celular; la S1P se relaciona con la proliferación celular, la migración y la resistencia a la apoptosis (Hannun, 2018). La S1P es el producto terminal del metabolismo de los esfingolípidos, y su degradación esta mediada por la enzima S1P liasa (Fyrist, 2010). La S1P por ser un esfingolípido soluble, puede operar como segundo mensajero y activar diferentes blancos intracelulares, o puede ser exportada al espacio extracelular y ejercer su acción vía receptores (S1PR1-5) acoplados a diferentes proteínas G (Spiegel y Milstien, 2003;Fyrist, 2010). Dado que los S1PRs acoplan un amplio rango de vías de señalización, pueden inducir diversas respuestas celulares en forma temporal y espacial que depende del perfil de expresión de los receptores, del tipo celular y la vía de señalización activada. En la mayoría de los tejidos, la S1P se forma y es rápidamente degradada, proceso que se supone mantiene bajos sus niveles intracelulares. Contrariamente, el plasma y suero mantienen altos niveles de S1P debido a que las células en circulación no tienen la capacidad de degradarla (O'Sullivan, 2013). La S1P regula importantes aspectos de la fisiología normal y de estados patológicos como son el cáncer y la inflamación (Ogretmen, 2004, Olivera, 2013), pero el rol que cumple en el desarrollo renal ha sido poco estudiado. Kirby y colaboradores han demostrado la existencia de un alto nivel de S1P en el riñón en desarrollo y bajo nivel en el riñón adulto (Kirby, 2009).

El riñón es un órgano altamente estratificado, tanto morfológica como funcionalmente. La función del riñón es mantener el equilibrio de sal, agua y ácido-base del cuerpo y secretar productos de desecho en forma de orina, cuya concentración final ocurre en los túbulos colectores (TC). Desde el punto de vista funcional, tanto el riñón humano como el de rata experimentan una considerable maduración posnatal (Aperia, 1992; Rane, 1985). En la rata, el desarrollo renal se completa alrededor del día 10 después del nacimiento (Dodge, 1997; Márquez, 2002). Por este motivo, el riñón de rata neonata (10 días) presenta estructuras nefrogénicas típicas del periodo embrionario, análogas a las del segundo y tercer trimestre de gestación en el humano.

Estudios realizados por nuestro grupo de trabajo demostraron que la actividad y la expresión de la enzima SK es más alta en la papila renal de rata neonata que en el de adulto, y que la regulación de su expresión y actividad permiten modular el metabolismo de esfingolípidos durante el desarrollo (Facchinetti, 2003). También observamos que el metabolito esfingolípido final predominante en la papila renal de ratas de 10 días es la S1P, y en las ratas adultas, la esfingomielina y la ceramida. Este predominio de la S1P justifica el estado proliferativo en la rata de 10 días, mientras que los niveles de ceramida y esfingomielina explican el estado no proliferativo /diferenciado de las células de TC de la rata adulta (Facchinetti, 2003). También demostramos que la enzima SK1, responsable de la síntesis de S1P, es la isoforma predominante en el riñón y en la papila se expresa solo en las células de TC (Facchinetti, 2008).

Una característica del riñón maduro de los mamíferos es el gradiente de osmolaridad que presentan las distintas zonas que lo componen. La corteza renal se encuentra en isotonicidad con respecto al plasma, pero la osmolaridad del fluido intersticial va aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo en la papila. En ratas neonatas, la osmolaridad de la papila es mucho menor que en ratas adultas, y se incrementa gradualmente hasta alcanzar el nivel máximo después del destete (Rane, 1985). La hipertonicidad del medio extracelular no solo induce la maduración de las células de TC sino que, además, controla el mantenimiento del estado diferenciado (Minuth, 1997, 1999; Schumacher, 1999).

Teniendo en cuenta que la S1P está relacionada con funciones involucradas en la preservación y regeneración tisular, nos planteamos como objetivo investigar la participación de la S1P durante la diferenciación de las células de TC que ocurre en el entorno fisiológico de hipertonicidad de la papila renal, durante el desarrollo posnatal.

Materiales y métodos

Modelo experimental

Puesto que las células en cultivo imitan el comportamiento que poseen en el tejido intacto, utilizamos como modelo experimental cultivos primarios de células de TC aisladas de la papila renal de ratas Wistar de 10 días de edad, criadas en el bioterio del CENIIT-UNLaR. Además, el cultivo de células in vitro ofrece la posibilidad de controlarla concentración extracelular de solutos, por este motivo, los cultivos primarios de células de TC han sido extensamente utilizados para estudiar el efecto de la osmolaridad del medio extracelular sobre los mecanismos de diferenciación celular (Stokes, 1987; Minuth, 1997, 1999).

Cultivos primarios de células de TC de la papila renal

Los animales se sacrificaron por decapitación y los riñones se colocaron en una solución de iodopovidona hasta su procesamiento. Los cultivos primarios se realizaron aplicando un protocolo experimental modificado del original descrito por Stokes (Stokes 1987). Las papilas cortadas en pequeños trozos se incubaron durante 30 - 40 minutos (min) a 37°C en buffer Tris-HCl 10 mM, pH 7.4, conteniendo NaCl 140 mM, KCl 5 mM, MgSO₄ 2 mM, CaCl₂ 1 mM, y glucosa 5.5 mM, en presencia de colagenasa 0.2%. La acción enzimática fue monitoreada por microscopía de contraste de fase. Transcurrido el tiempo de digestión enzimática, las estructuras aisladas se separaron por centrifugación a 28xg durante 2 min. El sedimento crudo conteniendo la mayoría de las estructuras tubulares de la papila y restos de tejido, se lavó con PBS y se re-suspendió en medio de cultivo DMEM/F12, suplementado con suero fetal bovino al 10%, y antibióticos penicilina 100 U/ml y estreptomicina 100 µg/ml (DMEM/F12, suplementado). Las células se hicieron crecer sobre cubreobjetos hasta 70% de confluencia en DMEM/F12 suplementado, en estufa a 37° C gaseada 5% CO₂ durante un tiempo variable según el tipo de experimento.

Incubación de las células de TC en un medio extracelular de hipertonicidad

Las células sometidas a condiciones de isotonicidad (ISO) se incubaron en el medio de cultivo DMEM/F12 suplementado conteniendo NaCl en una concentración de 121 mM. Aquellas sometidas a hipertonicidad (HT), a partir de las 48 hs de cultivo sufrieron un incremento gradual de la concentración de NaCl mediante el agregado exógeno de NaCl al medio de cultivo, hasta alcanzar una concentración final de 200 mM, medio en el cual se mantuvieron durante 24 o 48 hs adicionales dependiendo del tipo de experimento (Burg, 2007) (Fig. 1A)

Tratamiento de las células de TC con un inhibidor de la enzima SK1

Las células fueron tratadas durante 24 hs con D, L-treo-dihidroesfingosina (tDHS), un inhibidor lipídico competitivo de la isoforma SK1, en una concentración de 1 µM. Transcurridas 24 hs, se incrementó gradualmente la concentración de NaCl hasta alcanzar la concentración final de 200 mM (Fig. 1B).

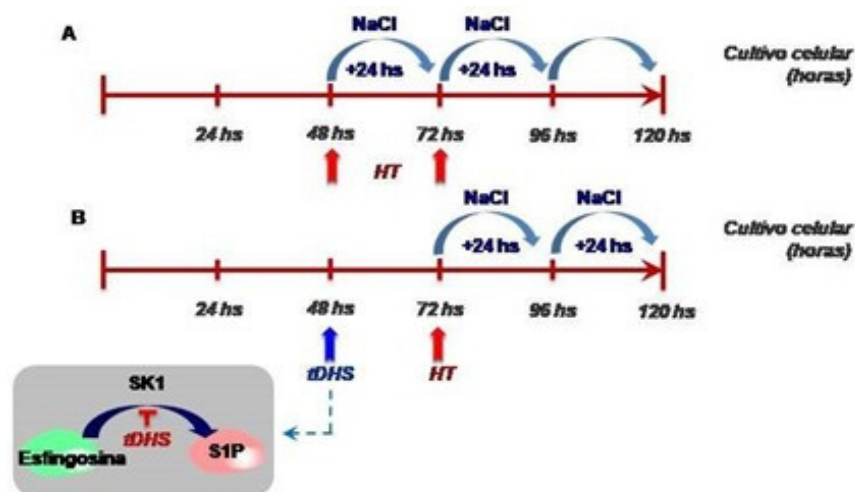


Figura 1. Esquema de los distintos tratamientos a los que fueron sometidas las células

Análisis de las estructuras de adhesión celular, del citoesqueleto de actina y del cilio primario

Se realizó mediante inmunocitoquímica utilizando anticuerpos dirigidos contra las proteínas que forman las uniones adherentes (E-cadherina, α -catenina y β -catenina), el cilio primario (tubulina acetilada), α -actina de músculo liso (α -SMA) como biomarcador de células mesenquimáticas, y faloidina fluoresceinada para analizar el citoesqueleto de actina. Los núcleos celulares se marcaron de color azul con Hoechst 33258. Las células se fijaron con paraformaldehído al 2% (20 min) y permeabilizaron con Triton 0,1% en PBS (20 min), luego se incubaron en albúmina sérica bovina 3% en PBS durante 1 h para bloquear los sitios inespecíficos. A continuación, las células se incubaron durante la noche a 4°C en cámara húmeda con las combinaciones de anticuerpos primarios adecuadas y finalmente con anticuerpos secundarios fluoresceinados. Los preparados se analizaron con un microscopio de fluorescencia convencional Olympus IX81 y las imágenes fueron adquiridas con una cámara digital Olympus DP70. El análisis cuantitativo de células de TC con cilio primario se realizó mediante el cálculo porcentual de células totales, y además se realizó un recuento de células ciliadas haciendo una discriminación por morfología (cilios largos y cortos). Para las reconstrucciones 3D, las células fueron examinadas con un microscopio confocal Olympus FV 300 (modelo BX61) en el Servicio de Microscopía Confocal que brinda la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UBA.

Silenciamiento génico de SK1

El silenciamiento génico de la enzima SK1 se logró mediante la transfección de las células de TC a las 48 hs de iniciado el cultivo, con 10 nM de siRNA de doble cadena para SK1, usando el reactivo de transfección HiPerFect (Qiagen) de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Después de 24 hs, los reactivos de transfección se lavaron y el medio se reemplazó por DMEM/F-12 suplementado y se incrementó gradualmente la concentración NaCl hasta alcanzar los de 200 mM. La secuencia de siRNAs para SK1 fue 5' GGGCAAGGCUCUGCAGCUCdTdT 3' (sentido) y 5' 'GAGCUGCAGAGCCUUGCCCdTdT 3' (antisentido). Para poder identificar las células transfectadas con siRNASK1 durante el análisis por microscopia de fluorescencia, las células se cotransfectaron con un control negativo siRNA-Alexa488 (Qiagen) según el protocolo del fabricante. Las células conteniendo puntos verdes intracelulares fueron consideradas como transfectadas. La eficacia de la transfección osciló entre 15% y 25%. Luego, las células se fijaron con paraformaldehído al 2% (20 min) y permeabilizaron con Triton 0,1% en PBS (20 min), luego se bloquearon con albúmina sérica bovina 3% en PBS durante 1 h. Finalmente, se incubaron con un anticuerpo contra la α -catenina y se reveló con un anticuerpo secundario fluoresceinado. Las células fueron analizadas con un microscopio de fluorescencia convencional Olympus IX81 y se evaluaron los cambios morfológicos inducidos por el siRNA específico en las células transfectadas.

Análisis estadístico

Se realizaron al menos tres experimentos independientes y los resultados se analizaron utilizando el Software GraphPad Prism versión 6.0 (GraphPad Software Inc). Los datos se expresaron como la media $\pm$ error estándar ($X \pm SEM$). Las comparaciones estadísticas se realizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) y un test posterior de Bonferroni. Se consideró estadísticamente significativo cuando $p \leq 0.05$.

Resultados

Las células del TC de ratas neonatas adquieren un fenotipo epitelial diferenciado cuando se las expone a un medio extracelular hipertónico.

Como ya se mencionó, durante el desarrollo posnatal la papila renal adquiere gradualmente un medio HT. Para imitar esta condición fisiológica, a partir de las 48 hs de cultivo, las células de TC se sometieron a aumentos graduales de la concentración de NaCl hasta alcanzar una concentración final de 200 mM (Fig. 1A).

Se analizó la morfología de las células en medio ISO e HT mediante microscopía de contraste de fase, y la distribución del citoesqueleto de actina por inmunofluorescencia. También se evaluó el grado de diferenciación de las células analizando la expresión y distribución de las proteínas que forman las uniones adherentes (E-cadherina, α -catenina y β -catenina), y la expresión de α -SMA. En medio ISO, las células exhibieron una morfología alargada e irregular, que puede apreciarse tanto en las imágenes de contraste de fase (Fig. 2A) como en la distribución de las fibras de actina (Fig. 2B, flecha). En medio ISO, la inmunomarcación de α -catenina es predominantemente citosólica reflejando la escasa unión entre las células (Fig. 2C, flechas). Cuando el cultivo se prolongó por más de 5 días en medio ISO, las células de TC comenzaron a expresar el biomarcador de células mesenquimáticas, α -SMA (Fig. 2D, flechas). En ausencia de un medio HT, con el tiempo las células de TC experimentan una transición epitelio-mesenquima. La síntesis de novo de α -SMA refleja la necesidad de estas células de un medio HT para adquirir y preservar su fenotipo epitelial. Contrariamente, el medio HT indujo un fenotipo epitelial más maduro, hecho que se evidencia por el cambio de una forma alargada a una hexagonal (Fig. 2E, 2F). La inmunomarcación de los bordes celulares con α -catenina refleja el establecimiento de uniones adherentes entre las células (Fig. 2G). Además de las células de TC, tanto en el medio ISO como en HT, se observan células mesenquimáticas de forma fibroblastoide que expresan α -SMA (Fig. 2D, 2H, puntas de flechas).

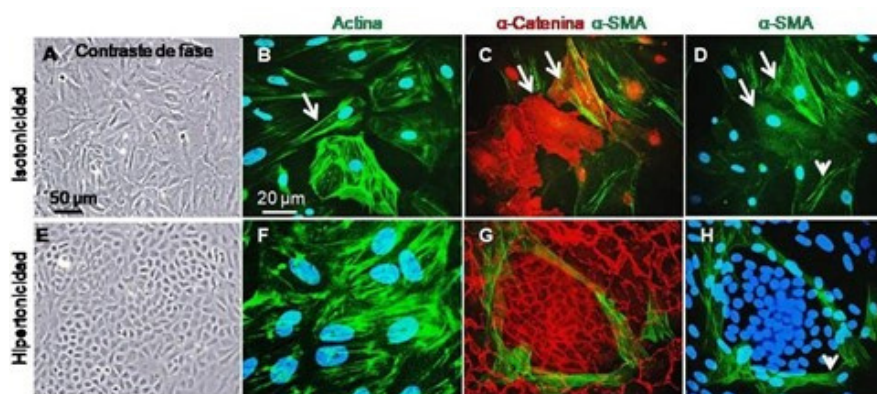


Figura 2. La hipertonicidad del medio extracelular induce la diferenciación de las células de TC de la papila renal durante el desarrollo posnatal.

En medio ISO, las células presentan espacios entre ellas, y las proteínas que forman las uniones adherentes (E-cadherina y α -catenina) se distribuyen de manera irregular en la membrana plasmática (Fig. 3A, 3B, flechas). Por el contrario, en medio HT estas proteínas se distribuyen de forma uniforme sobre los bordes de las células reflejando la formación de estructuras de adhesión intercelular (Fig. 3E, 3F). Además del espacio entre las células en el medio ISO (Fig. 3C, 3D), el análisis de las reconstrucciones 3D de imágenes de microscopia confocal reveló una diferencia notoria en la altura de las células, siendo mayor en las células expuestas al medio HT (Fig. 3G, 3H).

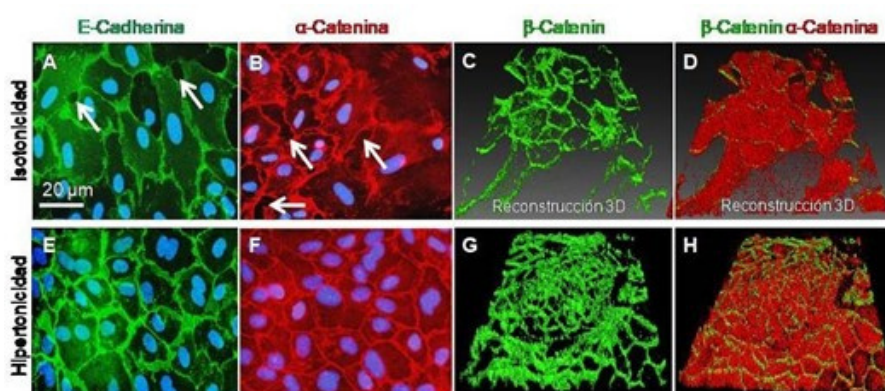


Figura 3. Las células de TC de papila renal en medio hipertónico exhiben las características típicas del fenotipo epitelial diferenciado

La actividad de la enzima SK es necesaria para alcanzar el fenotipo epitelial diferenciado de las células de TC en el medio HT

A continuación, evaluamos si la actividad de la vía SK/S1Pes necesaria para que las células del TC de la papila renal adquieran el fenotipo epitelial diferenciado inducido por el medio HT. Para ello se implementaron dos estrategias experimentales: 1) se inhibió la actividad de la enzima SK con tDHS, y 2) se realizó un silenciamiento génico mediante el uso de siRNA de SK1, por ser esta la isoforma predominante en el riñón. Luego se analizó la distribución de β -catenina y α -catenina mediante inmunocitoquímica. El comportamiento de las células solo tratadas con el inhibidor tDHS se asemeja al de las células en medio ISO, observándose una morfología y una distribución de β -catenina irregular (Fig. 4A, 4C), en contraposición con la morfología poligonal y la distribución regular de β -catenina en las uniones intercelulares que presentan las células en HT (Fig. 4B).

Cuando las células se incubaron con tDHS 24 hs antes de someterlas al medio HT, se observó la aparición de espacios entre las células indicando la dificultad que presentan las células para establecer uniones entre ellas (Fig. 4D, flechas). Para evaluar el efecto de la inhibición de la actividad de SK en células de TC ya diferenciadas, se añadió tDHS al cultivo después de que las células se sometieran a medio HT. En esta condición, la morfología epitelial y la distribución de β -catenina en la membrana no se vieron alteradas (Fig. 4E). Se observó un resultado similar cuando se agregaron NaCl y S1P al medio simultáneamente, en presencia del inhibidor (Fig. 4F). La disminución de la expresión de SK1 mediante el silenciamiento génico antes del tratamiento con HT, provocó una distribución discontinua de α -catenina solo en las células transfectadas, observándose una clara pérdida de la unión intercelular (Fig. 4H, flechas). En conjunto, estos resultados sugieren que la actividad de la vía SK/S1P es necesaria para la adquisición, y no para el mantenimiento, del fenotipo epitelial de las células de TC en el entorno fisiológico de HT de la papila renal, durante el desarrollo posnatal.

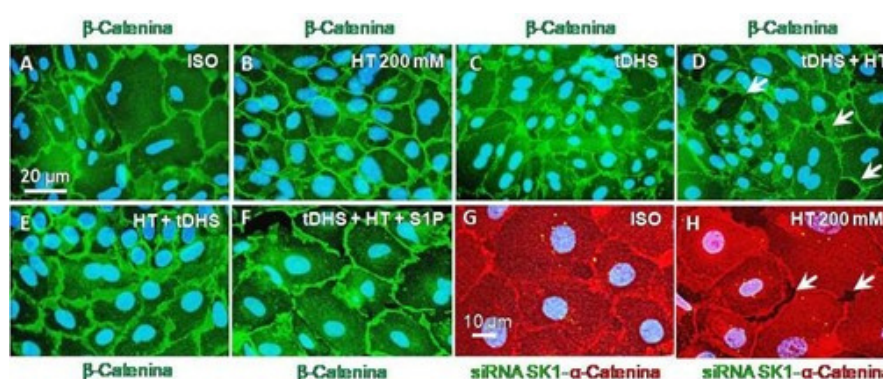


Figura 4. La inhibición de la actividad de la SK durante la diferenciación de las células de TC inducida por la hipertonicidad provoca un deterioro en las uniones intercelulares

Una característica de diferenciación y mantenimiento del estado diferenciado de las células de TC es la presencia de un cilio primario, que puede visualizarse mediante un anticuerpo anti-tubulina acetilada como un punto o una estructura alargada. El cilio es una estructura que protruye de la membrana plasmática apical, que integra señales moleculares y procesos como proliferación, diferenciación y migración.

Su disfunción lleva a ciliopatías (Elliott 2019). Observamos que no todas las células presentan el cilio, y no encontramos diferencias significativas en el porcentaje de células ciliadas en las diferentes condiciones experimentales (Fig. 5). Pero existe una gran heterogeneidad en cuanto a su morfología. En medio ISO predominan los cilios cortos (Fig. 5, 6A, flechas), mientras que en el medio HT predominan los cilios alargados (Fig. 5, 6B, flechas). La inhibición de la actividad de SK1 evita la formación de cilios alargados (tDHS + HT) (Fig. 5, 6D, flechas), pero este fenómeno se revierte parcialmente cuando se agregan NaCl y S1P al medio simultáneamente, en presencia del inhibidor (tDHS + HT + S1P) (Fig. 5, 6E, flechas). Estos resultados sugieren que la morfología alargada de los cilios está presente en las células con mayor grado de diferenciación, y su formación depende de la actividad de la vía SK/S1P.

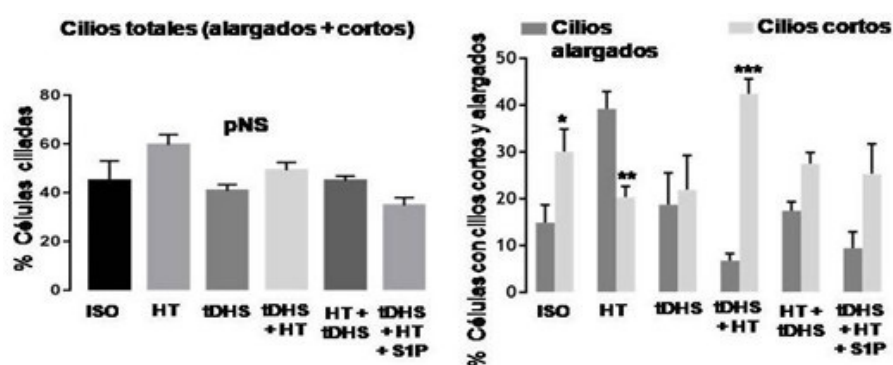


Figura 5. Porcentaje de células de TC ciliadas en distintas condiciones experimentales

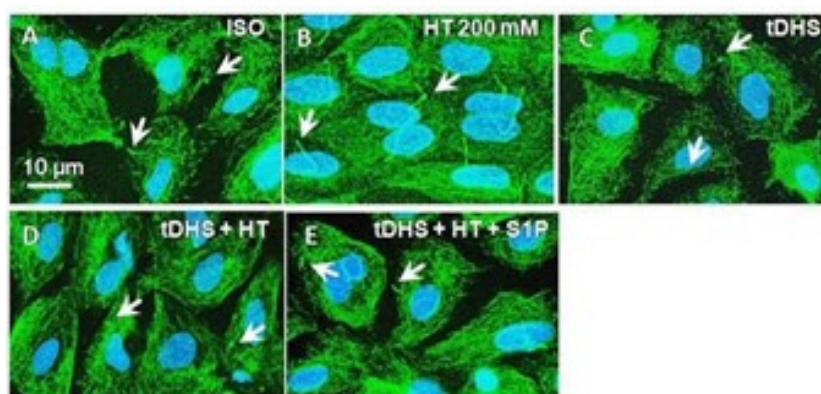


Figura 6. La inhibición de la actividad de la SK durante la diferenciación de las células de TC inducida por la hipertonicidad impide la formación del cilio primario maduro

Conclusión y discusión

En los mamíferos recién nacidos, el riñón se encuentra funcionalmente inmaduro, y su maduración continúa en el periodo postnatal (Aperia, 1992; Rane, 1985). En la rata, el desarrollo renal se completa alrededor del día 10 después del nacimiento y esta característica particular nos permite utilizarlo como modelo experimental para estudiar mecanismos de desarrollo renal en el periodo posnatal. La diferenciación celular de las células epiteliales renales es un proceso que involucra la transición mesénquima-epitelio, durante el cual las células mesenquimales se tornan polarizadas, al mismo tiempo que establecen uniones intercelulares y desarrollan un cilio primario. A nivel de la papila renal, para que la diferenciación celular se desencadene es necesaria una hipertonicidad del medio extracelular, que además es requerida para el mantenimiento del estado diferenciado (Minuth, 1997, 1999; Schumacher, 1999). En el presente trabajo analizamos la participación de la vía SK/S1P durante el desencadenamiento de la diferenciación celular de las células de TC durante el desarrollo posnatal. Nuestros resultados mostraron que efectivamente durante el desarrollo posnatal, las células de TC sometidas a un medio extracelular HT se diferencian, imitando in vitro el comportamiento que poseen en el riñón. La pérdida de unión entre las células y la síntesis de novo de α -SMA en el medio ISO, refuerzan el concepto que las células del TC de la papila renal necesitan del medio HT para preservar su fenotipo epitelial. La inhibición de la actividad de la enzima SK, y por ende la disminución de S1P, impidió el normal establecimiento de uniones adherentes, y la formación de cilios alargados. En estas condiciones, las células mantuvieron una morfología fibroblastoide.

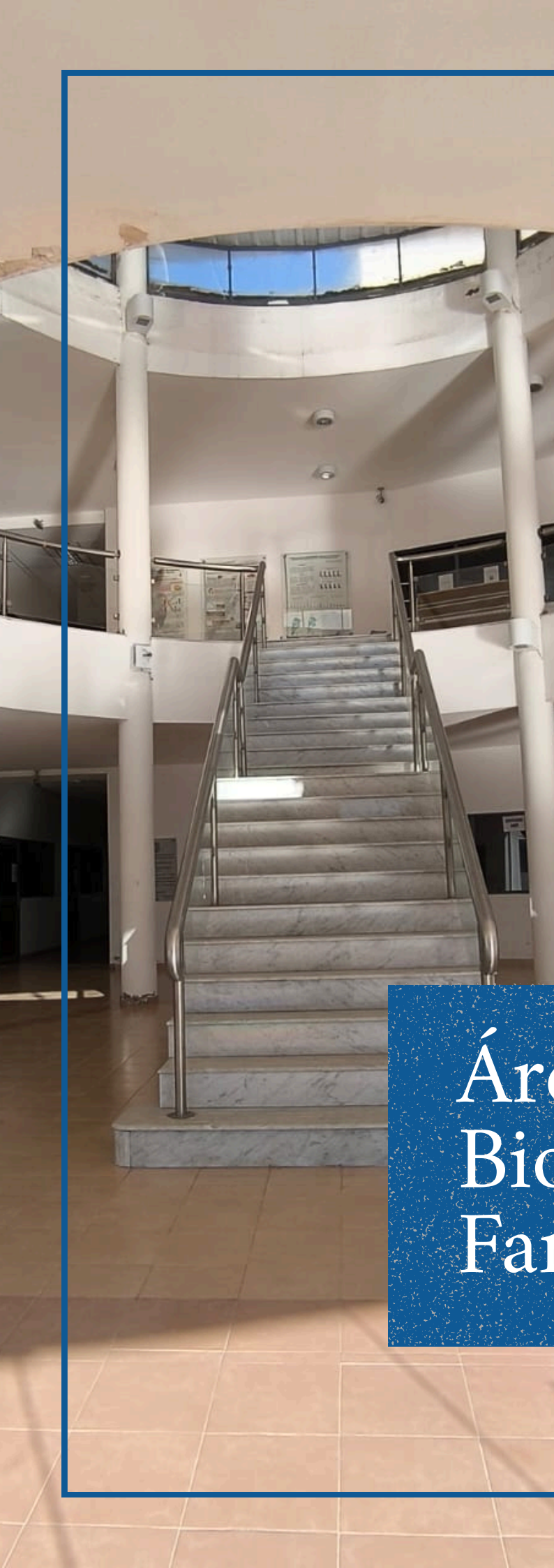
Estos resultados se correlacionan con trabajos previos realizados por nuestro grupo de trabajo en los cuales encontramos que la actividad y la expresión de la enzima SK, es más alta en la papila renal de rata neonata que en el de adulto, y que el metabolito esfingolipídico final predominante en la papila renal de ratas de 10 días es la S1P (Facchinetti, 2003, 2008). Y más recientemente demostramos que tanto la expresión de SK, así como la síntesis y los niveles endógenos de S1P descienden progresivamente a medida que las células de TC se diferencian (Santacreu, 2019). Nuestros resultados reafirman este concepto, puesto que cuando se agregan NaCl y S1P al medio simultáneamente, en presencia del inhibidor de SK, las células de TC logran iniciar el proceso de diferenciación.

En conjunto, como conclusión final podemos decir que la actividad de la vía SK/S1P es necesaria para la adquisición del fenotipo diferenciado epitelial de las células de TC en el entorno fisiológico de HT de la papila renal, durante el desarrollo posnatal.

Referencias bibliográficas

- [1] Aperia, A., Celsi, G. (1992). Ontogenic processes in nephron epithelia. Structure, enzymes and function. En: The kidney: physiology and pathology. Seldin, D. W, Giebisch G. (Eds), New York, Raven Press: 803-828.
- [2] Burg, M. B., Ferraris, J. D., Dmitrieva, N. I. (2007). Cellular response to hyperosmotic stresses. *Physiological Reviews*, 87 (4):1441-74.
- [3] Dodge, A. H. (1997). Introduction: Review of microscopic studies on the fetal and neonatal kidney. *Microscopy Research and Technique*, 39: 205-210.
- [4] Elliott, K. H., Brugmann, S. A. (2019). Sending mixed signals: Cilia-dependent signaling during development and disease. *Developmental Biology*, 447(1):28-41.
- [5] Facchinetti, M. M., Beuret, C., Márquez, M. G., Sterin-Speziale, N. B. (2002). Differential branching of the sphingolipid metabolic pathways with the stage of development. Involvement of sphingosine kinase. *Biology of the Neonate*, 84: 243–251.
- [6] Facchinetti, M. M., Leocata Nieto, F., Márquez, M. G., Sterin-Speziale, N. B. (2008). Stratification of sphingosine kinase-1 expression and activity in rat kidney. *Cells Tissues Organs*, 188: 384–392.
- [7] Fyrst, H. and Saba, J.D. (2010). An update on sphingosine-1-phosphate and other sphingolipid mediators. *Nature Chemical Biology*, 6(7): 489-497.
- [8] Hannun, Y. A., Obeid, L. M. (2018). Sphingolipids and their metabolism in physiology and disease. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 19(3):175-91.
- [9] Kirby, R. J., Jin, Y., Fu, J., Cubillos, J., Swertfeger, D., Arend, L. J. (2009). Dynamic regulation of sphingosine-1-phosphate homeostasis during development of mouse metanephric kidney. *American Journal of Physiology - Renal Physiology*, 296(3):F634-41.
- [10] Márquez, M. G., Cabrera, I., Serrano, D. J., Sterin-Speziale, N. B. (2002). Cell proliferation and morphometric changes in the rat kidney during postnatal development. *Anatomy and Embriology*, 205: 431–440.

- [11] Minuth, W.W., Steiner, P., Strehl, R., Kloth, S., Tauc, M. (1997). Electrolyte environment modulates differentiation in embryonic renal collecting duct epithelia. *Experimental Nephrology*, 5(5): 414-22.
- [12] Minuth, W.W., Steiner, P., Strehl, R., Schumacher, K., de Vries, U., Kloth, S. (1999). Modulation of cell differentiation in perfusion culture. *Experimental Nephrology*, 7 (5-6): 394-406.
- [13] O'Sullivan, C., Kumlesh, K. (2013). The structure and function of the S1P1 receptor. *Trends in Pharmacological Sciences*, 34(7): 401–412.
- [14] Ogretmen, B., Hannun, Y.A. (2004). Biologically active sphingolipids in cancer pathogenesis and treatment. *Nature Reviews Cancer*, 4: 604-616.
- [15] Olivera., A., Allende, M. L., Proia, R. L. (1913). Shaping the landscape: metabolic regulation of S1P gradients. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1831(1):193-202.
- [16] Rane, S., Aperia, A., Eneroth, P., Lundin, S. (1985). Development of urinary concentrating capacity in weanings rats. *Pediatric Research*, 19: 472-475.
- [17] Santacreu, B. J.; Pescio, L.G.; Romero, D. J.; Corradi, G. R., Sterin, N. B., Favale, N. O. (2019). Sphingosine kinase and sphingosine-1-phosphate regulate epithelial cell architecture by the modulation of de novo sphingolipid synthesis. *Plos One*, 14(3): 1-26.
- [18] Schumacher, K., Strehl, R., Kloth, S., Tauc, M., Minuth, W. W. (1999). The influence of culture media on embryonic renal collecting duct cell differentiation. *In Vitro Cellular y Developmental Biology - Animal*, 35(8): 465-71.
- [19] Spiegel, S., Milstien, S. (2003). Sphingosine-1- phosphate: an enigmatic signalling lipid. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 4: 397–407.
- [20] Stokes, J. B., Grupp, C., Kinne, R. K.H. (1987). Purification of rat papillary collecting duct cells: functional and metabolic assessment. *American Journal of Physiology*, 253: F251-262.



Área de Bioquímica y Farmacia

**INSTITUTO DE
BIOQUÍMICA Y
FARMACIA, (IByF)**

Con posterioridad a la vigencia de La Ley de Educación Superior, Ley N° 24.521 (1995), y La Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ley Nro.:25.467 (2001), la resolución del Departamento Académico de Ciencias Exactas Físicas y Naturales (DACEFYN) N° 255 del año 2010, da creación al Instituto de Bioquímica y Farmacia, (IByF) donde se establece el reglamento del mismo, con una participación por cátedras de las carreras de Bioquímica y Farmacia, especificado en el Anexo 1. Durante el año 2019, se establece, por resolución CD DACEFYN Nro.: 0113/2019, la vinculación de los laboratorios del departamento a dicho instituto (IByF), no definiéndose por unidades, considera la función del director como una extensión del cargo docente vigente y asimismo se extiende la participación por docentes de las diferentes carreras, con bases biológicas del departamento, mostrando una estructura orgánica por laboratorios y considerando a los docentes de todas las carreras, con diferencia en la estructura orgánica.

INTEGRANTES

Docentes de todas las carreras con bases biológicas.

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

Aislamiento e identificación molecular de cepas de *Saccharomyces* spp. nativas del departamento Castro Barros de La Rioja (localidad de Anillaco), Argentina.

PIC 2019: Aislamiento e identificación molecular de cepas de *Saccharomyces* spp. nativas del departamento Castro Barros de La Rioja (localidad de Anillaco), Argentina.

PIC 2019: Detección de endotoxinas en formulados lipídicos nanoestructurados

Participación de la esfingosina 1 fosfato durante el desarrollo posnatal de los túbulos colectores de la papila renal

Evaluación farmacológica de la eficacia analgésica de pregabalina combinada con ácidos grasos omega 3 en el tratamiento del dolor neuropático periférico

PIN 2019: Selección de cepas y caracterización del arreglo génico para phaC de bacterias autóctonas productoras de PHAs en desechos agroindustriales de La Rioja

Procesamiento de imágenes mediante Deep Learning

**ÚLTIMOS
PROYECTOS
EJECUTADOS**

PIC 2020: Eliminación de SARS-CoV 2 de papeles y de agua por radiación ultravioleta. Convocatoria COVID 2020. Agencia de C y T. MINCYT. IF-2020-34603734-APN-DANPIDTYI#ANPIDTYI

Detección molecular de *Cryptosporidium parvum* en agua de río huaco a La Quebrada y represas de almacenamiento

Eliminación de rotavirus en agua por radiación ultravioleta

Estudios farmacológicos del tratamiento combinado con cannabidiol (aceite de Cannabis) y ácidos grasos Omega-3 para el dolor neuropático periférico

Niveles de IgE en pacientes con Virus de Inmunodeficiencia humana en la población de la provincia de La Rioja

PIN 2021: Selección de cepas y caracterización del arreglo génico para phaC de bacterias autóctonas productoras de PHAs en desechos agroindustriales de La Rioja

PIN 2023 Eliminación de rotavirus en agua por radiación ultravioleta. Exp- 00-03705/2020 RESOL CICYT 69/2023. Proyectos de extensión científica

Prevención y promoción de la salud en los artistas plásticos. Disposición SEU UNLAR N: 42/2017.

Salud en los artistas plásticos de La Rioja. Convocatoria de proyectos de Extensión Universitaria 2017 “Universidad, Cultura y Sociedad” de Secretaría de políticas universitarias por Resolución RESOL-2017-5135-APN-SECPU#ME.

Proyectos de vinculación tecnológica científica

Detección Rotavirus Bajo costo” presentado en la Convocatoria de Vinculación Tecnológica “Agregando Valor 2017” por medio de la Resolución RESOL-2017-5157-APN-SECPU#ME. 2018-2019. Secretaría de políticas universitaria. ME. Directora: Dra. Patricia A. Córdoba

Artículos en revistas científicas:

Cerezuela, F., Miniti, E., Ocampo, M., Loustanau, M., Barrera, E., Ojeda, P., Fra, A. S., Carrizo, A., Ovelar Méndez, F., Díaz Ariza, M., Spano Cruz, Á., Recchioni, L., Rivero, A., Rodríguez, M., Soloaga, A., Salomón, C., & Córdoba, P. (2017). Cryptosporidium sp. en la Provincia de La Rioja, Argentina. Niños asintomáticos con baja talla y coinfectados con Giardia sp. Importancia del medio ambiente. Archivos de Medicina, 13(3). <http://www.archivosdemedicina.com/abstract/cryptosporidium-sp-en-la-provincia-de-la-rioja-argentina-nintildeos-asintomaacutetico-con-baja-talla-y-coinfectados-con-giardia-spimportancia-del-medio-ambiente-20264.html>

Soloaga, A., Córdoba, P., & Torres Ochoa, O. (2019). Evaluación de la asimilación cognitiva de conceptos básicos de microbiología en alumnos de bioquímica y farmacia. Educación Médica, 20(1), 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2017.11.003>

Córdoba, P. (2020). ¿Por qué es buena la detección de SARS COV 2 dentro de un hospital? Mater Ciencia, 5(2). https://issuu.com/revistacienciainsitu/docs/boletin_materciencia_vol_5_n_2_noviembre_2020_iss/1

Córdoba, P. (2022). Proyecto en pandemia: Eliminación de SARS-CoV-2 de papeles y de agua por radiación ultravioleta. Biomento, 1, 1–1.

Corrales, M. A., Salas, L. B., Recchioni, L., & Córdoba, P. A. (2024). Casos de COVID-19 en relación con parámetros ambientales en cinco departamentos de la provincia de Catamarca, Argentina. Medicina (Buenos Aires), 84(1), 29–34. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38271936/>

Capítulos de libro:

Robledo, F. A., Soloaga, M. A., Cordoba, P. A., Rosso, M. C., Spano Cruz, M. A., Galleguillo, V. A., & Reynoso, G. B. (2021). Determinación de la producción de exopolisacárido de bacterias provenientes de residuos olivícolas. En M. Simões (Ed.), *Estudos em biociências e biotecnologia: desafios, avanços e possibilidades* (pp. [páginas]). Artemis.
<https://www.editoraartemis.com.br/artigo/32473/>
https://doi.org/10.37572/edart_21122150712

Ponencias y resúmenes en congresos:

Soloaga, M. A., Assad, F., Rosso, M. C., Spano Cruz, M. A., Cordoba, P. A., Rojas, L. N., & Ghiringuelli, P. D. (2021, agosto). Bioprospección de cepas bacterianas nativas productoras de biopolímeros aisladas de desechos olivícolas. 6° Simposio Argentino de Procesos Biotecnológicos (SAPROBIO). Universidad Nacional de Misiones. ISBN 978-950-766-183-9.

Flores, G., Regadío, C., Massud, N., Robledo, L., González, J., Corrales, M., Tomassi, C., Salas, L., Calbo, V., Soloaga, A., & Cordoba, P. (2022). Cinética de la presencia de rotavirus y virus influenza en el papel. XXXVIII Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán (Resumen MI-04, p. 46). Biocell, 46(Supl. 2). ISBN 978-987-88182-8-3.

Robledo, L., Flores, G., Regadío, C., Massud, N., González, J., Corrales, M., Tomassi, C., Salas, L., Calbo, V., Soloaga, A., & Cordoba, P. (2022). Detección de rotavirus y virus influenza en el papel. XXXVIII Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán (Resumen MI-01, p. 45). Biocell, 46(Supl. 2). ISBN 978-987-88182-8-3.

Massud, N., Flores, G., Regadío, C., Robledo, L., Cerezuela, F., Tomassi, C., Corrales, M., Salas, L., Calbo, V., Soloaga, A., & Cordoba, P. (2022). Permanencia de muestras clínicas en papeles de diferentes gramajes. XXXVIII Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán (Resumen MI-05, p. 47). Biocell, 46(Supl. 2). ISBN 978-987-88182-8-3.

**ÚLTIMOS
TRABAJOS
PUBLICADOS**

Corrales, M., Tomassi, C., González, J., Salas, L., & Cordoba, P. (2022). Casos de COVID-19 y parámetros ambientales en cuatro departamentos de la provincia de Catamarca. Resultados preliminares. XXXVIII Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán (Resumen MI-03, p. 46). Biocell, 46(Supl. 2). ISBN 978-987-88182-8-3.

González, J. E., Regadío Zangrandi, C., & Córdoba, P. A. (2021, noviembre). Rotavirus en la cuenca hídrica de Huaco en La Rioja y su relación con variables ambientales. III ECIDE – Encuentro de Comunicación, Investigación, Docencia y Extensión, UTN – Facultad Regional La Rioja.

Publicaciones en gen bank

Identificación molecular de bacterias nativas productoras de polihidroxialcanoatos en residuos olivícolas. Soloaga,M.A., Rosso,M.C., Spano Cruz,M.A., Cordoba,P.A., Rojas,N.L. and Ghiringhelli,P.D. popset: 1418575285.11 de julio 2018

Pseudomonas aeruginosa strain PHA UNLaR La Rioja AR4 16S ribosomal RNA gene, partial sequence. MH578565.1

Enterobacter cloacae strain PHA UNLaR La Rioja AR3 16S ribosomal RNA gene, partial sequence. MH578564.1

Aerococcus viridans strain PHA UNLaR La Rioja AR2 16S ribosomal RNA gene, partial sequence. MH578563.1

Acinetobacter lwoffii strain PHA UNLaR La Rioja AR1 16S ribosomal RNA gene, partial sequence. MH578562.1

[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/popset?](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/popset?Dbfrom=nuccoreyCmd=Linkylinkname=nuccore_popsetyidsfromresult=1418575288)

[Dbfrom=nuccoreyCmd=Linkylinkname=nuccore_popsetyidsfromresult=1418575288](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/popset?Dbfrom=nuccoreyCmd=Linkylinkname=nuccore_popsetyidsfromresult=1418575288)

Materiales utilizados, medidas de seguridad y salud de artistas visuales de La Rioja y Chilecito durante 2018-2019

Farías, Adriana¹; Recchioni, Liliana²; Lovrinkevich, Luis³; Córdoba, Patricia¹

¹Instituto de Bioquímica y Farmacia, (IByF) Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) DACEFyN Universidad Nacional de la Rioja. (UNLaR)

²Departamento Académico de Ciencias de la Salud. Departamento Académico de Ciencias Aplicadas a la Producción, al Ambiente y al Urbanismo. Universidad Nacional de la Rioja. (UNLaR).

³Unión de Artistas Visuales La Rioja

pcordoba2012@gmail.com pacordoba@unlar.edu.ar

Resumen

Los artistas visuales trabajan con recursos naturales como materiales principales incorporando elementos químicos para elaborar sus obras, desconociendo los riesgos para su salud, trabajan sin bioseguridad. El objetivo del presente trabajo es conocer cuáles son los materiales utilizados, sus características químicas y las enfermedades en los artistas visuales de Capital de La Rioja y Chilecito durante 2018-2019. Se encuestó a 52 artistas. Un 77% (n=40) de la ciudad de La Rioja y un 23% (n=12) de Chilecito. La edad promedio fue de 44 ± 14 años, el 52% de género femenino y el 48% masculino. Los resultados obtenidos mostraron que los materiales más utilizados fueron cola vinílica, diluyentes, acrílicos, aguarrás y los menos utilizados son plásticos, bloques de piedra y ácido nítrico. Se determinó que más de la mitad de los artistas no utilizan los siguientes elementos de protección: antiparras, barbijo, botas, cofia, guantes de tela y guantes de látex. El 73% de los artistas, no posee matafuegos, llegando al 86% de ellos sin extractor de aire en su lugar de trabajo. Se obtuvo una asociación entre la presencia de alergia y la utilización de antiparras ($p=0,0040$) y entre la presencia de diabetes y el uso de pegamentos ($p=0,0086$), aunque no se detectan relaciones entre las patologías y las condiciones del lugar de trabajo. Estos resultados sugieren que salud en general, no condicionan las medidas de seguridad del uso de los materiales químicos y que se podría avanzar en estudios experimentales sobre el particular.

Palabras clave: salud, artistas, visuales, La Rioja, Chilecito

Abstract

Visual artists work with natural resources as main materials, incorporating chemical elements to make their works, unaware of the risks to their health, they work without biosecurity. The objective of this work is to know what are the materials used, their chemical characteristics and the diseases in the visual artists of Capital de La Rioja and Chilecito during 2018-2019. 52 artists were surveyed. 77% (n=40) from the city of La Rioja and 23% (n=12) from Chilecito. The average age was 44 ± 14 years, 52% female and 48% male. The results obtained showed that the most used materials were vinyl glue, thinners, acrylics, white spirit and the least used were plastics, stone blocks and nitric acid. It was determined that more than half of the artists do not use the following protection elements: goggles, chinstrap, boots, cap, cloth gloves, and latex gloves. 73% of the artists do not have a fire extinguisher, reaching 86% of them without an exhaust fan in their workplace. An association was obtained between the presence of allergy and the use of goggles ($p=0.0040$) and between the presence of diabetes and the use of glues ($p=0.0086$), although no relationships were detected between the pathologies and the workplace conditions. These results suggest that health in general does not condition the safety measures for the use of chemical materials and that progress could be made in experimental studies on the matter.

Keywords: health, artists, visuals, La Rioja, Chilecito

Introducción

Los recursos naturales fueron utilizados desde tiempos ancestrales por aquellos quienes realizan artes plásticas. La mayoría de los pigmentos son colorantes secos al que se añade un vehículo o matriz, que es un material relativamente neutro o incoloro que actúa como adhesivo. Tanto los pigmentos como los aglutinantes deben ser considerados materiales con alguna acción sobre la salud de los trabajadores del arte que los manipulan (Klaassen, 2005; Ortiz Pozo, 2011). Se desconoce qué tipo de pigmentos utilizan en nuestra región como tampoco se sabe si toman las medidas preventivas necesarias. El objetivo del presente proyecto es conocer los químicos que utilizan los artistas plásticos en La Rioja y Chilecito y las patologías que pueden padecen a fin de capacitarlos para la prevención en su utilización. Con la culminación del proyecto se espera acrecentar los conocimientos en los artistas, docentes y estudiantes para el bien de la comunidad.

La población de artistas tiene características específicas de la actividad de los creadores que son la intermitencia en el proceso de creación lo cual genera que los ingresos sean esporádicos e irregulares; las diferentes fases por las que transcurre un proceso creativo (inspiración, preparación, creación, comercialización y venta) donde solo al final se obtienen los ingresos económicos; como también la independencia o aislamiento del artista que lo predispone a no realizar gestiones administrativas que podrían redundar en la generación de ingresos.

Los ingresos derivados de la actividad artística son insuficientes para su subsistencia, por lo cual se ven obligados a realizar trabajos ajenos a su condición de artista como ocurre con la docencia. Además, la obtención de becas o ayudas son escasas y de poco monto económico, y por otro lado existen muchos artistas que perciben ingresos inferiores al salario mínimo.

Estos rasgos específicos de los artistas no se contemplan a la hora de valorarlos como recursos humanos económicamente activos y tampoco se considera su salud en ningún momento dentro de los derechos como ciudadano. Los artistas plásticos son conocidos por sus obras, por su identidad regional y por sus patologías psicológicas. Ellos son trabajadores que generan una actividad económica subvalorada, sin marco legal reglamentado como trabajadores por lo que la salud de esta población es invisible a los seguros sociales nacionales. Esta falta de visibilidad de sus derechos como trabajadores es una problemática en nuestro país y es tema de discusión en todo el mundo (Niño,2016).

Materiales y métodos

Se utilizó un diseño descriptivo, observacional, prospectivo de corte transversal. Se trabajó con la población de artistas o trabajadores del arte de las ciudades de La Rioja y Chilecito y se realizó una muestra no probabilística (anónima y voluntaria) de 52 artistas. El instrumento de la encuesta posee preguntas cerradas que responden a la dimensión demográfica, laboral, condiciones salud y medidas de seguridad. Las variables principales fueron materiales utilizados, modo de aplicación, cobertura de salud, ambiente físico para su trabajo, medidas de bioseguridad, afecciones de salud que padeció o padece. El instrumento se presenta en el Anexo.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo y de asociaciones utilizando el test exacto de Fisher. Se trabajó con el software InfoStat.

Resultados

Descripción de la actividad de los artistas

Las encuestas a artistas se realizaron durante los años 2018-2019. Se indagó la situación de 52 artistas de las ciudades de La Rioja 77% (n=40) y Chilecito 23% (n=12). Los individuos tienen una edad promedio de 44 ± 14 años y además un 52% son de género femenino y un 48% masculino. El 27% de los encuestados manifiesta que son docentes de arte con una antigüedad en promedio de 13 años, mientras que el resto son estudiantes o profesionales.

La antigüedad del trabajo artístico es variable, aproximadamente el 50% tiene una antigüedad hasta 10 años y el tiempo promedio de trabajo artístico es de 19 ± 15 años. Los profesionales de arte son pintores solamente o pintores con alguna otra especialidad artística en un 54%. Solo un 10% poseen actividades asociadas a una sola disciplina escultura o cerámica. El 36% restante tienen disciplinarias múltiples.

En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de artistas encuestados según los materiales que usa y frecuencia de uso. Se observa que poseen una variada lista de materiales utilizados donde en los de uso más frecuente se encuentran la cola, diluyentes, acrílicos, aguarrás y barnices ya que al menos la mitad de las personas las usan frecuentemente. Por otro lado, óxidos/sulfatos, betún, lacas, resinas, plásticos para reciclar, bloques de piedras y ácido nítrico son los menos utilizados. Estos últimos materiales tienen un uso frecuente por menos del 40% de los artistas. También se observa que la forma de aplicación de los materiales es principalmente a pincel (66%), le sigue el soplete (20%) y otros como aerosol, espátula o a mano en menor frecuencia (14%).

Tabla 1. Porcentaje de artistas encuestados según materiales de uso frecuente

Nro	Materiales	% de artistas con uso frecuente (%)
1	Cola	65
2	Diluyentes	62
3	Acrílicos	60
4	Aguarrás	58
5	Barnices	50
6	Pigmentos	46
7	Acuarelas	46
8	Óleo	42
9	Pegamento de contacto	42
10	Sepias	42
11	Pasteles Oleo/Tiza	42
12	Arcilla recogida naturalmente	42
13	Tintas Gráficas	42
14	Témperas	40
15	Lápices acuarelables	40
16	Lápiz de aceite	37
17	Trementina	33
18	Metales: chapa o caños	31
19	Óxidos/Sulfatos	27
20	Betún	27
21	Lacas	25
22	Resinas	21

Tabla 2. Porcentaje de artistas encuestados según materiales de uso frecuente

Nro	Materiales	% de artistas con uso frecuente (%)
23	Plásticos para reciclar	19
24	Bloques de piedras	15
25	Ácido Nítrico	8

La Tabla 2 muestra los porcentajes de artistas encuestados según la medida de seguridad utilizada observándose que aplican en el trabajo, son variadas, aunque las más importantes son el guardapolvo, barbijo, antiparras y barbijo con filtro ya que son aplicadas por 40% o más de los artistas.

Tabla 3. Porcentaje de artistas encuestados según la medida de seguridad utilizada

Medidas de seguridad	% de artistas que la utilizan
Guardapolvo	53
Barbijo común	45
Antiparras	42
Barbijos con filtro	40
Guantes de látex	38
Guantes de tela	29
Cofia	15
Botas	14

En la Tabla 3 se presenta una estimación del porcentaje de artistas según la patología que padecen. Las más importantes son irritación en los ojos y alergias ya que están presentes en más del 36% de la población analizada.

Tabla 4. Porcentaje de artistas encuestados que poseen diferentes patologías

Patología	% de artistas que poseen la patología
Irritación en los ojos	43
Alergias	37
Dermatitis	16
Artrosis	12
Diabetes	10
Artritis	6
Asma	4

Las condiciones de trabajo constituyen un tema importante para el cuidado de la salud. Al analizar las condiciones de trabajo, se observa que afortunadamente el 76% de los artistas poseen un lugar específico para desarrollar su trabajo, además el 57% posee botiquín. No obstante, el matafuego no es muy común en la labor artística (el 73% no posee) al igual que el extractor (el 86% no posee).

Las Aseguradoras de Riesgos del Trabajo (ART) son empresas privadas contratadas por los empleadores para asesorarlos en las medidas de prevención y para reparar los daños en casos de accidentes de trabajo o enfermedades profesionales. La ART se encarga de reparar los daños económicos en casos de accidentes de trabajo o enfermedades profesionales que sufran las trabajadoras. Si el trabajador sufriera un accidente de trabajo o una enfermedad profesional, la ART se hace cargo de: Su atención médica inmediata. En relación a este tema, el 75% de los artistas encuestados poseen cobertura en salud, pero no cobertura de ART es sólo del 39%. Solo 8 personas ambas coberturas de salud y ART. La prevención de accidentes en el trabajo está relacionada a las instancias de capacitación sobre medidas de seguridad o prevención en el trabajo, la mayoría no ha tenido participación en ellas (71%), aunque un 29% de ellos si manifiesta haber participado en cursos u otras instancias. Más de la mitad recibe información sobre precauciones en el cuidado del tratamiento de los materiales, es decir sobre medidas de seguridad para su trabajo, ya sea por la web o mediante la comunicación con sus colegas o por otros medios u organizaciones.

La mayoría no se realiza controles de salud y el 54% conoce las patologías que pueden ocasionar el uso de los elementos que utiliza y reconocen a las irritaciones de ojos o piel, alergias, asma o intoxicaciones como posibles reacciones.

Un porcentaje considerable, el 45% ha experimentado reacciones a los materiales que utilizan. El 46 % reconoció que padeció la presencia de alguna reacción tal como: intoxicación, disnea, alergias, irritación de piel, mareos, alergia, dermatitis, hongos entre otros.

Asociaciones entre patologías y materiales

Para este análisis se trabajó con los 15 materiales de mayor frecuencia de uso según se establece en la Tabla 2 y con las 7 patologías que se presentan en la Tabla 3. Además, se categorizó a las variables relacionadas a los materiales en dos categorías: uso poco/ frecuente y no uso. Luego se utilizó el test exacto de Irwin Fisher para el análisis de las asociaciones debido a que la cantidad de la muestra es pequeña para el uso de la prueba Chi cuadrado.

Se observó una asociación significativa ($p=0,0086$) entre el uso de pegamento de contacto y diabetes. Solo el 20% de diabéticos usa ese material en cambio en los no diabéticos el uso es de aproximadamente el 82% de artistas.

En el resto de los materiales se observa una ausencia de asociación, es decir el uso no se relaciona con la condición de presencia de una determinada patología en la persona. El uso es independiente de esa situación.

Asociación entre condiciones del lugar y patologías

No se observaron asociaciones entre las condiciones del lugar de trabajo de los artistas, con las patologías existentes. Esto significa que el estado de salud no condiciona las precauciones o el acondicionamiento que establece en su lugar de trabajo.

Asociación entre patologías y medidas de bioseguridad

En relación a la asociación entre patologías y medidas de bioseguridad se detectó que en general no se relacionan entre sí. Sin embargo, se presenta una relación entre el uso de antiparras con la presencia de alergias en los artistas ($p=0,0040$). El 63% de los artistas alérgicos usan antiparras, en cambio en el grupo de no alérgicos su uso se da en un porcentaje mucho menor (el 30%).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que:

1. Los materiales más usados en los artistas participantes son colas vinílicas, diluyentes, acrílicos, aguarrás y barnices. La manipulación de estos requiere de cuidados especiales ya que son polímeros de etileno, y mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, cicloparafínicos y aromáticos con 10 a 14 átomos de carbono. Todos inflamables y volátiles que brindan un riesgo para la salud del artista.
2. La mitad de los artistas entrevistados no usan barbijo, ni antiparras, pero si usan guardapolvo. La mayoría no usa guantes ni de látex ni de tela, tampoco usan cofia y botas.
3. Las patologías más frecuentes en los artistas visuales son la irritación en los ojos y alergias varias que podrían ser producidas por su trabajo, por lo cual amerita un estudio a futuro de tipo experimental.
4. La mayoría de los artistas encuestados poseen un lugar propio de trabajo, pero en el mismo no poseen matafuego ni extractor de aire para asegurar mejores condiciones de trabajo y de seguridad laboral.
5. Existe escasa relación entre las patologías y; el uso de materiales, las medidas de seguridad y condiciones de trabajo, por lo cual artistas con diversas patologías no generan un apropiado cuidado de la salud.

En conclusión, la salud de los artistas exige un trabajo de promoción mayor para el cuidado de la salud, ya que no hay un adecuado uso de materiales, medidas de seguridad y lugares de trabajo aun en artistas con diversas patologías.

Financiamiento

Este trabajo se realizó con subsidios la convocatoria de proyectos de Extensión Universitaria 2017 “Universidad, Cultura y Sociedad” de Secretaria de políticas universitarias por Resolución RESOL-2017-5135-APN-SECPU#ME. Salud en los artistas plásticos de La Rioja.

Agradecimientos

Los Autores agradecen a los integrantes de la asociación Unión De Artistas Visuales La Rioja y Nacional que participaron activamente y los becarios de extensión que colaboraron en la recolección de la información como así también en las capacitaciones brindadas: Ayala, Milagro, Flores Natalia. Zangrandi Regadío, Camila, Barrera, Evelin, Lovrincevich, Nadia.

Referencias bibliográficas

[1] Klaassen W-(2005). Fundamentos de Toxicología. 2005. Editorial: Mc Graw-Hill-Interamericana. Capítulo 23-24

[2] Niño. I. (2016) Problemáticas laborales de los artistas plásticos y visuales. 14/07/2016. NIAL art law. Especialistas en el mercado del arte. Disponible en: <http://www.nial-artlaw.com/blog/2016/07/14/problematicas-laborales-de-los-artistas-plasticos-y-visuales>

[3] Ortiz Pozo A. (2011) El artista plástico y su salud. 30/05/2011. Revista: Arte y Cultura. Disponible en: <http://ortizpozo.blogspot.com.ar/2011/05el-artista-plastico-y-la-salud.html>

Anexo Instrumento de la Encuesta

Dimensión demográfica

- 1 Nro. de encuesta:.....
2. Lugar de nacimiento: Lugar de residencia actual:
- Años:
3. Edad __ 4. Sexo F M

Dimensión laboral

5. Tiempo en años que trabaja en el área artística: __ años
6. Es docente de arte? SI NO
7. Antigüedad como docente: __ años
8. Ud. es: 1 Pintor 2. Escultor 3. Muralista 4. Ceramista.
5. Varias disciplinas 6-restaurador 7. Otro.....
9. Posee ART 1. Si 2. No
10. Tipo de materiales con los que trabaja:

Materiales	Frecuentemente	Poco	Nunca
Acrílicos			
Oleo			
Óxidos/Sulfatos			
Aguarrás			
Diluyentes			
Pigmentos			
Pegamento de contacto			
Cola			
Barnices			
Ácido Nítrico			
Lacas			
Resinas			
Acuarelas			
Témperas			
Lápiz de aceite			
Lápices acuarelables			
Sepias			
Pasteles Oleo/Tiza			
Arcilla recogida naturalmente			
Bloques de piedras			
Metales: chapa o caños			
Plásticos para reciclar			
Tintas Gráficas			
Trementina			
Betùn			

Anexo Instrumento de la Encuesta

11. Forma de aplicación de materiales.

1. Soplete 2. Pincel 3. Aerosol 4. Espátula 5. Mano 6. Otros...

Medidas de seguridad

12. Medidas de seguridad que aplica.

	SI	NO
Guantes de latex		
Guantes de tela		
Cofia		
Antiparras		
Barbijo con filtro		
Barbijo común		
Guardapolvo		
Botas		

13. Ud. realizó alguna instancia de capacitación sobre medidas de seguridad o prevención en el trabajo? 1. Si (pase a la 14) 2. No (pase a la 15)

14. Cuáles: 1. Jornadas 2 Cursos 3 Otros..... Dónde:

15. A través de qué medios recibe o recibió información sobre medidas de seguridad y prevención?

1. Gráficos 2. WEB 3. Instituciones 4. Colegas 5. No recibe información 6.Otros.....

Condiciones de salud

16. Posee alguna de estas patologías?

	SI	NO
Diabetes		
Artrosis		
Artritis		
Asma		
Alergias		
Irritación en los ojos		
Dermatitis		

Otra patología:.....

Anexo Instrumento de la Encuesta

17. Se realizan controles periódicos? 1. Laboratorios 2. Clínicos 3. No se realiza

18. Conoce qué patologías puede ocasionar el uso de los elementos que utiliza?

1. Si . Cuáles..... 2. No

19. En algún momento de su actividad advirtió la presencia de alguna reacción?

1. SI Cuál Posee?..... 2. No

20. Posee cobertura de salud 1. Si 2. NO

21. Infraestructura en el lugar de trabajo

	SI	NO
Posee un taller o lugar para ese fin		
Trabaja en un lugar que luego utiliza para otros fines		
Posee extractor en su lugar		
Posee matafuego en su lugar		
Posee botiquín en su lugar		



Área de Ingeniería

INGENIERÍA	Este equipo de trabajo está conformado por docentes investigadores dependientes del Departamento Académico de Ciencias y Tecnología Aplicadas a la Producción, al Ambiente y al Urbanismo-CENIIT-UNLaR. Las áreas temáticas de trabajo son Ingeniería, Tecnología, Alimentos, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión y la Educación Superior.
INTEGRANTES	Brito, Raquel del Valle Guzzonato, Ricardo Navarro Fuentes, Cecilia Barrantes De La Fuente, Zulma Ildaura
ÚLTIMOS PROYECTOS EJECUTADOS	Caracterización de Materiales a base de orujo, posibles usos y diseño de procesos. directora Raquel Brito, co-director Ernesto Rodríguez. La Interdisciplinariedad como estrategia didáctica en los trabajos finales de las carreras de ingenierías de la UNLaR” (2022) directora es la Prof. Alicia Leiva y Co-directora, Raquel del V. Brito. Promoción del conocimiento: Proyección de conocimientos científicos a la comunidad- Fortalecimiento académico de estudiantes FINESTEC. (2022-2023) Autores: Cecilia Navarro Fuentes-Marcelo Cortes-Raquel del V. Brito.
ÚLTIMAS PUBLICACIONES	Brito, R., & Leiva, A. A. (2022). <i>La interdisciplinariedad como estrategia didáctica en los trabajos finales de las carreras de ingenierías de la UNLaR</i>. RAES - Revista Argentina de Educación Superior, (24), 1069. https://acortar.link/Ns69ur Brito, R., & Leiva, A. A. (2022). <i>La interdisciplinariedad como estrategia didáctica en los trabajos finales de las carreras de ingenierías de la UNLaR</i>. En 6° Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CLICAP 2022) y 5° Encuentro AUSAL, 6–8 de abril, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, San Rafael. Trabajo identificado como 19R, p. 1069. https://acortar.link/0p9KI4

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Brito, R., & Rodríguez, E. (2022). Caracterización de materiales lignocelulósicos como partículas aglomeradas, obtenido de la industria olivícola. Universidad Complutense de Madrid. <https://acortar.link/Obhn55>

Brito, R., Navarro Fuentes, C., Cortés, M., & Lera, S. (2023). Deshidratador convectivo para frutas y vegetales, a través de células termoelectricas como generador de calor. RADI – Revista Argentina de Ingeniería del CONFEDI, (21). <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2023/05/Articulo10-RADI-21.pdf>

Brito, R. del V., Navarro Fuentes, C. E., & Cortés, M. (2024). *Fortalecimiento escolar de estudiantes FinEsTec*. Revista Redes de Extensión, 2(10), 28–40. <http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/redes/index>

Consumos y preferencias del perejil, laurel y orégano en la Provincia de La Rioja, Argentina

Brito, Raquel del Valle¹; Guzzonato, Ricardo²; Navarro Fuentes, Cecilia²;
Barrantes de la Fuente, Zulma Ildaura³

¹Centro de Investigación e Innovación Tecnológica (CENIIT) de la Universidad Nacional de la Rioja (UNLaR)

²Departamento Académico de Ciencias y Tecnologías Aplicadas a la Producción, al Ambiente y al Urbanismo de la Universidad Nacional de la Rioja. Universidad Nacional de La Rioja

³Universidad Nacional de La Rioja

rbrito@unlar.edu.ar

Resumen

El consumo diario de especias y aromáticas está tan arraigado en la cocina argentina que sin ellos muchos platos no poseerían esos sabores característicos que los distinguen. En este contexto la provincia de La Rioja – Argentina, se destaca por las condiciones agroecológicas y edáficas para el desarrollo de estas. En consecuencia, y en este caso particular, el presente estudio tiene por objeto determinar los consumos y preferencias del perejil, laurel y orégano. Se espera que dicho análisis sirva como base de información necesaria para avanzar sobre nuevas investigaciones del mercado de las aromáticas que permitan inferir y determinar la factibilidad productiva, tecnológica, comercial, económica y financiera de las especias señaladas en la zona referida.

Palabras clave: consumo, preferencias, aromáticas, deshidratados

Abstract

The daily consumption of spices and aromatics is so deeply rooted in Argentine cuisine that without them, many dishes would not have those characteristic flavors that distinguish them. In this context, the province of La Rioja - Argentina, stands out for the agroecological and edaphic conditions for their development. Consequently, and in this case, the present study aims to determine the consumption and preferences of parsley, bay leaf and oregano. It is expected that said analysis will serve as the necessary information base to advance on new investigations of the aromatic market that allow lowering and determining the productive, technological, commercial, economic and financial feasibility of the spices indicated in the referred area.

Keywords: consumption, preferences, aromatic, dehydrated

Introducción

En el actual contexto de múltiples cambios y de una mayor conciencia respecto de la seguridad y calidad alimentaria en el que cobra valor la incorporación de nuevos sabores y aromas a las preparaciones, el consumo diario de productos y variedades que aporten funcionalidad, aroma, sabor y colores como las especias y las aromáticas que buscan exaltar un sinnúmero de percepciones sensoriales y reminiscencias culinarias, lleva a indagar e investigar sobre estos bienes de consumo a nivel provincial (La Rioja) como así también a nivel regional y nacional.

Además de las consideraciones culinarias, las hierbas aromáticas y las especias presentan la particularidad de poder ser producidas en pequeñas y medianas superficies y con tecnologías adecuadas y convencionales, aspecto que brinda un especial potencial productivo para pequeños y medianos emprendedores. Considerando que el ser humano tiene por naturaleza un *paladar curioso* que desea experimentar nuevos horizontes gastronómicos, es que el uso de los condimentos se hace casi imprescindible. En el mismo orden, la tendencia mundial a bajar el consumo de sodio ha llevado a que los alimentos preparados sean menos apetecibles, habiendo impulsado de esta forma, el uso de condimentos para recuperar su *flavour*.

La diferencia entre condimento y especia radica en que un condimento es aquel elemento agregado que modifica el sabor de determinada comida, y las especias son los ingredientes que componen dicho elemento. Hay condimentos formados por una única especia, por ejemplo perejil, orégano etc., o por más de una como el curry, provenzal etc. que pueden estar hecho con diferentes especias.

En el caso del laurel, este es considerado una importante aromática de origen mediterráneo cuya hoja puede ser empleada tanto en fresco como deshidratado entero, triturado o en polvo.

En este contexto es que el presente estudio tiene por objeto determinar los consumos y preferencias del perejil, laurel y orégano en la provincia de La Rioja-Argentina; buscando en futuros estudios contar con la información necesaria que habilite avanzar sobre investigaciones de mercado que permitan analizar y determinar la factibilidad productiva, tecnológica, comercial, económica y financiera de las especias aromáticas de perejil, orégano y laurel en la zona mencionada.

Antecedentes

Las hierbas aromáticas y especias son vegetales que presentan un importante contenido de sustancias odoríferas o excitantes en toda su constitución, desde los frutos, semillas, raíces, hojas, flores o inflorescencias. Las mismas han formado parte desde siempre de los hábitos culinarios del hombre y sin duda que una alimentación grata al paladar necesariamente debe considerar estos elementos, que son los que le dan la magia del sabor y el buen gusto (Parra y Cameroni, 2009)

En Argentina este sector tiene gran complejidad y mucha potencialidad. Se registran hoy alrededor de 40 especies botánicas producidas e industrializadas, o bien importadas y elaboradas en el territorio nacional (Parra y Cameroni, 2009). Con ellas se abastece a la industria alimenticia, cosmética, de limpiadores, desinfectantes y de perfumería, entre otras. Además son diversos los procesos y grados de industrialización de los productos finales (selección, deshidratado, trituración, molienda, extracción de aceites esenciales y oleorresinas, etc.). Según el informe de Alimentos Argentinos – MAGyP (2013):

Las especias están ampliamente difundidas en todo el mundo. La mayor parte proviene originariamente de Oriente, aunque muchas poblaciones las utilizan desde tiempos inmemoriales. Por ejemplo en la Edad Media, la carne se conservaba de un modo muy práctico, simplemente secada al sol y luego ahumada, o bien conservada en sal y especias (p.1).

El mismo informe expresa sobre *“la importancia que tienen las especias para exaltar sabores y aromas dando un toque particular a las comidas, como también la preparación de infusiones a partir de plantas que resultan en bebidas de amplio consumo”* (p.1). Del mismo modo Banchero et al. (2008, p.12) mencionan que *“la mayoría se comercializan secas o deshidratadas, enteras, fragmentadas o molidas, en tanto muy poca cantidad se comercializa en fresco (aromáticas de hojas)”*.

Estas especias aportadas en pequeñas cantidades y en diferentes combinaciones de sabores y aromas, resultan muy estimulantes a la hora de elaborar y disfrutar de las comidas. A su vez, esas características organolépticas estimulan la producción de jugos gástricos, facilitando la digestión del alimento, aumentando el apetito y estimulando el placer de consumir y degustarlos, por lo que puede traducirse en una mejor nutrición. Por otro lado, los picantes pueden contribuir a reducir las ingestas a la vez que disminuye la utilización de la sal (Alimentos Argentinos-MAGyP, 2013, p.1).

Definición y características del producto

Según el Código Alimentario Argentino (Capítulo XVI – Artículo 1199) especifica que:

La denominación genérica de Especies o Condimentos vegetales incluye ciertas plantas o partes de ellas que por contener sustancias aromáticas, sápidas o excitantes se emplean para aderezar, aliñar o mejorar el aroma y el sabor de los alimentos y bebidas. Deben ser genuinas, sanas, responder a sus características normales, y estar exentas de sustancias extrañas y de partes de la planta de origen que no posean cualidades de condimentos (tallos, pecíolos, etc.). Dichas especias se pueden expendir enteras o molidas.

Si bien existe una importante cantidad de especies y condimentos, en el presente estudio se tendrán en cuenta las más relevantes de la provincia de La Rioja, tales como el orégano, el perejil y laurel. En función de ello, la caracterización de estos viene dado de la siguiente manera:

Orégano

Según el Código Alimentario Argentino (Capítulo XVI – Artículo 1226), con el nombre de orégano se entiende a las hojas y sumidades florecidas, sanas, limpias y secas de *Oiganumvulgare* L. y sus diversas variedades e híbridos.

Entre las propiedades aromáticas del Orégano según Elicriso (2018) menciona que la composición en principios activos es variable según la época de recolección, la condición de cultivo y de como se recoge y guarda la planta. En líneas generales, los principales responsables de sus propiedades aromáticas son los fenoles, particularmente el timol y el carvacrol. Otros constituyentes son grasas, proteínas, sales minerales (calcio, hierro, magnesio, sodio, zinc, potasio), vitaminas como tiamina y carbohidratos.

Perejil

Según el Código Alimentario Argentino (Capítulo XVI – Artículo 1232) menciona que:

*Con el nombre de perejil, se entienden las hojas sanas y limpias, frescas o secas del *Petroselinumsativus*Hoffm. El perejil, cuyo nombre científico es *Petroselinum hortense* o según una clasificación más reciente *Petroselinumsativum*, pertenece a la familia Umbrellierae y es originario del área del Mediterráneo de Asia occidental.*

Es una planta que se cultiva en todos los huertos por su aroma característico que lo diferencia de otras especias y se lo utiliza como condimento para elaborar exquisitos platos y salsas. Su cultivo se conoce desde hace más de 300 años (Elicriso, 2018). Entre las propiedades aromáticas del Orégano el mismo autor indica que “Las propiedades derivan del hecho de que contienen una esencia constituida por apiol miristicina en todas las partes de la planta, pero principalmente en las hojas”

Laurel

Según el Código Alimentario Argentino (Capítulo XVI – Artículo 1224) especifica que “con el nombre de laurel, se entienden las hojas sanas, limpias y secas del *Laurusnobilis* L.”. Ahora bien Elicriso (2018) asegura que la planta del laurel es originaria del este Mediterráneo y de Asia Menor y desde donde se extendió al resto de Europa y América. Asimismo también explica que el nombre científico *Laurusnobilis*, proviene del latín y significa noble y célebre y pertenece al género *Laurus* a la familia *lauraceace*.

Las propiedades aromáticas se deben a los aceites esenciales concentrados en las hojas más jóvenes y situadas más para arriba en la planta (de 1 al 3%) y en las bayas (10%). Los aceites esenciales responsables de la fragancia aromática son: geraniol, cineol, eugenol, terpineol, eucaliptol, pinene (Elicriso, 2018).

Mercado internacional

El comercio internacional de productos aromáticos ha experimentado cambios y un constante crecimiento a partir de los años '70 debido fundamentalmente al aumento sostenido de la demanda de productos más saludables y naturales, de los cuales forman parte las hierbas aromáticas y especias como así también, por los cambios en los hábitos de consumo y las tendencias hacia una vida más sana, entre otros, según lo establecido por la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA, 2005).

Análisis de la demanda en el mercado internacional

La demanda mundial de especias muestra una elevada concentración, ya que 10 países importadores (Estados Unidos, Japón, Alemania, Singapur, Francia, Países Bajos, Arabia Saudita, Reino Unido, Hong-Kong y España) concentran más del 60% del total importado. Cabe señalar que Singapur, Hong-Kong, Alemania y los Países Bajos actúan como centros comerciales, mostrando un importante nivel de reexportaciones y en gran parte con incremento del valor agregado (AACREA, 2005, p. 225). En el año 2003, el comercio mundial de especias fue de 740.000 t, lo que representa un total de 1.700 millones de USD (AACREA, 2005, p. 224) y la participación de los principales países importadores pueden observarse en la figura 1.

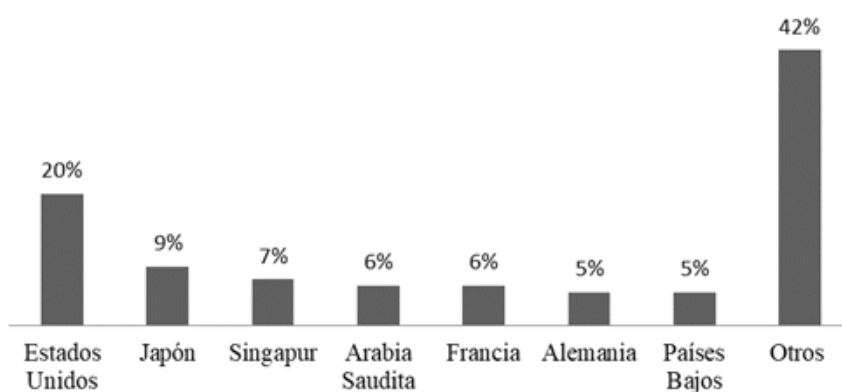


Figura 1. Principales países importadores de especias año 2003

*Adaptado de Información Agroalimentos Argentinos II
(AACREA, 2005). <https://www.aacrea.org.ar>*

La misma asociación concluye que el consumo mundial de especias y hierbas aromáticas en países periféricos es mayormente doméstico; mientras que en los países industrializados, su destino está dirigido especialmente a la industria alimenticia. Si se observa el consumo anual per cápita de especias en general (Tabla 1), se puede notar que los países que encabezan la lista están ubicados en el continente asiático, donde prevalece una cultura culinaria relacionada a la cocina con especias que se remonta desde la antigüedad.

Tabla 1. Suministro de Especies Per-cápita - Año 2002

País	kg/hab/año
Bosnia y Herzegovina	7,4
Brunei Darussalam	5,8
Hungría	5,2
Nepal	5,1
Emiratos Árabes Unidos	4,2
Granada	4,1
Dominica	3,7
Sri Lanka	3,5
Malasia	3,2
Jamaica	3
India	2,7
Cabo Verde	2,4

Fuente: adaptado de Información Agroalimentos Argentinos II - (AACREA, 2005). <https://www.aacrea.org.ar>

Análisis de la oferta en el mercado internacional

Para AACREA la mayoría de las especias y hierbas aromáticas y medicinales son producidas en los países menos desarrollados del mundo, mientras que gran parte de la producción de los principales países exportadores, es destinado a su consumo interno. Entre los principales productores de especias y hierbas aromáticas, se encuentra: India (tercer exportador mundial), Indonesia, Singapur, China y Madagascar entre otros (Figura 2).

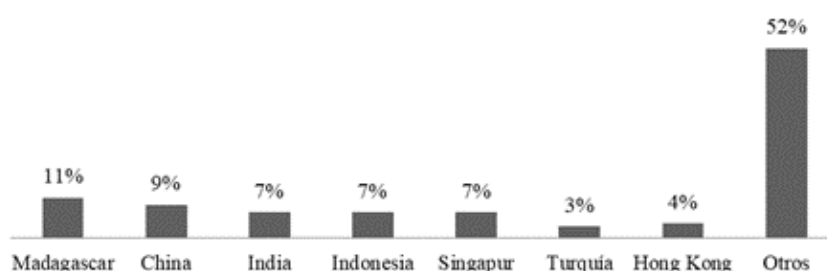


Figura 2. Principales países exportadores de especias (no incluye pimienta) año 2003

Adaptado de Información Agroalimentos Argentinos II (AACREA, 2005).
<https://www.aacrea.org.ar>

En los últimos 20 años las hierbas aromáticas y especias han comenzado a tener impacto productivo a partir de países en vías de desarrollo. Durante el año 2006, a nivel mundial se comercializó 2.616.974 toneladas, que generaron alrededor de 4.423 millones de dólares. Es así como los indicadores mencionan que el comercio internacional de aromáticas crece (Figura 3) aproximadamente un 2% anual (Alimentos Argentinos-MAGyP, 2006, p.1).

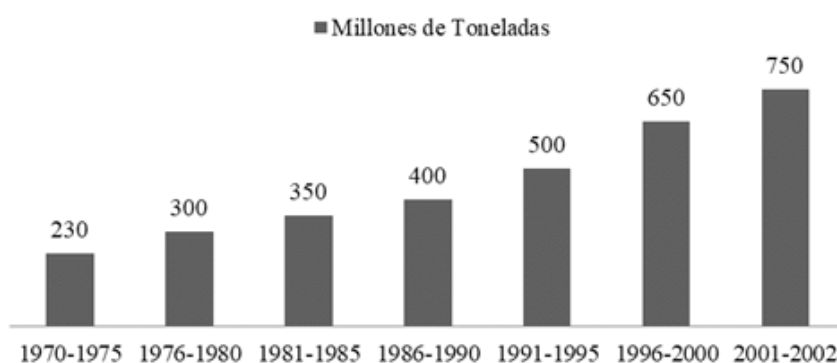


Figura 3. Estimación de la evolución del comercio mundial de especias - (1970-1975 a 2001-2005)

Adaptado de Información Agroalimentos Argentinos II - (AACREA, 2005).
<https://acortar.link/uW4t3g> (p.225).

Mercado nacional

Análisis de la demanda en el mercado nacional.

Para analizar la demanda del mercado nacional es conveniente distinguir tres aspectos importantes a saber: el primero de ellos es identificar la demanda histórica nacional, en segundo lugar la situación actual, y por último proyectar el consumo a futuro. En cuanto a la demanda histórica nacional es necesario contar con la información relacionada al consumo e importación de las aromáticas estudiadas, de manera que pueda inferirse su comportamiento en el mercado actual y que justifiquen el consumo y preferencias de los habitantes. Estos factores a su vez permitirán no solo pronosticar o estimar el consumo en un determinado periodo futuro, sino también lograr predecir aspectos cuantitativo y cualitativo de dicha proyección.

Situación histórica y actual de la demanda nacional

Para evaluar como fue el comportamiento cuantitativo y cualitativo de la demanda histórica nacional, como ya se mencionó precedentemente, es necesario contar con la información relacionada al consumo e importación de las aromáticas, de manera que a partir de esta conclusión se pueda deducir la conducta o hábito actual, que justifiquen el consumo y preferencias de los habitantes.

No obstante, para hacer el análisis histórico la búsqueda de datos arrojó resultados negativos debido a que no existen estadísticas, informes o análisis técnicos, de las instituciones gubernamentales y/o privadas o de publicaciones científicas que identifiquen datos o información histórica que permita analizar dicho comportamiento, consumo o preferencias en periodos anteriores. Del mismo modo es que no se han encontrado estudios a nivel nacional que dejen inferir las particularidades del mercado actual.

Situación provincial

A partir de comunicaciones personales con representantes de organismos públicos como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Secretaría de Agricultura de la Provincia, surgió que no existen datos actualizados sobre producción, consumo y preferencias de orégano, perejil y laurel en La Rioja, a pesar de ello, consideraron como factor positivo que la provincia tienen excelente condiciones climáticas que favorecen a la plantación y producción del laurel, orégano y perejil y un incipiente desarrollo de pequeños productores dedicados a las aromáticas y especias mencionadas.

Situación actual y proyección de la demanda

La inexistente información productiva y comercial histórica impiden establecer cuáles son los consumos y preferencias como así también, sus posibles aprovechamientos y/o beneficios económicos que podría generar la actividad agroindustrial de las aromáticas en la provincia de La Rioja, especialmente en lo relativo al perejil, laurel y orégano.

Como consecuencia de ello, fue necesario examinar y establecer una metodología que permita predecir los datos al respecto, surgiendo como la más adecuado la encuesta, por ser una instrumento válido, confiable y posible de llevar a cabo para relevar y obtener la información que ayude a vaticinar los aspectos cuantitativos y cualitativos de consumos y preferencias para los años 2022/2023.

Materiales y métodos

Para determinar el consumo provincial de aromáticas y especias, fue necesario realizar un relevamiento de datos a través de una encuesta cerrada usando un formulario Googleform®, con el objeto de conocer las preferencias y consumo del orégano, perejil y laurel de la población riojana. La información obtenida, sirvió para brindar datos aproximados que proporcionaron el consumo per cápita que existe en La Rioja para el año 2022/2023. También se implementó la impresión de un código QR de dicha encuesta, que fue colocada en puntos específicos como quioscos, negocios y puestos de ferias productivas con la autorización de sus dueños y/o encargados, para que el público en general pueda completarla.

La muestra

Casi siempre las investigaciones se realizan por medio de muestras por cuestiones de ahorro de tiempo y recursos. Para ello, lo primero que se determinó fue la unidad de muestreo, aquí el interés se centra sobre qué o quiénes se recolectarán los datos. Se optó para este estudio una muestra probabilística, debido a que las principales ventajas es que puede medirse la magnitud del error (estándar) y reducir el mismo al mínimo. Dichas muestras son esenciales para la investigación de mercado y donde todos los elementos de la población tienen una misma probabilidad de ser elegidos. Estos elementos muestrales tendrán valores muy parecidos a los de la población total involucrada, de manera que las mediciones darán estimados precisos del conjunto mayor (Sampieri et al. 2010).

Cálculo del tamaño de muestra

El tamaño óptimo de la muestra calculada según la ecuación (1), fue de 207 personas las cuales fueron consultadas según lo especificado en el ítem resultados obtenidos de la encuesta.

$$n = \frac{Z^2 \times N \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} \quad 1)$$

Donde:

N= La población actual de La Rioja

Z= Representa el nivel de confianza

p=Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q=Probabilidad que no ocurra el evento estudiado

e=Error estándar

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta realizada y sus respectivas respuestas. La figura 4, en este caso, representa el consumo de cada una de las aromáticas estudiadas expresadas en porcentajes.

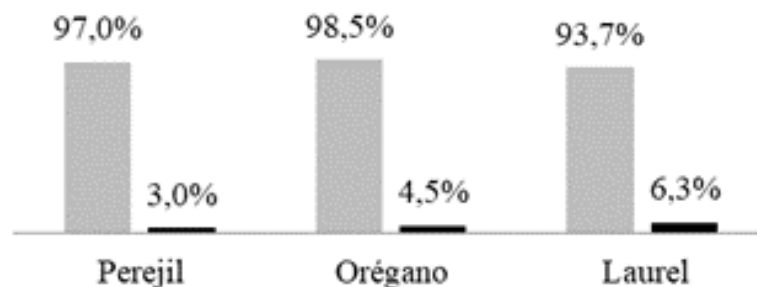


Figura 4 ¿Consume estas especias y hierbas aromáticas?

Además, la población fue consultada acerca de su preferencia al momento de consumir las aromáticas frescas o deshidratadas, y cuya respuesta se representa en la figura 5.

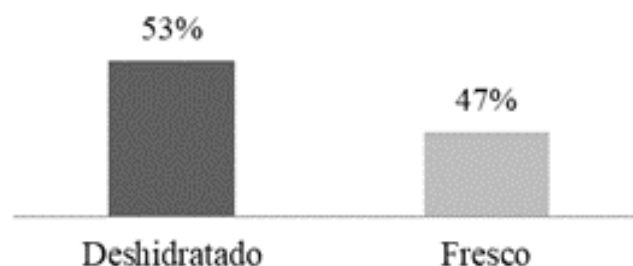


Figura 5. Preferencias sobre la presentación del producto

Del mismo modo, se ha valorado entre las personas encuestadas, el nivel de agrado para usar perejil, orégano y laurel, tal como se observa en la figura 6.

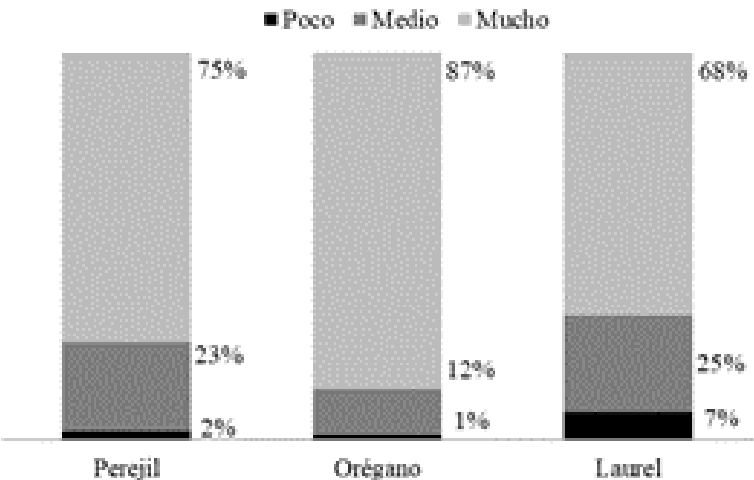


Figura 6. Valoración del agrado y uso de estas especias

Igualmente, fue necesario recopilar información relativa a las marcas comerciales más elegidas por los encuestados, quedando ello reflejado en la figura 7.

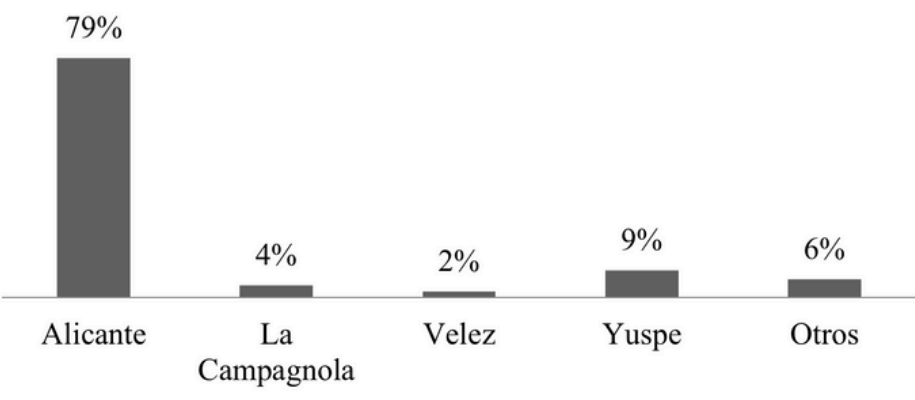


Figura 7. Preferencia de la marca que los encuestados buscan comercialmente

Con relación a la forma de presentación de las aromáticas deshidratadas, ya sea en hojas, triturado o en polvo, la figura 8 representa las opciones preferidas.

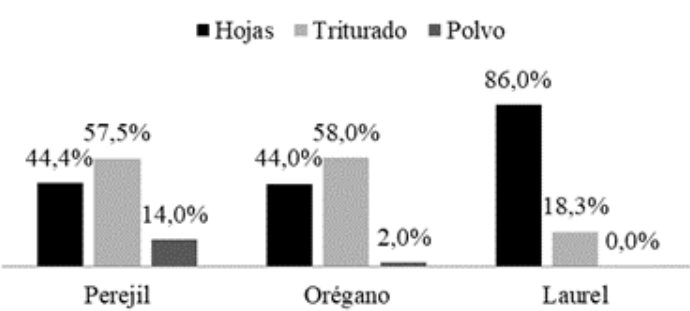


Figura 8. Si consume producto deshidratado, ¿en qué presentación suele usarlo?

Acerca de la percepción organoléptica, se estableció el atributo más valorado por los encuestados, lo cual puede observarse en el siguiente gráfico (Figura 9).

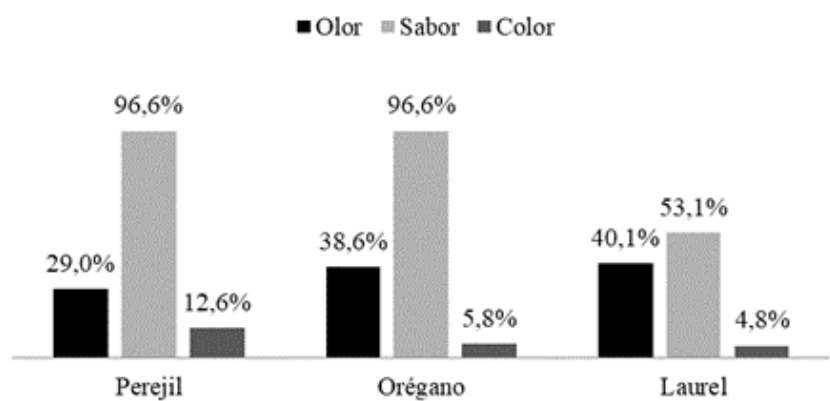


Figura 9. ¿Cuál es el principal aporte que le da a su comida?

Por otra parte, en la figura 10 se muestran las alternativas relacionadas con el precio, marca y calidad al momento de adquirir las especias o aromáticas estudiadas.

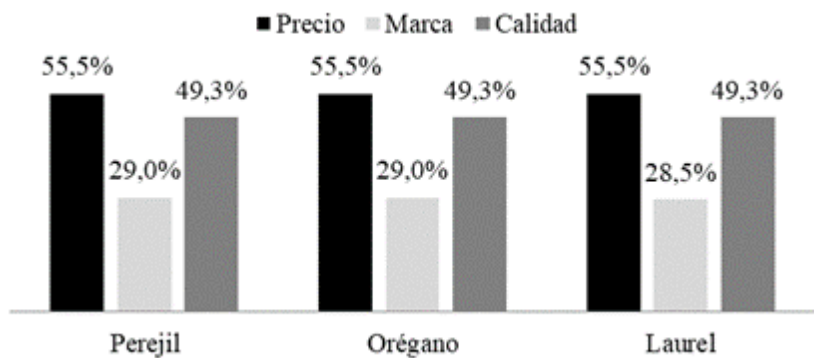


Figura 10. ¿Cuáles toma en cuenta a la hora de comprar?

Finalmente, en la figura 11 se muestran la preferencia de marca al momento de adquirir las especias o aromáticas estudiadas.

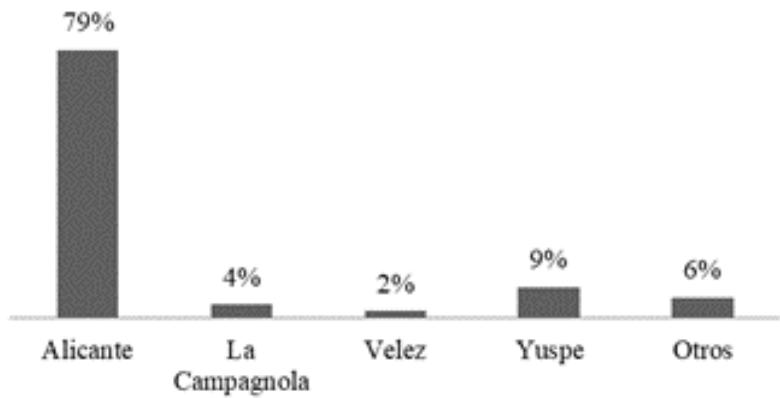


Figura 11. Comercialmente, ¿qué marca prefiere?

Los datos recolectados han permitido determinar el consumo per cápita promedio en la provincia de La Rioja, dato que admite la proyección de la demanda a nivel regional relativa al consumo de perejil, orégano y laurel (Tabla 2). Del mismo modo se determina el consumo total involucrado como así también la proyección de la demanda (Tabla 3).

Tabla 2 Consumo de Perejil, Orégano y Laurel – Encuesta para el año 2022

Espicias y Aromáticas	Consumo Anual Total	Población Muestreada	Consumo Per Cápita (gramos/hab.año)	Población Total	Consumo Total (kg/año)
Perejil	108.450	644	168	403.727	67.826,14
Orégano	106.820	644	166	403.727	67.018,68
Laurel	24.884	644	39	403.727	15.745,35

Fuente Datos obtenidos de la encuesta.

Tabla 3 Proyección de la Demanda Perejil, Orégano y Laurel

Año	Población Total	Consumo Per Cápita Perejil (gr)	Consumo Total Perejil (kg)	Consumo Per Cápita Orégano (gr)	Consumo Total Orégano (kg)	Consumo Per Cápita Laurel (gr)	Consumo Total Laurel (kg)
2023	408.760	168	68.671,68	166	68.854,16	39	15.745,35
2024	413.735	168	69.507,48	166	68.680,74	39	15.941,64
2025	418.645	168	70.332,36	166	69.495,07	39	16.135,66
2026	423.488	168	71.145,98	166	70.299,01	39	16.327,15
2027	428.256	168	71.947,01	166	71.090,50	39	16.516,03
2028	432.944	168	72.734,59	166	71.868,70	39	16.701,98
2029	437.549	168	73.508,23	166	72.633,13	39	16.884,82
2030	442.067	168	74.267,26	166	73.383,12	39	17.064,41
2031	446.498	168	75.011,66	166	74.118,67	39	17.240,61
2032	450.839	168	75.740,95	166	74.839,27	39	17.413,42
2033	455.091	168	76.455,29	166	75.545,11	39	17.582,72

Fuente: Adaptado de INDEC. Proyecciones elaboradas en base al Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (2010).

Discusión y conclusiones

A partir de la encuesta se pudieron obtener datos fidedignos sobre el uso, consumo y preferencias de perejil, orégano y laurel, que luego de una evaluación y análisis surgieron conclusiones interesantes, que se detallan a continuación:

En primer lugar se consiguió demostrar la coincidencia que establece, según los datos el INDEC (2022), respecto a la cantidad promedio de personas por familia en la República Argentina. En segundo lugar, se pudo interpretar mediante la comparación de los porcentajes arrojados por la encuesta, el agrado o preferencia para usar el perejil, orégano y laurel según la percepción de agrado o desagrado. En este último sentido, el constructo además de medir y enfatizar la fuerza del atributo, permite distribuirlo en tres intervalos indicando valores altos, medios o bajos. En este contexto se ha determinado que en promedio, el 76% de los encuestados le agrada o tiene preferencia por el perejil, orégano y laurel en el tramo más alto escala.

Sobre el consumo en la zona de estudio, se interpreta que un elevado promedio, como el 96,4 % de las familias encuestadas acostumbran a usar perejil, orégano y laurel en sus preparaciones, las que están incorporadas a la dieta de la región, coincidiendo con lo analizado por Parra y Cameroni, (2009) cuando mencionan que el uso de las aromáticas y especias forman parte desde siempre de los hábitos culinarios del hombre. En ese mismo orden de ideas, es que se observa que no solo ha persistido el uso de los mismos, sino que también puede adecuarse a los hábitos del consumo propios de cada zona.

Por otra parte la población se ha fraccionado en casi por la mitad, al valorar su preferencia de usar aquellas aromáticas y especias frescas o deshidratadas, prevaleciendo una pequeña diferencia a favor de usar los productos deshidratados; lo que lleva a pensar, sobre la forma de ajustar la tecnología que permita ofrecer productos, que proporcionen un proceso industrial que logre la conservación de los aspectos organolépticos lo más cercano posible a los encontrados en fresco y cuidando los estándares de calidad. Esta posición se contrapone a los presentado por Banchemo et al. (2008, p.12) cuando especifican que “la mayoría se comercializan secas o deshidratadas, enteras, fragmentadas o molidas, en tanto muy poca cantidad se comercializa en fresco (aromáticas de hojas)” marcando una diferencia importante en el comportamiento del consumidor en esta zona. De acuerdo con lo antes mencionado, se estima necesario educar a la población mediante estrategias de comunicación adecuadas, que admitan motivar y recordar las ventajas de usar productos deshidratados.

Asimismo se ha logrado discriminar la preferencia en cuanto a la presentación que tienen cada una de las aromáticas y especias, habiendo identificado que en el caso del perejil el 44,4% de los consultados prefiere el deshidratado de forma triturada y un 57,5% en hojas enteras; en segundo término, el orégano es consumido en un 44% como triturado y 58% en hojas, por último el laurel es elegido, en su mayoría (86%), en forma de hojas y un 18,3% como triturado. Lo notable es que se pudo reconocer que los consumidores casi no optan por una presentación en polvo, por lo que se estima que los mismos lo están relacionando con el resabio o descarte de la producción industrial de las especias y aromáticas.

También se logró establecer cuál es el principal aporte, que los encuestados reconocen sobre las aromáticas y especias en sus comidas. En tal sentido se evidenció que el sabor es el principal atributo que busca un comensal, siguiéndole en importancia el aroma y en un porcentaje muy pequeño el color. Esto deja a las claras, la importancia que tiene el flavor que aporta este tipo de productos, ya que son los que motivan los aspectos sensoriales al momento de consumir los alimentos, mereciendo la pena destacar que también impacta en este factor la falta de sustitutos que puedan presentar las mismas cualidades organolépticas de las aromáticas estudiadas haciéndolas difíciles de reemplazar.

De los cálculos obtenidos a partir de la encuesta, se pudo deducir el consumo per cápita, consultando no solo la frecuencia con la que consumen las distintas aromáticas y especias, sino que también se ha establecido la cantidad que consumen de manera habitual. Este dato es imprescindible para calcular el consumo anual, además de la evolución y proyección futura esperada del producto en el mercado al que está dirigido. En este sentido se ha establecido para la provincia de La Rioja, Argentina, que el consumo per cápita es de: a) 168 g/hab./año para el Perejil, b) 166 g/hab./año para el Orégano y c) 39 g/hab./año para el Laurel.

Comparando estos valores con los consumos per cápita a nivel internacional, la región estudiada se encuentra muy por debajo de los principales consumidores, como así también por debajo del nivel medio. A partir de ello, se puede inferir que para el futuro debería producirse una mejora en el consumo per cápita por las características del producto en el arte culinario y por la predilección a consumir alimentos más sanos, lo que hace suponer que Argentina seguirá la tendencia a nivel mundial que se encuentran en el orden de un crecimiento del 2% en forma anual. Esta situación futura en cuanto a la mejora del consumo per cápita, más el aumento vegetativo de la población, llevará a generar un mayor consumo anual y por ende a promover un aumento de la oferta, que redundará en mayores oportunidades para los productores de la región y el incremento de la superficie implantada.

Otro punto importante que fue determinado es que la población encuestada tiene preferencia por elegir precio y calidad de las aromáticas o especias que sazonan sus comidas, por sobre aquellas marcas impulsadas por las empresas ya posicionadas en el mercado, lo que apunta a probar que incorporar una nueva marca en un nicho potencial como oferentes, no representaría un obstáculo operativo de comercialización. La consulta ha incorporado la opción de explicitar su elección al momento de decidir y elegir la marca que frecuentemente usan al momento de cocinar con perejil, orégano y laurel, y la respuesta ha destacado a la marca Alicante en un 79 % por sobre la Campagnola®, Velez® y Yuspe® en la zona de estudio. Sin duda el dato que permite integrar la lógica mencionada precedentemente es que existe un 6% de la población que consume deshidratado alejado de las marcas más importantes del mercado.

Todo esto contribuirá a que la provincia de La Rioja-Argentina, debido a las condiciones agroecológicas para el desarrollo del cultivo de perejil, orégano y laurel, tenga la posibilidad de consolidar e implementar la producción de estos cultivos. Se recuerda que las aromáticas y especias deshidratadas son productos que admiten un almacenamiento prolongado, facilitando el consumo interno, no solamente como deshidratados con destino doméstico, sino también hacia productos más diferenciados como lo son la sal y los aceites saborizados. Del mismo modo queda establecido en este estudio, que el mercado interno se encuentra en franca expansión con fuertes perspectivas que permiten la posibilidad de crecimiento a nivel nacional.

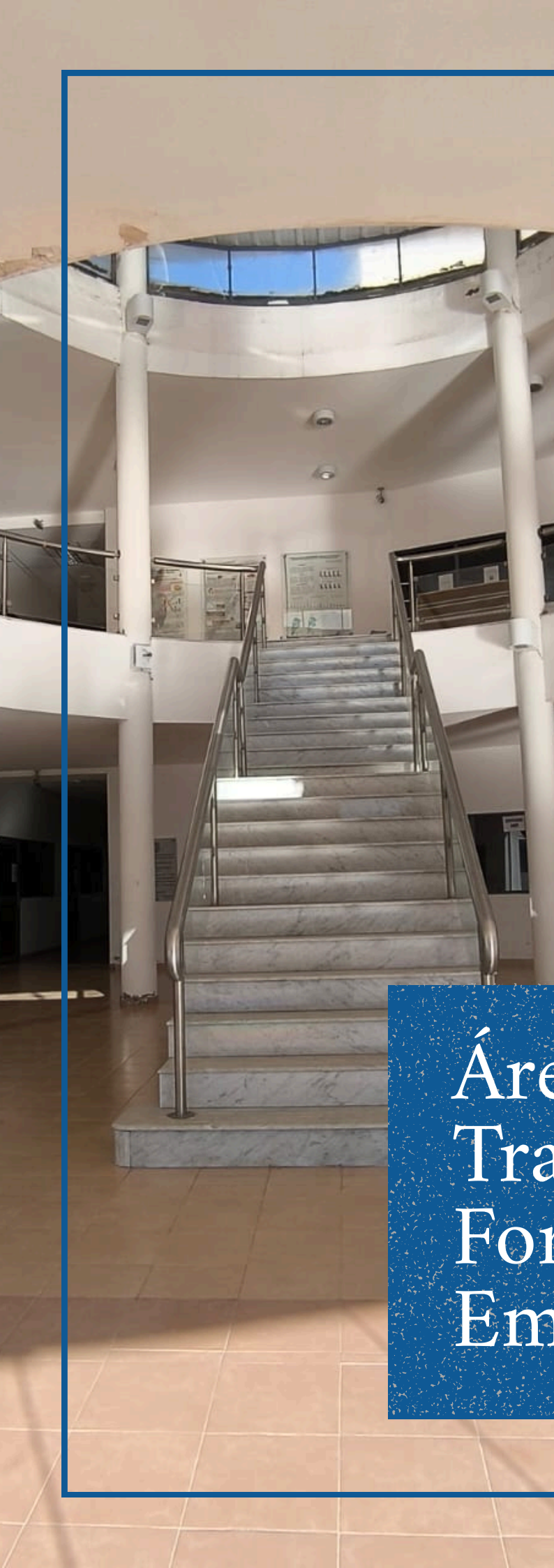
Se espera que esta investigación sirva como base de información para avanzar sobre nuevos estudios que permitan inferir y determinar la factibilidad productiva, tecnológica, comercial, económica y financiera de las especias señaladas. En consecuencia, es posible poner en consideración la conveniencia de establecer una planta deshidratadora y fraccionadora que propicie el fortalecimiento de la región, impulsándola no solo como acopiadora de los pequeños productores, sino también como promotor del agregado de valor que potencie fuente de trabajo genuino y el desarrollo socioeconómico de la región.

Referencias bibliográficas

[1] Alimentos Argentinos – MAGyP. (2013). Informe Sectorial N°18: Especias y Condimentos. Alimentos argentinos. <https://acortar.link/qzYZEp>.

[2] Alimentos Argentinos – MAGyP. (2006). Informe Coyuntura Mensual: Hierbas Aromáticas y Especias. Alimentos argentinos. <https://acortar.link/NDynCI>.

- [3] Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. Agroalimentos Argentinos II .(2005). Fediap. <https://acortar.link/KkVfFW>.
- [4] Banchemo, L.; Carballo, S. y Telesca, J. (2008).Manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA. <https://acortar.link/MmEhJ1>.
- [5] Código Alimentario Argentino. (1969). Capítulo XVI: Correctivos y Coadyuvantes. Alimentos argentinos. <https://acortar.link/GOHvFc>.
- [6] Elicriso (2018). Plantas y Aromáticas. Elicriso. <https://acortar.link/K71iVL>.
- [7] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación (6a. ed.). McGraw-Hill. <https://acortar.link/fQO3e>.
- [8] Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (2022). Censo Nacional Agropecuario 2002. INDEC. https://sitioanterior.indec.gob.ar/index_agropecuario.asp.
- [9] Parra, P. y Cameróni, M. J. (2009). Cadenas alimentarias: Hierbas aromáticas y especias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.



Área de Transferencia y Formación de Emprendedores

TRANSFERENCIA Y FORMACIÓN DE EMPRENDEDORES	El Instituto Superior de Investigación de Transferencia y Formación de Emprendedores (INITRAFE) es una unidad científica, encargada de fomentar en los diferentes ámbitos de la UNLaR, como así también en forma externa hacia la comunidad en general, el espíritu emprendedor, promoviendo la implementación de ideas innovadoras para la instauración de negocios exitosos.
INTEGRANTES	Roncoroni, Carlos Montero, Laura Molina, Efraín Díaz, Sergio Aparicio, Raúl Beres, Eugenia Pedraza, María Antonia Pérez, Mario Peña Pollastri, María Emilia Tello Roldán, Patricio
ÚLTIMAS PUBLICACIONES	2016–2017 • Registro del INITRAFE en la Red Nacional de Incubadoras. • Referente en formulación de proyectos para Fondo Semilla, PAC Emprendedores y Programa de Fortalecimiento Institucional 2018 • Asistencia técnica a proyectos financiados para la puesta en marcha de negocios • Jornada de Emprendedores • 1ª Expo Emprendedores 2019 • Taller Empretec: Desarrollo del Comportamiento Emprendedor • Actividades de extensión de la Cátedra Formación de Emprendedores en la carrera de Farmacia 2020 • Participación en la convocatoria PAC Emprendedores 2020 2021 • Ciclo de Conferencias Emprendedoras

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

2022

- Participación en la convocatoria PAC Emprendedores 2022

2023

- Participación en la convocatoria ANR Emprender Mujeres
- Actividades de extensión y asistencia a emprendedores locales

2024

- Actividades de extensión y asistencia a emprendedores locales
- Participación en el programa "Finanzas Cerca 2024" del BCRA
- Ciclo de Charlas por el XIV Aniversario del CENIIT:
 - Ponencia "Análisis del componente PyME de la provincia de La Rioja: comparaciones efectuadas entre los años 2016-2023".
- Ciclo de Charlas para el Fortalecimiento Emprendedor:
 - "Herramientas financieras para protegerse en contextos de alta inflación" – Mg. Khalil Aleua (Res. N° 854/24).
 - "Gestión Humana y Económica de un Emprendimiento Familiar" – Dr. Efraín Molina y Mg. Daniela Miskoski (Res. N° 887/24)
 - "De la competencia a la innovación: estrategias para navegar en un mundo en transformación" – Cr. Raúl Aparicio y Cr. Fabricio Zapata (Res. N° 1264/24)
- Curso de Finanzas con modalidad virtual, 150 inscriptos, 75 certificados
 - Módulo de cierre dictado por Cra. María del Carmen Corzo y la directora del Instituto, sobre Emprendedorismo

Análisis del componente Pyme de la provincia de La Rioja: comparaciones efectuadas entre los años 2016-2023

Montero, Ana Laura¹, Díaz, Sergio¹ y Dematte, Rodolfo²

¹Instituto Superior de Investigación, Transferencia y Formación de Emprendedores (INITRAFE) Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. UNLaR. Email: amontero@unlar.edu.ar

²Instituto Superior de Energías Naturales Renovables. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. UNLaR

Resumen

Las empresas como unidad económica representan el objetivo principal de toda acción de política de estado, el cual pretende el incremento del número de estas, fortaleciendo de esta manera la matriz económica de la provincia o región.

En esta perspectiva, es importante destacar que, desde 2014 se desarrollan actividades cuya puesta en marcha se enfoca en contribuir al fortalecimiento de las pymes ya existentes, y la formalización de aquellas que están llevando a cabo alguna actividad que avizora posibilidades en el mercado provincial, contribuyendo también de manera conjunta en un enfoque sistémico a incrementar la tasa de sostenibilidad de estas unidades con el fin de mejorar los indicadores económicos de la provincia.

El artículo está sustentado en la recopilación de información que da cuenta del registro de empresas formalizadas en la provincia, el periodo analizado en esta oportunidad está comprendido en el periodo desde enero de 2016 hasta enero 2023.

Se presentan los datos discriminados por cantidad de empresas, por tramos de años específicos, y con gráficos indicando los sectores de actividad económica de las mismas.

Finalmente, una vez presentados, se efectuará una serie de análisis y conclusiones finales que proporcionan un panorama actualizado, en virtud del corte, de la situación actual de la provincia respecto del componente Pyme que conforma parte de la matriz económica provincial.

Palabras clave: La Rioja, matriz empresarial, sectores económicos, análisis comparativo

Abstract

As an economic unit, companies represent the main objective of all state policy actions, which aim to increase the number of these, thus strengthening the economic matrix of the province or region.

In this perspective, it is important to highlight that, since 2014, activities have been developed to contribute to the strengthening of existing small and medium-sized enterprises (SMEs) and the formalization of those carrying out some activity that foresees possibilities in the provincial market. This also contributes jointly to a systemic approach to increase the sustainability rate of these units in order to improve the economic indicators of the province.

The article is based on the compilation of information that accounts for the registration of formalized companies in the province. The period analyzed in this opportunity is from January 2016 to January 2023.

Data is presented, broken down by the number of companies, specific year ranges, and with graphics indicating the economic activity sectors of the same.

Finally, once presented, a series of analysis and final conclusions will be made that provide an updated panorama, in virtue of the cut, of the current situation of the province regarding the SME component that is part of the provincial economic matrix.

Keywords: La Rioja, business matrix, economic sectors, comparative analysis

Introducción

La provincia de La Rioja, situada en el noroeste de Argentina, ha sido históricamente una región con un menor nivel de desarrollo económico y social en comparación con otras partes del país. Esto se debe a una serie de factores, entre los que se destacan a) su geografía montañosa y árida, b) variables económicas desfavorables como la ausencia de inversiones y políticas públicas que fomenten su crecimiento. En este contexto, es importante analizar la participación del Estado provincial en la promoción de las actividades económicas desarrolladas en La Rioja, lo cual ha sido clave para el fomento de la industria y el empleo en la región.

Impulso del Estado provincial en la promoción de actividades económicas en La Rioja

En la última década, el estado provincial consideró la promoción de la actividad industrial como política de estado a través de las leyes 10.340/2020 Programa Provincial de Fomento de la Industria, la Ley 10.342/2020 Registro de Información Industrial de la Provincia de La Rioja y la Ley 10.343/2020 Régimen Especial Industrial genera el marco normativo que busca incentivar la radicación de industrias en la provincia de La Rioja.

En concordancia con la promoción de actividades industriales, el gobierno nacional creó en 2021 el “Programa de Fomento para la Promoción de los Sectores de Fabricación de Indumentaria y Calzado en las Provincias de La Rioja y Catamarca”, que tiene por objeto la promoción del empleo y la generación nuevos puestos de trabajos; paralelamente se desarrollan a nivel provincial programas de mejora en la competitividad promoviendo diversas actividades y políticas que permiten el mejoramiento de Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMEs) a través de herramientas como elaboración de diagnósticos energéticos con análisis de preinversión, servicios de consultoría, asistencia técnica y programas de capacitación en diferentes áreas.

A su vez, la provincia busca desarrollar la industria del conocimiento, en adhesión a la Ley Nacional 27.570/2020 de Promoción de la Economía del Conocimiento que fomenta las inversiones en capacitación, investigación y desarrollo y exportación de servicios.

El turismo es otro de los sectores de la economía al que el desarrollo, más *allá del dinamismo evidenciado por el sector en los últimos años, La Rioja aún se encuentra entre las provincias de menor desarrollo turístico del país (ocupa el puesto 20 en términos de cantidad de turistas recibidos (CEPAL, 2022)*. Asimismo, es relevante mencionar el papel que el Estado provincial ha asumido en la promoción de la actividad industrial, en línea con las políticas nacionales que fomentan la inversión en conocimiento y turismo.

Participación del Estado provincial como actor en las actividades económicas desarrolladas en La Rioja

Stiglitz (2003, p 14) sostiene que el estado interviene cuando encuentra fallas en el mercado, la creación de empresas que coadyuven a la consecución del desarrollo económico general con inclusión, el aumento de la inversión en sectores de la producción, la generación de puestos de empleo, el desarrollo equilibrado de todos los departamentos de la Provincia es lo que regula el marco normativo de la Ley 9.556/2014 Ley de Fomento de Inversión Público-Privada para la promoción y estímulo de desarrollo productivo provincial y la ley 9.715/2015, permite a la provincia la creación de empresas que en un principio se denominaban SAPEM (sociedad anónima con participación estatal mayoritaria) y el estado provincial participa activamente en la conformación y creación de empresas en la provincia de La Rioja (Miranda, 2016). Donde el Estado tiene un peso importante en la economía subnacional, ya que la población tiene menos oportunidades de ganarse su sustento al margen del Estado (McMann, 2006). Por otro lado, la participación del Estado provincial en la creación de empresas ha sido fundamental para el desarrollo económico de la región, como se verá a continuación.

Cabe destacar que, se incorporaron a la matriz empresarial de La Rioja en los últimos ocho años 40 empresas que pertenecen parcial o totalmente al estado provincial como parte de una política que está centrada en la necesidad de generación de empleo genuino y desarrollo de actividades productivas en las que la provincia tiene ventajas comparativas (Miranda, 2016, Guerra, 2016). A mayo de 2021, *La Rioja contaba con 36 empresas activas que posicionan a La Rioja como la provincia argentina con mayor cantidad de firmas con participación estatal* (CEPAL, 2022).

Son múltiples las actividades económicas que desarrollan las empresas provinciales relevadas, entre las que predominan las vinculadas a la alimentación, energía, minería y aquellas que brindan servicios de intermediación financiera y seguros (Yañez, 2020). Es importante destacar como política pública el rol esencial de las empresas estatales para garantizar servicios básicos y seguridad alimentaria a los riojanos (Escobar, 2022).

En el último Censo Nacional Económico-CNE 2020-2021 (INDEC), los resultados presentados sólo contabilizan 822 empresas en la provincia de La Rioja, se verifica la información expresada en base al indicador estimado de 2.116 empresas por cada millón de habitantes. La provincia de La Rioja cuenta con 384.607 habitantes.

De la búsqueda bibliográfica entre los años 2015 y 2022 (OCDE, 2015; Gobierno de la Rioja, 2019; CEPAL, 2022), junto con notas periodísticas e informes sectoriales, indican que la matriz empresarial de La Rioja es mayor. Según el ODS Informe Provincial La Rioja (2019) en 2015 existían 2.548 empresas y en 2019 se encuentran 2.755 empresas en actividad (en base a datos tomados de OECE y MTEySS, 2014) representan 0.43% de las empresas radicadas en el país. En cambio, el informe de la CEPAL indica que en 2018 la provincia contaba con 2.786 empresas privadas registradas. Las variaciones entre los valores implican que los datos fueron tomados en diferentes años, pero en todos los casos superan las 2.000 empresas registradas a diferencia de los últimos datos provistos por el Censo Nacional Económico 2022.

Bajo este contexto, el objetivo es establecer la cantidad real de empresas activas en la provincia de La Rioja en el periodo comprendido entre enero 2016 y enero 2023, a fin de determinar el sector al cual pertenecen, establecer la antigüedad y cantidad de mano de obra empleada.

Una vez recopilados los datos, se podrán analizar los patrones y tendencias en cuanto a la cantidad de empresas activas en la provincia, su sector y la cantidad de mano de obra empleada. Se podrán realizar comparaciones con años anteriores y con otras regiones para contextualizar los resultados obtenidos. La información obtenida será de gran utilidad para la planificación económica y empresarial en la provincia de La Rioja, permitiendo identificar oportunidades de inversión y establecer estrategias para el desarrollo empresarial sostenible en la región.

Materiales y métodos

Se realizó la recopilación de información proveniente de diferentes bases de datos digitales e informes de coyuntura. Los datos analizados corresponden al periodo comprendido entre enero de 2016 y enero de 2023.

A su vez se analizaron los datasets provistos por el Ministerio de Desarrollo Productivo. Unidad Gabinete de Asesores. Dirección Nacional de Estudios para la Producción y datasets del Ministerio de Desarrollo Productivo, Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y los Emprendedores, Subsecretaría de Financiamiento y Competitividad Pyme y de la Dirección Nacional de Fortalecimiento de la Competitividad Pyme.

Para un mejor análisis se clasificaron los datos en dos grupos: Grupo 1: periodo comprendido desde enero de 2016 hasta noviembre de 2019, y Grupo 2: desde diciembre de 2019 hasta enero de 2023.

Se organizaron los grupos en base a los dos últimos periodos de gobierno para poder establecer una comparativa entre ambos, cabe destacar que el periodo actual de gobierno aún no ha terminado ya que concluye el 10 de diciembre de 2023.

Los datos obtenidos se clasificaron según cantidad de empresas, años de antigüedad, cantidad de mano de obra empleada. Se clasificaron los datos y se realizaron gráficos caracterizando los distintos sectores de actividad económica según el periodo analizado

Resultados

Cantidad de empresas

Del relevamiento realizado en base a los datos disponibles se estableció que se crearon 575 empresas en la Provincia de La Rioja en el periodo de enero 2016 a enero de 2023. Entre 2016 y 2019, se crearon 226 empresas; entre 2019 y 2023 corresponden a 349 empresas.

Tabla 1. Cantidad de empresas según años de corte

Cantidad de empresas a enero 2016	Cantidad de empresas a diciembre 2019	Cantidad de empresas a enero de 2023	Cantidad empresas creadas entre 2016-2019	Cantidad empresas creadas entre 2019-2023	% variación 2016-2019	% variación 2019-2023
1.483	1.709	2.058	226	349	15,2%	20,4%

Entre los años 2016 y 2023, hubo un crecimiento en la cantidad de empresas creadas activas, representa un 38.77% de las empresas actuales y tienen una antigüedad entre 1 y 7 años. Entre los periodos analizados, la variación ronda entre el 15.2% y 20.4% para cada uno respectivamente. En cuanto a la ubicación geográfica, del total de las empresas el 75% de las empresas se concentra en el departamento Capital.

A su vez, se clasificaron las empresas por rama o sector, según igual clasificación anterior, se puede observar que en ambos períodos analizados, el sector agropecuario, va reduciendo el número de empresas, hay una disminución de 9.3% en comparativa entre los años 2016 y 2023, esto se debe principalmente al cierre o agrupamiento de empresas del sector olivícola en el que los últimos años por la situación de las economías regionales donde las pequeñas empresas fueron absorbidas por empresas más grandes

En el resto de los sectores empresariales hay un crecimiento más lento respecto a años anteriores, pero aun así es positivo (Tabla 2). Cabe destacar que, en el único sector que hay crecimiento sostenido y se registran nuevas empresas es en el sector de servicios.

Tabla 2. Clasificación de empresas por sector económico

Sector	Cantidad de empresas a enero 2016	Cantidad de empresas a diciembre 2019	Cantidad de empresas a enero de 2023	Cantidad empresas creadas entre 2016-2019	Cantidad empresas creadas entre 2019-2023	% variación 2016-2019	% variación 2019-2023
Agropecuario	186	180	169	-6(*)	-11(*)	-3,2%	-6,1%
Comercio	287	337	375	50	38	17,4%	11,3%
Construcción	120	145	173	25	28	20,8%	19,3%
Industria y Minería	128	141	151	13	10	10,2%	7,1%
Servicios	757	900	1183	143	283	18,9%	31,4%
Total	1483	1709	2058	226	349	15,2%	20,4%

(*) los valores negativos indican reducción en la cantidad de empresas por sector

En el presente gráfico, se observa de manera dinámica la distribución de empresas atendiendo a los sectores de cada actividad clasificados según los grupos analizados (Figura 1).

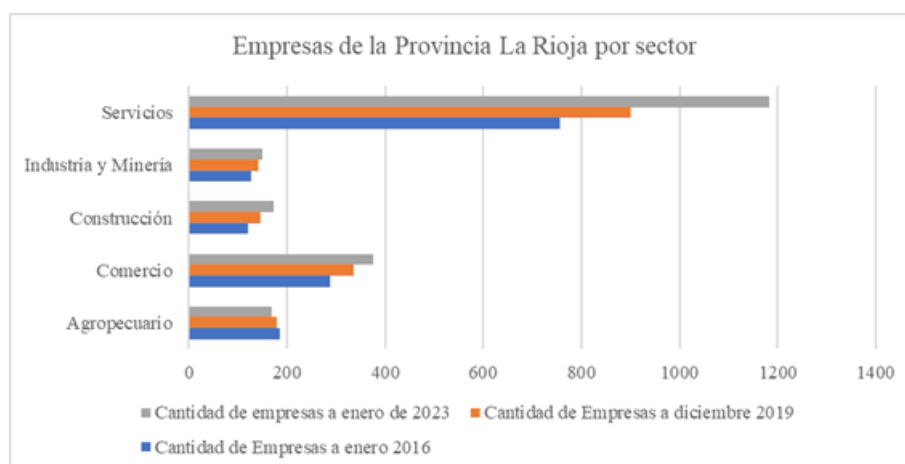


Figura 1. Distribución por cada sector empresarial

A enero de 2023, la cantidad de empresas de la provincia de La Rioja es de 2.058, el 58% corresponde al sector de servicios, seguido por el sector comercial con el 18%, y distribuidas de manera casi equitativa los sectores, agropecuario, construcción, industria y minería. En la Figura 2, se representa de forma simplificada como se distribuyen los rubros empresariales en enero de 2023.

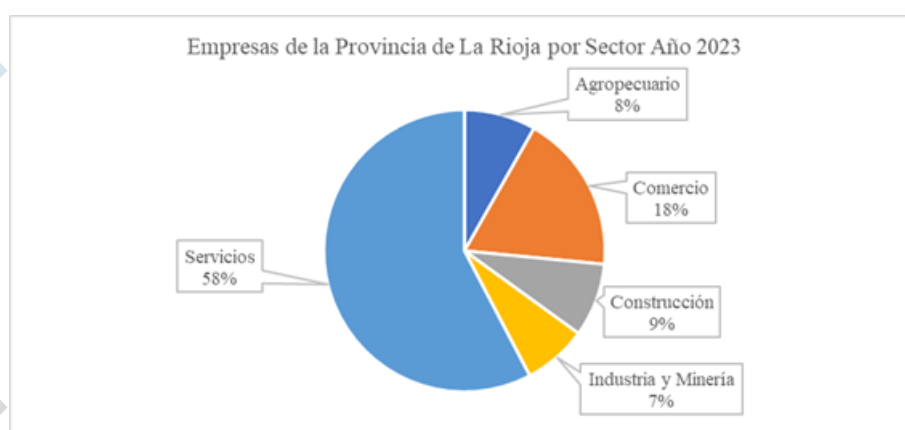


Figura 2. Los sectores empresariales 2023

Empresas como fuente de generación de empleo genuino.

Se proporciona información sobre el número de empleados que conforman las actividades operativas de las empresas (Tabla 3). Este es un dato importante para remarcar, las Pymes no solo son impulsoras de la economía provincial, sino también son generadores de empleo privado genuino, razón por la cual se definen Políticas Públicas, programas y proyectos que se enfocan en afianzar la constitución y sostenibilidad de las empresas en la región.

Tabla 3. Cuadro de componente de empleados incorporados por las Pymes definidos entre los años del corte realizado para el análisis

Cantidad de empleados	Cantidad de empresas a enero de 2016	Cantidad de empresas a diciembre de 2019	Cantidad de empresas a enero de 2023	% variación 2016-2019	% variación 2019-2023
Sin empleados	523	843	1163	60%	38%
1 a 10 empleados	748	575	616	-23%	7%
11 a 50 empleados	150	219	198	46%	-10%
51 a 300 empleados	47	59	69	26%	17%
301 a 1000 empleados	9	10	8	11%	-20%
Más de 1000 empleados	3	3	4	0%	33%
Total	1483	1709	2058	15%	20%

Los valores negativos indican la reducción del número de gente ocupada por las empresas, para resistir el impacto de las crisis, se reduce el tamaño de la estructura. Se puede verificar en las columnas porcentaje de variación entre los periodos 2016-2019 y 2019-2023 donde los valores negativos representan un decrecimiento de la estructura.

En base a los datos de Enero de 2023, se clasificó a las empresas en función de la cantidad de empleados, el 56.51% de las empresas son unipersonales y no cuentan con empleados, el 29.93% de las empresas tienen entre 1 y 10 empleados, entre 11 y 50 empleados el 9.62% de las empresas y el 3.3% de las empresas más de 50 empleados. El rubro grandes empresas tiene muy baja participación en la provincia, solo 12 empresas cuentan más de 300 empleados (Tabla 4 y Figura 3).

Tabla 4. Distribución porcentual de empresas según años de corte

Cantidad de empleados	% empresas año 2016	% empresas año 2019	% empresas año 2023
Sin empleados	35,47%	49,33%	56,51%
1 a 10 empleados	50,44%	33,65%	29,93%
11 a 50 empleados	10,11%	12,81%	9,62%
51 a 300 empleados	3,17%	3,45%	3,35%
301 a 1000 empleados	0,61%	0,59%	0,39%
Más de 1000 empleados	0,20%	0,18%	0,19%

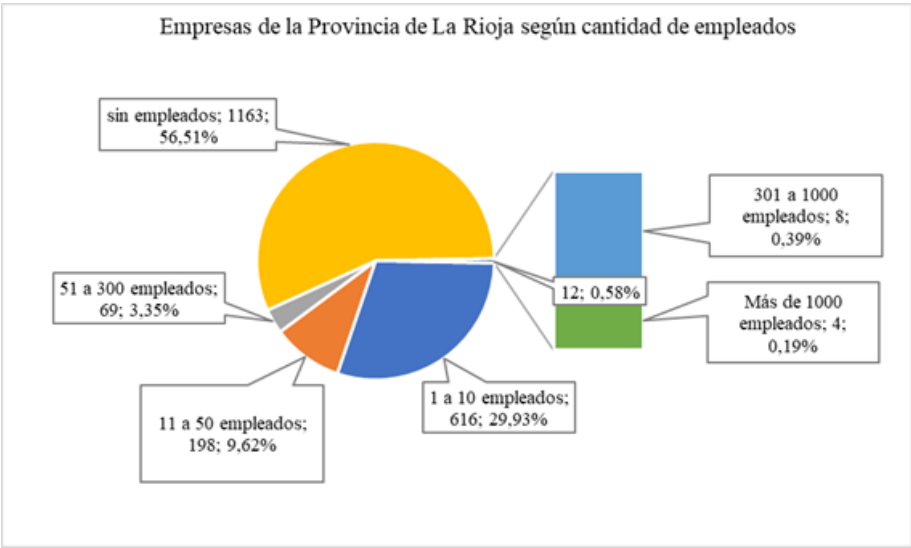


Figura 3. Proporción de cantidad de empresas según número de empleados para el año 2023 presentado en términos porcentuales

Si se comparan los años 2016 y 2023 (enero), hubo un incremento de las empresas unipersonales y sin empleados, en todos los casos en las empresas se puede observar una disminución de cantidad de personal empleado como consecuencia explícita una reducción de las estructuras de las empresas (Figura 4).

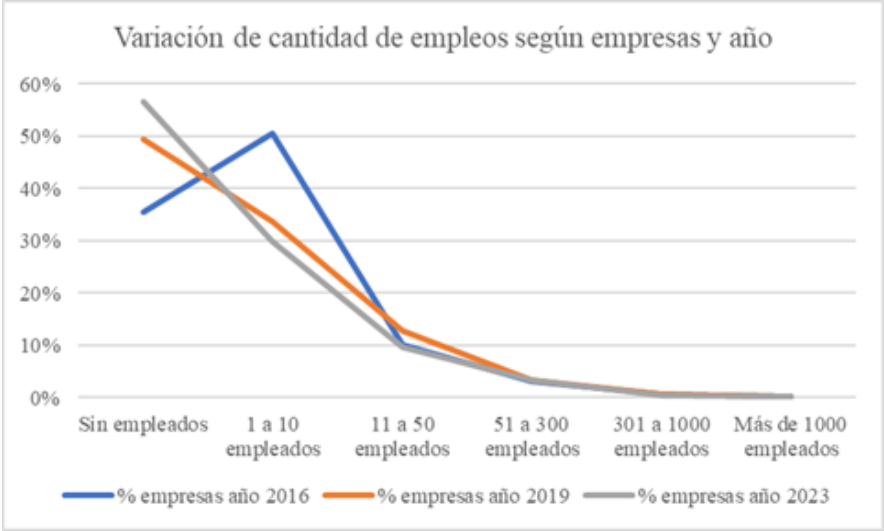


Figura 4. Variación de mano de obra empleada

Paralelamente, los datos provistos por los datasets del Ministerio de Desarrollo Productivo indican que el empleo formal del sector privado en la provincia de La Rioja en el mes de enero del año 2016 ascendía a 29.555 empleados, en el mes de diciembre de 2019: 26.863 empleados y en diciembre de 2022 existían 30.099 empleados recuperando los valores de enero de 2016 (Figura 5).

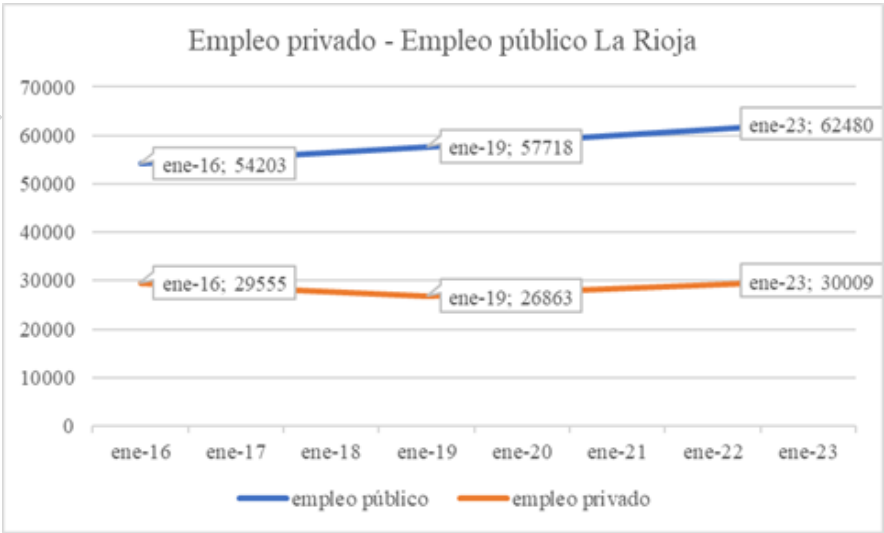


Figura 5. Distribución del empleo público y privado en La Provincia De La Rioja

Fuente: <https://datos.gob.ar/dataset/produccion-puestos-trabajo-asalariados-registrados-por-provincia-sector-actividad>

El 85.91% de los empleados se concentran en 20 actividades económicas (clasificadas según CLAE2 del AFIP), donde se destacan principalmente los sectores económicos de servicios y el comercio (Tabla 5).

Tabla 5 principales actividades económicas clasificadas según CLAE2 del AFIP

CLAE2	Descripción	empleados	%
1	Comercio al por menor excepto autos y motos	4.623	15,36%
8	Elaboración de productos textiles	2.481	8,24%
10	Agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados	2.062	6,85%
11	Elaboración de productos alimenticios	1.769	5,88%
13	Obras de ingeniería civil	1.550	5,15%
14	Servicios de salud humana	1.295	4,30%
15	Elaboración de productos de cuero y calzado	1.255	4,17%
16	Enseñanza	1.253	4,16%
17	Construcción de edificios y partes	1.067	3,54%
18	Comercio al por mayor excepto autos y motos	1.066	3,54%
19	Servicios de asociaciones	1.011	3,36%
20	Transporte terrestre y por tuberías	845	2,81%
21	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	782	2,60%
22	Servicios de expendio de alimentos y bebidas	746	2,48%
23	Elaboración de bebidas	652	2,17%
24	Elaboración de prendas de vestir	637	2,12%
25	Actividades de investigación y seguridad	634	2,11%
26	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motos	475	1,58%
27	Servicios financieros (excepto seguros y pensiones)	453	1,51%
28	Elaboración de productos de papel	418	1,39%
29	Actividades especializadas de construcción	416	1,38%
31	Servicios de alojamiento	369	1,23%
		25.859	85,91%

Fuente: <https://datos.gob.ar/dataset/produccion-puestos-trabajo-asalariados-registrados-por-provincia-sector-actividad>

Antigüedad de las unidades económicas relevadas

El proporcionar información del período de tiempo que las empresas vienen desarrollando su actividad económica en la provincia es un dato que nos acerca al análisis de la posible tasa de sostenibilidad en la que se enmarcan las mismas. Se puede observar que es mayor el número de empresas que superan los seis años de llevar adelante su actividad económica, indicando con ello que prácticamente el 72% de las Pymes afianzó la actividad en su sector, logrando superar las diversas situaciones y crisis que se sucedieron entre los periodos citados, en medio de ellos un contexto de pandemia que ocasionó a nivel país serias dificultades para algunos sectores económicos a los cuales les resultó complejo reorganizar o articular sus actividades atendiendo a los nuevos cambios ocurridos durante y post pandemia (Tabla 6 y Figura 6)

Tabla 6. Clasificación de las empresas según el grado de antigüedad

Antigüedad	Año 2023
Mayor de 6 años	1,497
Mayor de 1 año y menos de 6	496
Menor de 1 año	65
Total	2,058

Cantidad de empresas en la Provincia de La Rioja según su antigüedad

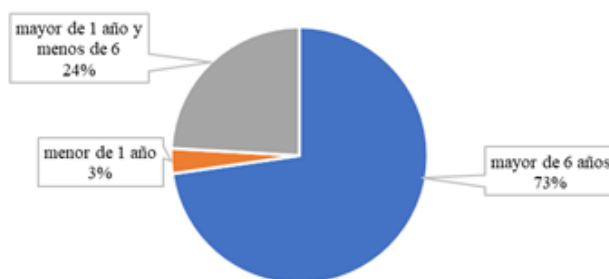


Figura 6. Representación porcentual de la antigüedad de las empresas en la provincia periodo de corte enero 2023

A su vez, se clasificó a las empresas mayores a 6 años según su antigüedad, la matriz empresarial de la Provincia de la Rioja sólo tiene un 36.44% de empresas de más de 17 años (Figura 7).

Antigüedad de empresas en la Provincia de la Rioja

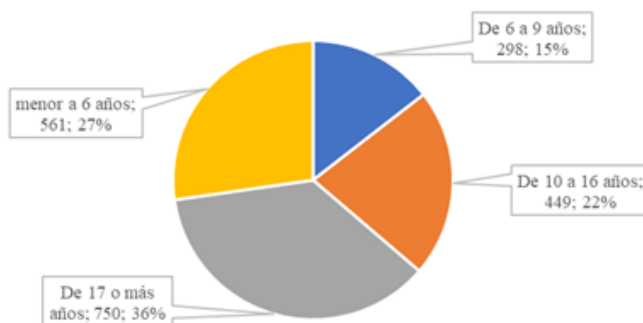


Figura 7. Antigüedad de empresas en la provincia de La Rioja

Como información adicional, se obtuvo que se emitieron 7.968 certificados PyMEs en la provincia de La Rioja, de los cuales hay 6.605 vigentes al año 2023. Del total de certificados vigentes 4.769 certificados fueron emitidos a monotributistas, 2.235 a autónomos y 966 a empresas conformadas como sociedades (Registro MiPyme, 2023).

Conclusiones

En base a los datos presentados se pueden remarcar los aspectos que son alentadores, entre ellos:

1) se presenta un crecimiento en la creación de nuevas empresas en el periodo de 2016 a 2023, si bien no representa un crecimiento exponencial, es un dato alentador el que no fuera negativo, en particular atendiendo a la serie de factores macroeconómicos de este último periodo, en el cual en ocasiones presenta un desaliento para el desarrollo de actividades económicas, más aún en provincias enmarcadas en economías subnacionales;

2) la matriz económica provincial presenta mayor crecimiento en la constitución de empresas del sector servicio, al contrario de las que pertenecen al sector agropecuario, el cual por diversas variables sean económicas o climáticas, presenta mayor grado de dificultad y riesgo para lograr la sostenibilidad en el caso de las pequeñas empresas agropecuarias. Siendo una vía de solución ante un inminente cese o reducción de actividad, la posibilidad de ser absorbidas por las empresas más grandes del citado sector, las cuales presentan una mayor fortaleza en sus recursos económicos para hacer frente a las diversas variables adversas del entorno, ya sean de carácter económico como climático;

3) respecto al análisis de la generación de empleo genuino privado, se observa un crecimiento en el último período;

4) el dato referido a la antigüedad del componente Pyme, es destacable, siendo un número considerable, en relación del total de empresas que se encuentra en la provincia, el 36,44% cuentan con una antigüedad en su actividad de 17 o más años, contra un 27,26% que no ha llegado a los 6 años de antigüedad. La información a grandes rasgos es auspiciosa, en el período analizado 2016-2023, dando cuenta que una gran parte de las empresas constituidas en la provincia han logrado apalancar sus actividades, sorteando una serie de inconvenientes propios de cada sector económico, como así también aquellos de alcance general que provocan

algunas complicaciones a las actividades económicas, entre los que se destacan los contextos inflacionarios, con retracción del consumo en términos generales, alta presión fiscal, bajas tasas de acceso al crédito, lo que desalienta la toma de deuda para apalancar la actividad operativa;

5) más allá de algunas de estas situaciones, se sigue apostando a la constitución de empresas en la provincia, situación que puede estar impulsada por la perspectiva de los empresarios de fortalecer la matriz productiva en la provincia considerando que hay aspectos positivos y alentadores en el mercado local, como por ejemplo, la acciones conjuntas del estado, el cual se afianza por medio de diferentes actividades que impactan en diversos sectores económicos, una serie de alternativas que mitigan los efectos macroeconómicos, fomentando el desarrollo de programas y líneas de financiamientos que se adecuan a la realidad del componente Pyme de la provincia, contribuyendo de alguna manera a mejorar los indicadores de sostenibilidad de las empresas, las cuales a su vez reflejan la matriz económica de la provincia.

Referencias bibliográficas

[1] Cámara de Diputados de la Provincia de La Rioja (2014) Ley 9556 ley de Fomento de Inversión Público-Privada para la promoción y estímulo de desarrollo productivo provincial

[2] Cámara de Diputados de la Provincia de La Rioja (2015) Ley 9.715 Creación de la sociedad La Rioja Productiva S.A.P.E.M. para fortalecer la gestión de las empresas productivas públicas

[3] Cámara de Diputados de la Provincia de La Rioja (2020) Ley 10.340/2020 Programa Provincial de Fomento de la Industria

[4] Cámara de Diputados de la Provincia de La Rioja (2020) Ley 10.342/2020 Registro de Información Industrial de la Provincia de La Rioja

[5] Cámara de Diputados de la Provincia de La Rioja (2020) Ley 10.343/2020 Régimen Especial Industrial

[6] CEPAL, N. (2022). La Rioja en el siglo XXI: desafíos y oportunidades para su transformación productiva.

[7] Dataset de Empleos La Rioja (2022) Produccion puestos de trabajo asalariados registrados por provincia disponible en: <https://datos.gob.ar/dataset/produccion-puestos-trabajo-asalariados-registrados-por-provincia-sector-actividad>

[8] Dataset Mipymes La Rioja (2023). disponible en: <https://datos.gob.ar/dataset/produccion-registro-mipyme>

[9] Escobar, S. (2022) Tres ejemplos de empresas riojanas que aplican el modelo provincial para ser competitivas disponible en: <https://www.perfil.com/noticias/economia/la-rioja-avanza-en-la-construccion-de-un-estado-que-compita-en-el-mercado.phtml>

[10] Gobierno de la provincia de La Rioja (2019). ODS informe provincial 2019 disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_de_gestion_201

[11] Guerra, R. A. (2016). Generación de empleo: políticas económicas activas-SAPEM. Oikonomos, 1.

[12] NDEC (2022) Censo Nacional Económico 2020-2021 Resultados provisorios https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/cne_2020_2021_resultados_provisorios.pdf

[13] Ley Nacional 27.570 (2020) Ley de Promoción de la Economía del Conocimiento

[14] McMann, K. (2006) Economic Autonomy and Democracy: Hybrid Regimes in Russia and Kyrgyzstan. Cambridge: Cambridge University Press.

[15] Ministerio de Desarrollo Productivo (2021) Resolución 349/2021 RESOL-2021-349-APN-MDP Ciudad de Buenos Aires, 07/07/2021

[16] Miranda, D. (2016). El papel del Estado en la distribución del ingreso en la Provincia de La Rioja: período 2004-2013. Oikonomos, 1.

[17] Miranda, D. (2016). SAPEM: política pública vigente para el desarrollo en la provincia de La Rioja. Oikonomos, vol 2.

[18] Stiglitz, J. E. (2003). La economía del sector público (Vol. 24). Antoni Bosch Editor.

[19] Yañez, C. M. M. (2020). Empresas públicas provinciales: Aproximación al escenario reciente y aportes para su análisis. Disponible en <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/169824>



Área de Biotecnología

BIOTECNOLOGÍA	El Instituto Superior de Biotecnología perteneciente al Centro de Investigaciones e Innovaciones Tecnológicas Instituto (CENIIT), fue creado en el 2008 por Resolución del Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Rioja, N° 030/08. Este Instituto se dedica al desarrollo de nuevos tratamientos y evaluación de nuevas moléculas químicas potencialmente para su uso como medicamentos.
INTEGRANTES	Dr. Carlos Laino Bioq. Cristina Florencia Elorriaga (Becaria Doctoral del CONICET) Est. Joaquín Bustos (ad honorem) Est. María Luz Lumbrisca (ad honorem) Est. Ana Sosa (Beca EVC 2021) Estudiantes de Bioquímica: Yesica Iturre Priscila Narvaez Brenda Alives Tana Albornoz Anna Ortego Riquieri Fiorela Palacios Ana Laura Ibañez Lagoria Sofía Tolosa
ÚLTIMOS PROYECTOS EJECUTADOS	Institución otorgante: Universidad Nacional de La Rioja Nombre: <i>Estudios farmacológicos del tratamiento combinado con Cannabidiol (aceite de cannabis) y ácidos grasos omega-3 para el tratamiento del dolor neuropático periférico</i> Lugar de desarrollo: Instituto de Biotecnología, CENIIT, UNLaR. Expte: 040/2023 Institución otorgante: Universidad Nacional de La Rioja Nombre del Proyecto acreditado y financiado: <i>Evaluación clínica de la eficacia analgésica del tratamiento combinado de morfina y ácidos grasos omega-3</i> Lugar de desarrollo: Instituto de Biotecnología, CENIIT, UNLaR Expte 2088/2014

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Guzman, M. L., Soria, E. A., Laino, C. H., Manzo, R. H., & Olivera, M. E. (2016). Reduced food interaction and enhanced gastrointestinal tolerability of a new system based on risedronate complexed with Eudragit E100: Mechanistic approaches from in vitro and in vivo studies. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 107, 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2016.07.009>

Escudero, G. E., Laino, C. H., Martini, N., Echeverría, G. A., Piro, O. E., Williams, P. A. M., & Ferrer, E. G. (2017). Zn(II) based potential drug containing sertraline as a strong antidepressant agent. *Annals of Medicinal Chemistry and Research*, 3(1), 1017.

Laino, C. H. (2017). Innovations in pain management: Morphine combined with omega-3 fatty acids. *The Open Conference Proceedings Journal*, 8, 52–65. <https://doi.org/10.2174/2210289201708010052>

Laino, C. H. (2017). The use of Omega-3 PUFAs in pain therapy. *Journal of Pharmacology & Clinical Research*, 3(2). <https://doi.org/10.19080/JPCR.2017.03.555610>

Martini, N., Parente, J. E., Toledo, M. E., Escudero, G. E., Laino, C. H., Martínez Medina, J. J., Echeverría, G. A., Piro, O. E., Lezama, L., Williams, P. A. M., & Ferrer, E. G. (2017). Evidence of promising biological-pharmacological activities of the sertraline-based copper complex: $(\text{SerH}_2)_2[\text{CuCl}_4]$. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 174, 76–89. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2017.05.010>

Laino, C. H. (2019). Use of Omega-3 fatty acids in the treatment of neuropathic pain. *Journal of Clinical Research in Pain and Anaesthesia*, 1(2), 180008.

Martini, N., Parente, J. E., Toledo, M. E., Escudero, G. E., Laino, C. H., Piro, O. E., Echeverría, G. A., Williams, P. A. M., & Ferrer, E. G. (2019). Antidepressant and antinociceptive activities in animal models and in vitro assessment of the anti-thyroid activity of bis(DL-pyroglutamate) magnesium complex. *Pharmacological Reports*, 71(6), 1273–1280. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2019.07.013>

**ÚLTIMAS
PUBLICACIONES**

Unda Santiago, R., Villegas, E. A., Toledo, M. E., Asis Onell, G., & Laino, C. H. (2019). Beneficial effects of fish oil enriched in omega-3 fatty acids on the development and maintenance of neuropathic pain. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 72(3), 437–447. <https://doi.org/10.1111/jphp.13213>

Sanchez, M. F., Guzman, M. L., Flores Martín, J., Cruz Del Puerto, M., Laino, C., Soria, E. A., Donadio, A. C., Raimondi, S. G., & Olivera, M. E. (2022). Ionic complexation improves wound healing in deep second-degree burns and reduces in-vitro ciprofloxacin cytotoxicity in fibroblasts. *Scientific Reports*, 12, 16035. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19969-w>

Pascuale, C. A., et al. (2022). Immunogenicity and reactogenicity of heterologous immunization against SARS-CoV-2 using Sputnik V, ChAdOx1-S, BBIBP-CorV, Ad5-nCoV, and mRNA-1273. *Cell Reports Medicine*, 3(8), 100706. <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2022.100706>

Laino, C. H. (2024). Medical cannabis: A review of its therapeutic potential in the treatment of migraine. *Journal of Clinical Research in Pain and Anaesthesia*, 5(1), 180040.

Caro-Ramírez, J. Y., Bazán, L. O., Piro, O. E., Echeverría, G. A., Jori, K., Mizrahi, M., Franca, C. A., Lambrisca, M. L., Bustos, J. A., Laino, C. H., Varcacel, M., Salado, C., Naso, L. G., Williams, P. A. M., & Ferrer, E. G. (2025). Exploring Zn(II)-Acetyl L-carnitine complex for simultaneous management of depression, chronic pain, and neuroprotection. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 267, 112857. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2025.112857>

Elorriaga, C. F., Olivera, M. E., Gongora Jara, H., & Laino, C. H. (en prensa). Full spectrum cannabis oil combined with omega-3 fish oil for neuropathic pain management: A novel therapeutic approach. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*.

El cannabis medicinal en el tratamiento del dolor neuropático periférico. Review

Laino, Carlos¹

¹Instituto de Biotecnología. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica. Universidad Nacional de La Rioja
carloslaino25@gmail.com

Resumen

La ruta del cannabis ha sido un viaje de descubrimiento científico que ha llevado a la comprensión del sistema endocannabinoide en el cuerpo humano. Mediante la utilización de una molécula sintética similar al THC, los investigadores identificaron un receptor específico que se une a los cannabinoides y tiene un papel en la modulación de diferentes procesos en el cuerpo. Este hallazgo confirmó la existencia del sistema endocannabinoide en el organismo humano y su papel en la regulación de diversas funciones fisiológicas. Posteriormente, se identificaron los endocannabinoides, compuestos químicos producidos naturalmente por el cuerpo humano que se unen a los receptores cannabinoides. Los endocannabinoides desempeñan un papel crucial en la señalización y la regulación de varios procesos fisiológicos, incluyendo el control del dolor, el estado de ánimo y el apetito. El conocimiento adquirido sobre el sistema endocannabinoide ha llevado al desarrollo de medicamentos a base de cannabis para diversas enfermedades y trastornos. El cannabis medicinal, que contiene diferentes cannabinoides y otras moléculas químicas de la planta de cannabis, se ha utilizado en el tratamiento del dolor neuropático y otras afecciones. En el tratamiento del dolor neuropático, el cannabis medicinal ha sido objeto de interés debido a su potencial para aliviar los síntomas y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, los estudios clínicos de alta calidad son necesarios para establecer la eficacia y seguridad de los productos de cannabis medicinal en esta indicación. En conclusión, el descubrimiento del sistema endocannabinoide ha abierto nuevas vías de investigación y desarrollo en el campo de la medicina. A medida que se profundiza nuestro conocimiento sobre el cannabis y sus componentes, es importante llevar a cabo investigaciones rigurosas y estudios clínicos para comprender mejor su eficacia, seguridad y potencial terapéutico en diversas enfermedades y trastornos.

Palabras clave: cannabis, endocannabinoides, cannabinoides, calidad de vida

Abstract

The cannabis journey has been a scientific discovery that has led to the understanding of the endocannabinoid system in the human body. By using a synthetic molecule similar to THC, researchers identified a specific receptor that binds to cannabinoids and plays a role in modulating different processes in the body. This finding confirmed the existence of the endocannabinoid system in the human organism and its role in regulating various physiological functions. Subsequently, endocannabinoids, naturally occurring chemical compounds produced by the human body that bind to cannabinoid receptors, were identified. Endocannabinoids play a crucial role in signaling and regulating various physiological processes, including pain control, mood, and appetite. The knowledge gained about the endocannabinoid system has led to the development of cannabis-based medications for various diseases and disorders. Medicinal cannabis, which contains different cannabinoids and other chemical molecules from the cannabis plant, has been used in the treatment of neuropathic pain and other conditions. In the treatment of neuropathic pain, medicinal cannabis has been of interest due to its potential to alleviate symptoms and improve patients' quality of life. However, high-quality clinical studies are necessary to establish the efficacy and safety of medicinal cannabis products in this indication. In conclusion, the discovery of the endocannabinoid system has opened new avenues for research and development in the field of medicine. As our knowledge of cannabis and its components deepens, it is important to conduct rigorous research and clinical studies to better understand its efficacy, safety, and therapeutic potential in various diseases and disorders.

Keywords: cannabis, endocannabinoids, cannabinoids, quality of life

Introducción

La ruta del cannabis: el descubrimiento del sistema endocannabinoide

El inicio de las investigaciones sobre cannabis hace referencia al científico Dr. Raphael Mechoulam, sobreviviente del Holocausto en Bulgaria, y que, inmigrando a Israel, inicia su carrera como jefe investigador de la química y la biología de la planta del Cannabis, de sus moléculas denominadas cannabinoides o fitocannabinoides.

Su primer gran avance fue 1964 aislar el (-)- Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC), del hachís de la planta Cannabis, confiscado por Yechiel Gaoni y Raphael Mechoulam (Gaoni et al, 1964) para demostrar sus efectos psicotrópicos de sus preparaciones de cannabis en monos Rhesus (Mechoulam, 1970). Este descubrimiento original, transformó la investigación de cannabinoides de una práctica basada en anécdotas a un campo de investigación moderno basado en evidencias. Usando la molécula Δ^9 -THC aislada químicamente, los investigadores pudieron obtener datos farmacológicos, fisiológicos y de comportamiento reproducibles cualitativa y cuantitativamente, que luego les ayudaron a descubrir los sustratos neurobiológicos de los efectos psicoactivos del cannabis.

El segundo gran avance en la investigación de los cannabinoides proporcionó una respuesta a la pregunta conceptual de por qué nuestro cerebro reacciona al cannabis. Usando una molécula sintética similar al THC, el $[3H]$ -CP55,940, pero marcado radiactivamente (radioligando), Bill Devane, Allyn Howlett y sus colegas obtuvieron la primera evidencia incuestionable de la presencia de un receptor de cannabinoide específico, que inhibe la adenilatociclasa a través de la señalización de la proteína Gi en el cerebro (Devane y Dysarz, 1988) Bidaut-Russell, Devane, Howlett, 1990). Este descubrimiento también se considera como la primera evidencia directa de la existencia del sistema endocannabinoide en nuestro organismo y de la presencia de un receptor específico para el THC. Los estudios cualitativos y cuantitativos posteriores de unión de radioligandos, revelaron la distribución de los receptores de cannabinoides en el cerebro (Herkenham et al, 1990). Primero, los experimentos con lesiones mostraron que la gran mayoría de los sitios de unión de cannabinoides en el cerebro están ubicados en las neuronas, muy probablemente en sus terminales axonales (Herkenham, Lynn, de Costa, y Richfield, 1991). En segundo lugar, el patrón de distribución cuantitativa de los receptores se relaciona con las regiones del cerebro que subyacen a los efectos conductuales del cannabis.

En tercer lugar, este patrón fue notablemente similar entre especies, lo que indica una función fisiológica conservada para los receptores de cannabinoides.

Por último, y lo que es más importante, se encontró que la densidad de los receptores de cannabinoides en el cerebro era comparable a los niveles de los receptores para otros neurotransmisores como el glutamato, ácido gamma-aminobutírico (GABA) o de dopamina del cuerpo estriado (Herkenham et al, 1990). Por lo tanto, estas observaciones predijeron colectivamente que los receptores de cannabinoides son componentes de las sinapsis químicas distribuidos como los receptores de neurotransmisores convencionales.

Coincidiendo con la época dorada de la clonación de receptores acoplados a proteínas G, estos descubrimientos pronto fueron seguidos por la identificación molecular del primer receptor cannabinoide (Matsuda, 1990). El receptor cannabinoide 1 (CB1) resultó ser un receptor acoplado a proteína G de clase A y tiene una secuencia notablemente similar (97–99 % de identidad de secuencia de aminoácidos) en todas las especies de mamíferos, lo que respalda aún más una función conservada filogenéticamente para CB1. La hibridación in situ confirmó la expresión neuronal y reveló un patrón de distribución heterogéneo que correspondía en gran medida a los sitios de unión al ligando (Matsuda et al, 1990). Debido a una homología significativa (44% a nivel de aminoácidos), también se descubrió un segundo receptor cannabinoide (CB2) (Munro et al, 1993). Estos dos receptores se originan a partir de un ancestro común, y la investigación indica que es poco probable que se encuentre un tercer receptor de cannabinoides estrechamente relacionado filogenéticamente (Pertwee et al, 2010).

El descubrimiento de los receptores de cannabinoides inició la búsqueda de sus ligandos endógenos, presentes en nuestro organismo, denominados endocannabinoides. Debido a la naturaleza lipofílica de los fitocannabinoides, Devane, Mechoulam y sus colegas argumentaron que las fracciones liposolubles del cerebro deberían contener la supuesta molécula endocannabinoide, lo que finalmente los llevó a su identificación química (Devane et al, 1992). Este compuesto N-araquidonoiletanolamida se lo denominó anandamida sobre la base de la palabra sánscrita ananda que significa "bienaventuranza interior" (Figura 1). Este nombre refleja una buena anticipación, ya que los niveles plasmáticos de anandamida se reducen significativamente en pacientes con depresión mayor (Hill et al, 2009) y que el bloqueo agudo de la hidrólisis de anandamida ejerce fuertes efectos similares a los antidepresivos (Gobbi et al, 2005). La investigación ha demostrado que la anandamida es un agonista parcial de los dos receptores de cannabinoides, lo cual es inusual para un ligando natural endógeno, y se encuentra en bajas concentraciones (pmol por gramo de tejido) en el cerebro (Pertwee et al, 2010).

Debido a que la actividad farmacológica de la anandamida no reprodujo completamente los efectos conductuales del THC (Smith et al, 1994) se postuló la existencia de un segundo endocannabinoide y pronto se identificó como el 2-araquidonoilglicerol (2-AG) (Mechoulam et al, 1995; Sugiura et al, 1994) (Figura 1). El 2-AG es un agonista completo de los receptores CB1 y CB2 y está presente en niveles mucho más altos (nmol por gramo de tejido) en el cerebro (Stella et al, 1997).

Posteriormente, en 2002 Porter y cols. caracterizaron un nuevo endocannabinoide llamado virodhamina (O-araquidoniletanolamina) (Figura 1) que es un agonista parcial CB1 con propiedades antagonistas CB1 in vivo, que se comporta como agonista puro frente al receptor cannabinoide CB2 (Porter et al, 2002).

Posteriormente, se ha identificado al endocannabinoide NADA (N-araquidonil dopamina) (Huang et al, 2002) (Figura 1) que, además de unirse al receptor CB1, también se une al receptor de potencial transitorio vanilloide 1 (TRPV1) y a los receptores de dopamina

Por último, recientemente se identificó otro endocannabinoide, el 2-araquidonil-L-serina (ARA-S) (Figura 1) el cual se aisló de cerebro bovino y se une débilmente a CB1, CB2 y TRPV1 (Millman et al, 2006).

Con el descubrimiento de los endocannabinoides y sus receptores, la "ruta del cannabis" en nuestro organismo ha terminado gloriosamente después de tres décadas de investigación, dando a los neurocientíficos luz verde para continuar investigando cuestiones basadas en hipótesis sobre la función de la señalización endocannabinoide, su función y el cannabis medicinal.

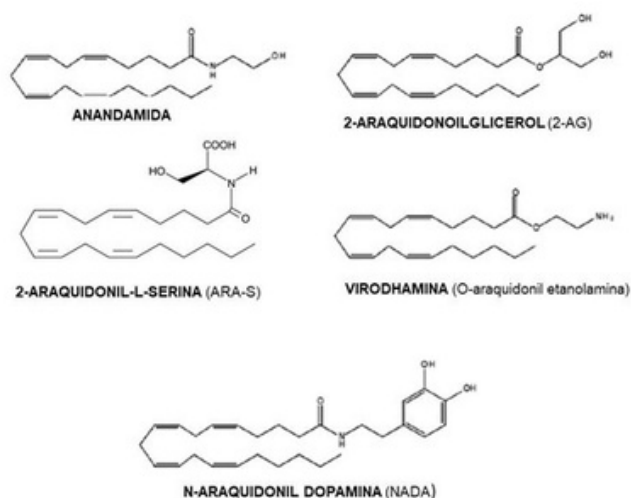


Figura 1. Estructura química de los endocannabinoides

Desde la planta a la farmacia: el cannabis medicinal

El Cannabis sativa es una planta con una gran variedad de moléculas químicas, aproximadamente más de 1000, entre las cuales hay 125 clasificadas como cannabinoides o fitocannabinoides (Hanus et al, 2016; Petzke, et al, 2002). Las moléculas no cannabinoides incluyen los fenoles, flavonoides, terpenos, alcaloides, entre otras. Las moléculas fitocannabinoides mas estudiadas hasta el presente son el THC y cannabidiol (CBD) (Radwan et al 2021; Pretzsch et al, 2019).

En los últimos años, a medida que se fueron modificando el marco legal, los laboratorios farmacéuticos iniciaron la producción del cannabis medicinal farmacéutico en diferentes países, con una variedad de diferentes aceites. Estas diferentes formulaciones farmacéuticas difieren entre sí en composición y genética de la planta. Actualmente, hay tres tipos diferentes de aceite de CBD: de amplio espectro, espectro completo o CBD aislado. Si se utilizan todos los extractos de la planta de Cannabis, incluidos THC, terpenos, flavonoides, aceites esenciales y otros cannabinoides, el extracto se denomina CBD de espectro completo y la concentración de THC debe ser $< 0,3 \%$, también llamado aceite de cannabis enriquecido con CBD (Gallily et al, 2015). El CBD de espectro amplio es similar al espectro completo con la excepción de que no contiene THC (el componente psicoactivo). Finalmente, el aceite de CBD aislado, contiene solo CBD (Harrison et al, 2019).

Actualmente, el cannabis medicinal farmacéutico está siendo el foco de la solución para varias patologías, consecuencia de la promoción de la opinión pública, los medios de comunicación, y por la industria farmacéutica. A diferencia de los medicamentos tradicionales, el uso del cannabis medicinal farmacéutico se basa en evidencias con poco valor científico, y en la medida que los estudios clínicos de alta calidad demuestren su eficacia y seguridad (Fitzcharles et al, 2019), estamos en medio de un camino no habitual en el uso de un medicamento (Fitzcharles et al, 2018)

El cannabis medicinal en el tratamiento del dolor neuropático

En 2020, la IASP (Asociación Internacional para el Estudio del Dolor) propuso una nueva definición: *El dolor es una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada o similar a la asociada con daño tisular real o potencial (Raja et al, 2020)*. El dolor neuropático (DN), es uno de los tipos de dolor crónico más frecuentes, que afectan a millones de personas en el mundo, el cual se estima que es del 7% de la población en general (Bouhassira et al, 2008). La prevalencia está aumentando debido al envejecimiento de la población y al aumento de la prevalencia de la obesidad y la diabetes. La diabetes mellitus es la causa más común de neuropatía periférica en las sociedades occidentales, con una prevalencia de hasta el 30% al 66% (Gregg et al, 2004). El DN aparece como una consecuencia directa de una lesión del nervio o de alguna enfermedad que afecta al sistema somatosensorial (Treede et al, 2008). El DN periférico se puede originar como resultado de la quimioterapia, enfermedades metabólicas (como la neuropatía diabética), enfermedades desmielinizantes (por ejem esclerosis múltiple), enfermedades virales (por ejem, neuralgia posherpética, neuropatía relacionada con el VIH, neuropatía post-infección por COVID-19) o dolor post-cirugía, o DN central (por ejem., después de un accidente cerebrovascular o lesión de la médula espinal) (Attal et al, 2021; Smith et al 2020).

Entre los tratamientos farmacológicos de primera línea recomendados para el DN se encuentran los antidepresivos tricíclicos, como la amitriptilina, los antiepilépticos, como la pregabalina y la gabapentina, y los inhibidores de la recaptación de serotonina-noradrenalina, como la duloxetina (Colloca et al, 2017). Pero estos medicamentos mejoran el dolor con una baja eficacia (30 – 50%) (Finnerrup et al, 2015) y/o tienen efectos adversos que complican la adherencia del tratamiento (Finnerrup et al, 2015).

Si bien algunos estudios informaron que la administración aguda de CBD puede disminuir el dolor nociceptivo en diferentes modelos animales de dolor (Majone et al, 2011; Silveira et al, 2014) otros autores, fallaron en demostrar este efecto sobre el dolor (Chesher et al, 1973; Britch et al, 2017). Incluso una dosis significativamente alta de 200 o 400 mg/kg no mostró un analgésico significativo. (Sofia et al, 1975; Sanders et al, 1979). Estas variaciones en los resultados de estos resultados podrían explicarse por el uso de diferentes modelos animales de dolor, diferentes vías de administración y tipos de proporción de fitocannabinoides.

A pesar de la reciente declaración de la IASP que no fomenta el uso de cannabinoides para el tratamiento del dolor debido a la falta de investigaciones de calidad que refuercen su seguridad y eficacia (IASP, 2021), los resultados positivos y las ventajas sobre otras herramientas farmacológicas son convincentes en la investigación con animales y los ensayos clínicos.

Hasta el presente, hay muy pocos estudios clínicos de buena calidad científica con los diferentes productos obtenidos del cannabis para el tratamiento crónico. La mayoría de las evidencias científicas del uso de cannabis es en el DN.

Los pacientes utilizan cannabis medicinal farmacéutico a través de diferentes vías de administración, como inhalado, vaporizado, buco-aerosol, extracto oleoso y cápsulas, aunque algunos estudios describen que los procedimientos de inhalación pueden presentar riesgos para la salud de los pacientes (Aviram et al, 2017; Maayah et al 2020).

Como se describe en estudios con animales, también en estudios clínicos el CBD de espectro completo, como Sativex®, un spray bucal de CBD:THC 1:1, fue más eficaz para tratar el DN periférico que el THC sintético, como el Dronabinol (Strasser et al, 2006; Schimrigk et al 2017). Nurmikko y cols. (2007) coordinaron un estudio aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo para evaluar las propiedades analgésicas de un extracto de THC:CBD (1:1) en 125 pacientes que tenían síntomas de DN periférico. Durante el tratamiento con el extracto, los individuos continuaron con otra medicación analgésica prescrita previamente. Sesenta y tres pacientes estaban en el grupo de placebo, mientras que 62 hicieron uso del extracto y pudieron determinar su propia dosis, aunque ninguno de ellos tenía más de 48 dosis de aerosol por día. El grupo que fue tratado con el extracto mostró mejores resultados en puntajes de dolor, en comparación con los pacientes del otro grupo. Un anexo del estudio evaluó a los mismos pacientes durante 52 semanas y continuó observando el efecto analgésico del extracto sin ajuste de dosis ni síntomas de toxicidad.

Un estudio más completo y reciente de la plataforma digital de registro electrónico Germain Pain recopiló información anónima relacionada con los enfoques terapéuticos utilizados para el manejo del dolor (Ueberall et al, 2019). Usando las respuestas de un Cuestionario de detección de dolor 7 (PDQ7), los pacientes se agruparon con dolor neuropático nociceptivo, mixto y crónico. Los individuos usaron aerosol bucal de CBD:THC Sativex® 1:1, de 8 a 12 veces al día, durante 12 semanas. Después de 3 meses de Cannabis sp. con el uso de spray, la intensidad del dolor disminuyó al menos a la mitad en el 67,5% de los pacientes, teniendo un mejor efecto en pacientes con dolor neuropático y mixto. Otra información importante de este estudio consiste en la mejora del bienestar de los pacientes después del tratamiento con Sativex®. Esto se midió mediante el cuestionario Aggregated 9-Factor Symptom Relief (ASR-9). El quince por ciento de las personas en el estudio mejoraron al menos el 50 % de los 9 factores y el 56 % de los pacientes mejoraron al menos 5 factores, como estrés, depresión, bienestar y ansiedad, y nuevamente, la mejora fue mayor en pacientes neuropáticos. y pacientes con dolor mixto.

Otra ventaja del uso de productos derivados del cannabis es la disminución significativa o incluso la eliminación de otros medicamentos, como los opioides, del esquema de terapia, conocidas por tener efectos adversos graves. Como lo describen Ueberall y cols. (2019) (Ueberall et al, 2019), un número significativo de pacientes dejó de usar opioides fuertes como estrategia analgésica 12 semanas después de usar extractos de Cannabis. Otras investigaciones clínicas y en animales describen resultados similares en terapias basadas en opioides tras el uso de extractos con Cannabis sp. extractos (Williams et al, 2008; Takakuwa et al, 2020).

Además, el alivio de los síntomas, los pacientes con tratamiento de cannabis medicinal farmacéutico pueden manifestarse algunos efectos adversos. Los más comunes son los trastornos gastrointestinales, desordenes del metabolismo y de la nutrición, aumento del apetito, sedación, fatiga, boca seca, mareos y náuseas (Ueberall et al, 2019; Nurmikko et al, 2007; Lynch et al, 2014). Pocos pacientes describieron efectos adversos relacionados con las propiedades psicoactivas del THC. Un solo paciente describió ansiedad, ataque de pánico y confusión en el estudio de Lynch (Lynch et al, 2014) y solo el 3,6 % de los pacientes describieron ansiedad, confusión y desorientación en el estudio basado en el registro electrónico Germain Pain (Ueberall et al, 2019). mientras que en el estudio de Nurmikko y cols. (2007) los participantes no mencionaron síntomas psicoactivos.

En general, la mayoría de los efectos adversos son de leves a moderados y están directamente relacionados con la dosis de THC del producto utilizado en estas investigaciones, además de la modulación del sistema endocannabinoides en otros órganos y sistemas. Sin embargo, es importante resaltar que, en todos los estudios clínicos citados, los pacientes con antecedentes de trastornos psicóticos fueron excluidos del estudio.

Es evidente que se necesitan más estudios clínicos de buena calidad de evidencia, que sean comparables, y que aporten una mejor evidencia científica sobre la eficacia y seguridad del uso del cannabis medicinal farmacéutico para el tratamiento del dolor neuropático.

Referencias bibliográficas

- [1] Attal N. (2021) Potential for increased prevalence of neuropathic pain after the COVID-19 pandemic. *Pain Rep* 6(1).
- [2] Aviram, J., and Samuelly-Leichtag, G. (2017). Efficacy of Cannabis-based medicines for pain management: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pain Physician* 20, E755–E796.
- [3] Bidaut-Russell M, Devane WA, Howlett AC. (1990). Cannabinoid receptors and modulation of cyclic AMP accumulation in the rat brain. *J. Neurochem.* 55:21–26).
- [4] Bouhassira D, Lanteri-Minet M, Attal N, Laurent B, Touboul C. (2008) Prevalence of chronic pain with neuropathic characteristics in the general population. *Pain* 136(3):380–387.
- [5] Britch SC, Wiley JL, Yu Z, Clowers BH, Craft RM. (2017) Cannabidiol- Δ^9 -tetrahydrocannabinol interactions on acute pain and locomotor activity. *Drug Alcohol Depend.* 175:187-197
- [6] Britch SC, Wiley JL, Yu Z, Clowers BH, Craft RM. (2017) Cannabidiol- Δ^9 -tetrahydrocannabinol interactions on acute pain and locomotor activity. *Drug Alcohol Depend.* 1;175:187-197.

- [7] Cannabis-In-Cachexia-Study-Group, Strasser, F., Luftner, D., Possinger, K., Ernst, G., Ruhstaller, T., et al. (2006). Comparison of orally administered cannabis extract and delta-9-tetrahydrocannabinol in treating patients with cancer-related anorexia-cachexia syndrome: a multicenter, phase III, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial from the Cannabis-In-Cachexia-Study-Group. *J. Clin. Oncol.* 24, 3394–3400.
- [8] Chesher GB, Dahl CJ, Everingham M, Jackson DM, Marchant-Williams H, Starmer GA. (1973) The effect of cannabinoids on intestinal motility and their antinociceptive effect in mice. *Br J Pharmacol.* 49(4):588-94).
- [9] Chesher GB, Dahl CJ, Everingham M, Jackson DM, Marchant-Williams H, Starmer GA. (1973) The effect of cannabinoids on intestinal motility and their antinociceptive effect in mice. *Br J Pharmacol.* 49(4):588-94.
- [10] Colloca L, Ludman T, Bouhassira D, Baron R, Dickenson AH, Yarnitsky D, Freeman R, Truini A, Attal N, Finnerup NB, Eccleston C, Kalso E, Bennett DL, Dworkin RH, Raja SN. (2017) Neuropathic pain. *Nat Rev Dis Primers.* 201 16;3:17002.
- [11] Devane WA, Dysarz FA (1988) 3rd, Johnson MR, Melvin LS, Howlett AC. Determination and characterization of a cannabinoid receptor in rat brain. *Mol. Pharmacol.* 34:605–13.
- [12] Devane WA, Hanus L, Breuer A, Pertwee RG, Stevenson LA, et al. (1992). Isolation and structure of a brain constituent that binds to the cannabinoid receptor. *Science* 258:1946–49.
- [13] Evans, F. J. (1991). Cannabinoids: the separation of central from peripheral effects on a structural basis. *Planta Med.* 57(Suppl.), 60–67.
- [14] Ferrè, L., Nuara, A., Pavan, G., Radaelli, M., Moiola, L., Rodegher, M., et al. (2016). Efficacy and safety of nabiximols (Sativex®) on multiple sclerosis spasticity in a real-life Italian monocentric study. *Neurol. Sci.* 37, 235–242
- [15] Finn, D. P et al. (2004) Effects of coadministration of cannabinoids and morphine on nociceptive behaviour, brain monoamines and HPA axis activity in a rat model of persistent pain. *Eur. J. Neurosci.* 19, 678–686.

- [16] Finn, D. P et al. (2004) Effects of coadministration of cannabinoids and morphine on nociceptive behaviour, brain monoamines and HPA axis activity in a rat model of persistent pain. *Eur. J. Neurosci.* 19, 678–686.
- [17] Finnerup NB, Attal N, Haroutounian S, et al. (2015) Pharmacotherapy for neuropathic pain in adults: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol.* 2015;14:162–173.
- [18] Fitzcharles MA, Eisenberg E. (2018) Medical cannabis: a forward vision for the clinician. *Eur J Pain.* ;22(3):485-91.
- [19] Fitzcharles MA, Shir Y, Häuser W. (2019) Medical cannabis: strengthening evidence in the face of hype and public pressure. *CMAJ.* 2019;191(33).
- [20] Gallily R, Yekhtin Z, Ondřej Hanuš L. (2015) Overcoming the Bell-Shaped Dose-Response of Cannabidiol by Using Cannabis Extract Enriched in Cannabidiol. *Pharmacology & Pharmacy*, 6, 75-85.
- [21] Gallily R, Yekhtin Z, Ondřej Hanuš L. (2015) Overcoming the Bell-Shaped Dose-Response of Cannabidiol by Using Cannabis Extract Enriched in Cannabidiol. *Pharmacology & Pharmacy*, 6, 75-85
- [22] Gaoni Y, Mechoulam R. (1964) Isolation, structure and partial synthesis of active constituent of hashish. *Journal of the American Chemical Society* 86(8): 1646–1647.
- [23] Genaro K, Fabris D, Arantes ALF, Zuardi AW, Crippa JAS, Prado WA. (2017). Cannabidiol Is a Potential Therapeutic for the Affective-Motivational Dimension of Incision Pain in Rats. *Front Pharmacol.* 21;8:391.
- [24] Gobbi G, Bambico FR, Mangieri R, Bortolato M, Campolongo P, et al. (2005). Antidepressant-like activity and modulation of brain monoaminergic transmission by blockade of anandamide hydrolysis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102:18620–25.
- [25] Gonçalves TCT , Londe AK, Albano RIP, De Araújo Júnior AT, De Aguiar Azeredo M, Biagioni AF, Thiago Vasconcellos THF, et al. (2014) Cannabidiol and Endogenous Opioid Peptide-Mediated Mechanisms Modulate Antinociception Induced by Transcutaneous Electrostimulation of the Peripheral Nervous System. *Journal of the Neurological Sciences* 347 (1–2): 82– 89.

- [26] Gregg E.W, Sorlie P, Paulose-Ram R. et al. (2004) Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population ≥ 40 years of age with and without diabetes: 1999-2000 National Health and Nutrition Examination Survey. *Diabetes Care* 7: 1591-1597
- [27] Hanuš L. O.; Meyer S. M.; Munoz E.; Tagliatela-Scafiti O.; Appendino G. (2016) Phytocannabinoids: a unified critical inventory. *Nat. Prod. Rep.* 33, 1357–1392.
- [28] Harrison J, VanDolah BA, Brent A, Bauer MD, Karen F, Mauck MD. (2019) Clinicians' Guide to Cannabidiol and Hemp Oils. *Mayo Clin Proc.* 94(9):1840-1851.
- [29] Herkenham M, Lynn AB, de Costa BR, Richfield EK. (1991). Neuronal localization of cannabinoid receptors in the basal ganglia of rat. *Brain Res.* 547:267–74.
- [30] Herkenham M, Lynn AB, Little MD, Johnson MR, Melvin LS, et al. (1990) Cannabinoid receptor localization in brain. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 87:1932–36.
- [31] Hill MN, Miller GE, Carrier EJ, Gorzalka BB, Hillard CJ. (2009). Circulating endocannabinoids and N-acyl ethanolamines are differentially regulated in major depression and following exposure to social stress. *Psychoneuroendocrinology* 34:1257–62.
- [32] Huang SM, Bisogno T, Trevisani M, Al-Hayani A, De Petrocellis L, Fezza F, Tognetto M, Petros TJ, Krey JF, Chu CJ, Miller JD, Davies SN, Geppetti P, Walker JM, Di Marzo V. (2002) An endogenous capsaicin-like substance with high potency at recombinant and native vanilloid VR1 receptors. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 99(12):8400-5.
- [33] IASP Presidential Task Force on Cannabis and Cannabinoid Analgesia, 2021= International Association for the Study of Pain presidential task force on cannabis and cannabinoid Analgesia position statement. *Pain* 162(Suppl. 1), S1–S2.
- [34] Langford, R. M., Mares, J., Novotna, A., Vachova, M., Novakova, I., Notcutt, W., et al. (2013). A double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group study of THC/CBD oromucosal spray in combination with the existing treatment regimen, in the relief of central neuropathic pain in patients with multiple sclerosis. *J. Neurol.* 260, 984–997.

- [35] Lynch, M. E., Cesar-Rittenberg, P., and Hohmann, A. G. (2014). A double-blind, placebo-controlled, crossover pilot trial with extension using an oral mucosal cannabinoid extract for treatment of chemotherapy-induced neuropathic pain. *J. Pain Symptom Manage.* 47, 166–173.
- [36] Maayah, Z. H., Takahara, S., Ferdaoussi, M., and Dyck, J. R. B. (2020). The molecular mechanisms that underpin the biological benefits of full-spectrum cannabis extract in the treatment of neuropathic pain and inflammation. *Biochim. Biophys. Acta Mol. Basis Dis.* 1866:165771.
- [37] Maione, S, Piscitelli F, Gatta L, Vita D, De Petrocellis, L, Palazzo E, De Novellis V, Di Marzo V. (2011) Non-Psychoactive Cannabinoids Modulate the Descending Pathway of Antinociception in Anaesthetized Rats through Several Mechanisms of Action. *British Journal of Pharmacology* 162 (3): 584–96.
- [38] Matsuda LA, Lolait SJ, Brownstein MJ, Young AC, Bonner TI. (1990). Structure of a cannabinoid receptor and functional expression of the cloned cDNA. *Nature* 346:561–64.
- [39] Mechoulam R, Ben-Shabat S, Hanus L, Ligumsky M, Kaminski NE, et al. (1995). Identification of an endogenous 2-monoglyceride, present in canine gut, that binds to cannabinoid receptors. *Biochem. Pharmacol.* 50:83–90
- [40] Mechoulam, Raphael (1970) Marijuana Chemistry. *Science* 168 (3936) 1970: 1159–66.
- [41] Milman G, Maor Y, Abu-Lafi S, Horowitz M, Gallily R, Batkai S, Mo FM, Offertaler L, Pacher P, Kunos G, Mechoulam R. (2006) N-arachidonoyl L-serine, an endocannabinoid-like brain constituent with vasodilatory properties. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103(7):2428-33.
- [42] Munro S, Thomas KL, Abu-Shaar M. (1993). Molecular characterization of a peripheral receptor for cannabinoids. *Nature* 365:61–65.
- [43] Nascimento et al. (2020). Cannabidiol increases the nociceptive threshold in a preclinical model of Parkinson's disease. *Neuropharmacology*. 163:107808.

- [44] Nurmikko, T. J., Serpell, M. G., Hoggart, B., Toomey, P. J., Morlion, B. J., and Haines, D. (2007). Sativex successfully treats neuropathic pain characterised by allodynia: a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Pain* 133, 210–220.
- [45] Nurmikko, T. J., Serpell, M. G., Hoggart, B., Toomey, P. J., Morlion, B. J., and Haines, D. (2007). Sativex successfully treats neuropathic pain characterised by allodynia: a randomised, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Pain* 133, 210–220.
- [46] Okusanya, B. O., Asaolu, I. O., Ehiri, J. E., Kimaru, L. J., Okechukwu, A., Rosales, C. (2020). Medical cannabis for the reduction of opioid dosage in the treatment of non-cancer chronic pain: a systematic review. *Syst. Rev.* 9:167.
- [47] Pertwee RG, Howlett AC, Abood ME, Alexander SP, Di Marzo V, et al. (2010). International Union of Basic and Clinical Pharmacology. LXXIX. Cannabinoid receptors and their ligands: beyond CB and CB. *Pharmacol. Rev.* 62:588–631.
- [48] Pertwee RG, Howlett AC, Abood ME, Alexander SP, Di Marzo V, et al. (2010). International Union of Basic and Clinical Pharmacology. LXXIX. Cannabinoid receptors and their ligands: beyond CB and CB. *Pharmacol. Rev.* 62:588–631.
- [49] Petzke F, Tölle T, Fitzcharles MA, Häuser W. (2022) Cannabis-Based Medicines and Medical Cannabis for Chronic Neuropathic Pain. *CNS Drugs*.36(1):31-44.
- [50] Porter AC, Sauer J-M, Knierman MD, Becker GW, Berna MJ, Bao J, Nomikos GG, Carter P, Bymaster FP, Leese AB, and Felder CC (2002). Characterization of a novel endocannabinoid, virodhamine, with antagonist activity at the CB1 receptor. *J. Pharmacol. Exp. Ther* 301, 1020–1024.
- [51] Pretzsch et al. (2019) Effects of cannabidivarin (CBDV) on brain excitation and inhibition systems in adults with and without Autism Spectrum Disorder (ASD): a single dose trial during magnetic resonance spectroscopy. *Translational Psychiatry* 9:313.

- [52] Radwan MM et al. (2021) Cannabinoids, Phenolics, Terpenes and Alkaloids of Cannabis. *Molecules*. 2021 May 8;26(9):277
- [53] Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, Keefe FJ, Mogil JS, Ringkamp M, Sluka KA, Song XJ, Stevens B, Sullivan MD, Tutelman PR, Ushida T, Vader K. (2020) The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*. 1;161(9):1976-1982.
- [54] Sanders, J., Jackson, D. M., and Starmer, G. A. (1979) Interactions among the cannabinoids in the antagonism of the abdominal constriction response in the mouse. *Psychopharmacology* 61, 281–285.
- [55] Sanders, J., Jackson, D. M., and Starmer, G. A. (1979) Interactions among the cannabinoids in the antagonism of the abdominal constriction response in the mouse. *Psychopharmacology* 61, 281–285.
- [56] Schimrigk, S., Marziniak, M., Neubauer, C., Kugler, E. M., Werner, G., and Abramov-Sommariva, D. (2017). Dronabinol is a safe long-term treatment option for neuropathic pain patients. *Eur. Neurol.* 78, 320–329.
- [57] Silveira JW et al. (2014) Protective Effects of Cannabidiol on Lesion-Induced Intervertebral Disc Degeneration. *PLoS One*. 17;9(12):e113161.)
- [58] Smith BH, Hébert HL, Veluchamy A. (2020) Neuropathic pain in the community: prevalence, impact, and risk factors. *Pain* 161 Suppl 1:S127-S137.
- [59] Smith PB, Compton DR, Welch SP, Razdan RK, Mechoulam R, Martin BR (1994). The pharmacological activity of anandamide, a putative endogenous cannabinoid, in mice. *J Pharmacol Exp Ther*. Jul;270(1):219-27
- [60] Sofia RD, Vassar HB, Knobloch LC. (1975) Comparative Analgesic Activity of Various Naturally Occurring Cannabinoids in Mice and Rats. *Psychopharmacologia*. 40:285–295.
- [61] Stella N, Schweitzer P, Piomelli D. (1997). A second endogenous cannabinoid that modulates long-term potentiation. *Nature* 388:773–78.

- [62] Sugiura T, Kondo S, Sukagawa A, Nakane S, Shinoda A, et al. (1995). 2-arachidonoylglycerol: a possible endogenous cannabinoid receptor ligand in brain. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 215:89–97.
- [63] Takakuwa, K. M., and Sulak, D. (2020). A survey on the effect that medical cannabis has on prescription opioid medication usage for the treatment of chronic pain at three medical cannabis practice sites. *Cureus* 12:e11848.
- [64] Treede RD, Jensen TS, Campbell JN, Cruccu G, Dostrovsky JO, Griffin JW, Hansson P, Hughes R, Nurmikko T, Serra J. (2008) Neuropathic pain: redefinition and a grading system for clinical and research purposes. *Neurology* 70:1630–5.
- [65] Ueberall, M. A., Essner, U., and Mueller-Schwefe, G. H. (2019). Effectiveness and tolerability of THC:CBD oromucosal spray as add-on measure in patients with severe chronic pain: analysis of 12-week open-label real-world data provided by the German Pain e-Registry. *J. Pain Res.* 12, 1577–1604.
- [66] Williams, J., Haller, V. L., Stevens, D. L., and Welch, S. P. (2008). Decreased basal endogenous opioid levels in diabetic rodents: effects on morphine and delta-9-tetrahydrocannabinoid-induced antinociception. *Eur. J. Pharmacol.* 584, 78–86



Área de Entomología

Detección de la bacteria *Xylella fastidiosa* en olivos y almendros del NOA, a través de métodos serológicos

Peñaloza, Oscar¹; Paradell, Susana²; Haelterman, Raquel³; Tolocka, Patricia⁴

¹Universidad Nacional de La Rioja – CENIIT- DACEFyN

²División Entomología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP).

³⁴Instituto de Patología Vegetal (IPAVE – CIAP - INTA);

opealoz@gmail.com

Resumen

Xylella fastidiosa Wells et al, es el agente causal de diversas enfermedades en cultivos económicamente importantes, a los que produce severas afecciones, presentando un amplio rango de hospederos, entre ellos, el cultivo de olivo. Argentina es el primer productor de olivo (*Olea europaea* L.) en América del Sur, con una superficie cultivada de alrededor de 105.000 hectáreas, liderando la producción las provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan. A través de pruebas serológicas se logró confirmar la presencia de esta bacteria en olivos de Aimogasta (La Rioja) y almendros de Valle Viejo (Catamarca). También se procedió a la divulgación de la problemática causada por la bacteria destinada a técnicos, extensionistas y público en general.

Palabras clave: diagnóstico serológico, bacteria xilemática

Introducción

Antecedentes

Xylella fastidiosa (Xf) Wells et al., 1987, es el agente causal de diversas enfermedades en cultivos económicamente importantes a los que produce severas afecciones. La bacteria es nativa del continente americano, detectándose en Europa en el año 2013, en olivos del sur de Italia (Apulia). Posteriormente se la reportó en España en el 2015, Francia en el 2016 y norte de Portugal en el 2019.

X. fastidiosa es una especie genéticamente diversa presentando las siguientes subespecies: *fastidiosa*, *pauca*, *multiplex*, *sandyi*, *morus* y *tashke* (Schaad et al., 2004; Schuenzel et al., 2005). La enfermedad de Pierce de la vid (PD), la escaldadura de las hojas del almendro (ALS), el “Phony Peach” del duraznero (PPD), y la escaldadura de la hoja en ciruelas (PLS) son ejemplos de enfermedades causadas por esta bacteria (Fletcher & Wayadande 2002).

En Brasil, Argentina y Paraguay, *Xf* causa la Clorosis Variegada de los Cítricos (CVC); en Brasil también fue identificada como el agente causal de la enfermedad de la quemadura de la hoja del café (CLS) (Rosato et al., 1998; De Lima et al., 1996). La subespecie presente en estos cultivos es *pauca*.

Hasta 2010 el olivo no había sido mencionado como hospedador en la literatura, sin embargo, la aparición de síntomas de quemadura en plantas de olivo potencialmente causada por *Xf* en la zona de Los Ángeles, (California) condujo a una serie de estudios para probar el rol de esta bacteria como agente causal de la enfermedad, “Olive Leaf Scorch Disease (OLSD)” (Krugner et al., 2010), siendo la subespecie *multiplex* la detectada en California. En Italia, los resultados obtenidos hasta el momento detectaron la subespecie *pauca* en los olivos afectados, la misma que provoca la CVC y la CLS en Sudamérica (Cariddi et al., 2014). Si bien la relación patógeno-hospedero que conlleva a la expresión de los síntomas de la enfermedad no está completamente dilucidada, la sintomatología asociada con la infección de *X. fastidiosa* sugiere, que una población elevada de la bacteria interrumpe la conducción de agua y nutrientes, causa necrosis en las hojas, aumenta la susceptibilidad de la planta y en consecuencia su productividad disminuye (Fletcher & Wayadande, 2002).

Esta bacteria presenta un amplio rango de hospederos, que incluye más de 650 especies silvestres (EFSA, 2022) entre las cuales se encuentran numerosas plantas cultivadas y asociadas a los cultivos, en su mayoría portadoras asintomáticas de la bacteria que mantienen el inóculo en el sistema (Hill & Purcell, 1995). Esto se debe a su baja especificidad de transmisión y el hábito polífago de la mayoría de sus vectores (Almeida, 2008).

La bacteria se ubica exclusivamente en el xilema de las plantas y se transmite por injertos y estacas si el material de propagación se encuentra infectado y de una planta a otra mediante insectos vectores denominados chicharritas del orden Hemiptera, Familias Cicadellidae y Cercopidae (Redak et al., 2004). La Familia Cicadellidae es un grupo de insectos del Orden Hemiptera, exclusivamente fitófagos, conocidos mundialmente como “leafhoppers” (chicharritas), de distribución cosmopolita, reuniendo aproximadamente 22.000 especies (Mc Kamey, 2002) incluidas en 38 subfamilias (Oman et al., 1990; Dietrich & Rakitov, 2022) de las cuales 20 se encuentran en la Región Neotropical (Freytag & Sharkey, 2002). La subfamilia Cicadellinae dentro de Cicadellidae, representa un grupo relevante debido a la potencialidad vectora de todas sus especies, habiéndose reportado hasta el presente 44 de ellas como vectores (experimentales) de distintas cepas de la bacteria *Xf* (Redak et al., 2004; Yamamoto et al., 2007).

Estos insectos, al alimentarse de una planta infectada, adquieren la bacteria y, por tratarse de un patógeno persistente no circulativo, pueden transmitirlo durante toda la vida (Purcell & Finlay, 1979; Hill & Purcell, 1995b).

La familia Cicadellidae constituye un grupo de gran importancia fitosanitaria, ya que muchas de las especies pueden causar daños directos, debido a la alimentación y oviposición, o indirectos, al ser vectores de patógenos, como virus y bacterias.

Hasta el presente, alrededor de 200 especies de Cicadellidae son vectores en el mundo, provocando diferentes afecciones a los cultivos de importancia económica (Redak et al., 2004, Dietrich, 2013). A pesar del descubrimiento de vectores en otros taxa, los Cicadellinae siguen siendo considerados los transmisores más importantes de *X. fastidiosa* con el mayor número de vectores identificados hasta el momento (Redak et al., 2004; Yamamoto et al., 2007).

En Sudamérica, fueron identificadas 12 especies vectoras (Redak et al., 2004; Yamamoto et al., 2007) de las cuales 10 se encuentran presentes en la Argentina asociadas a cítricos afectados por CVC en las provincias de Misiones y Entre Ríos, respectivamente (Remes Lenicov et al., 1999; Dellapé, 2013). En el noroeste, estudios llevados a cabo por el grupo de investigación del Museo de La Plata (MLP) (Paradell, 1995; Remes Lenicov et al., 1997; Remes Lenicov et al., 2006; Paradell et al., 2012, Defea 2018, Defea et al. 2022) demuestran la presencia de numerosas especies entre las cuales se encuentran las especies comprobadas vectoras de la bacteria Xf.

Se ha podido constatar, un aumento en los daños producidos por cicadélidos en diferentes cultivos del género *Prunus*, especialmente asociados a almendros en distintas localidades de España y en países limítrofes (Torres et al., 2000).

Por otro lado, asociados a olivos *Olea* sp., en Europa, principalmente en Italia, se han hallado insectos alimentadores de xilema, particularmente cicadélidos, como potenciales vectores de patógenos (EFSA, 2013).

Agroecosistema “Olivo”

Desde hace 15 años la olivicultura mundial se encuentra en un proceso de evolución continua. La Argentina es el primer productor de olivo (*Olea europaea* L.) en América del Sur con una superficie cultivada de alrededor de 105.000 hectáreas,



Figura 1. Planta de olivo de Aimogasta (La Rioja) con síntomas de *X. fastidiosa*

de las cuales el 70% está implantado bajo riego, en las provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan liderando la producción, seguidas por Mendoza, Córdoba, Buenos Aires, Río Negro y San Luis (Ministerio de Agricultura de la Nación, 2019). Con el núcleo productivo en el noroeste argentino, la olivicultura, es uno de los sectores productivos más antiguos y representativos de la provincia de La Rioja y de la historia aceitunera nacional y de conserva, desarrollada principalmente en el departamento Arauco, lugar de origen del cultivar homónimo de mayor difusión en el país (Programa de Producción Olivícola.mht).

Esto posicionaría a la Argentina a nivel mundial en el décimo lugar por superficie dedicada a la producción de aceite de oliva y ocupa el quinto lugar de exportadores de aceite, después de la Unión Europea, Túnez, Siria y Turquía. Respecto de los principales destinos de exportación, se destaca Brasil, seguido de Estados Unidos, Uruguay, Chile y Venezuela, entre otros.

Agroecosistema “Almendro”

En lo que respecta a la superficie cultivada de almendro (*Prunus amygdalus* Basch) en la Argentina alcanza a unas 4.200 ha. Las provincias productoras más importantes son Mendoza (2580 ha), San Juan (572 ha) y La Rioja (498 ha hasta el año 2019), también se produce en Salta, Rio Negro y Neuquén (Iannamico, 2015). La producción tiene por destino el mercado interno y es insuficiente para abastecerlo. En la actualidad se producen 2480 tn importando entre el 70 y el 80% de su consumo (Raigón, 2014).

Es una especie que se destaca por su alta demanda en el mercado nacional e internacional y con una tendencia de incremento de consumo, debido a sus características nutritivas (Iannamico, 2015).

Situación de *Xylella fastidiosa* en Argentina

En 2014, investigadores del Instituto de Patología Vegetal IPAVE CIAP-INTA Córdoba y SENASA La Rioja, detectaron la bacteria Xf en olivos de la variedad Arauco, una de las especies más requerida en el mercado y cultivada en la zona de Aimogasta (La Rioja) y Cruz del Eje (Córdoba) (Roca et al., 2014; Tolocka et al., 2014).

Anteriormente el grupo identificó por primera vez esta bacteria en montes de almendro de la provincia de Catamarca (Nome et al., 1992), realizando posteriormente los estudios sobre las malezas reservorio de la bacteria (Haelterman et al., 1995). En ese tiempo se experimentó el aislamiento de la bacteria en medios específicos y la transmisión a almendros a través de injertos de púas, pero no se pudo transmitir. En 1991, Brlansky et al., detectaron la bacteria en cítricos, donde causa la Clorosis Variegada (CVC) en Misiones, Corrientes y Entre Ríos.

Los primeros diagnósticos se realizaron con técnicas serológicas y de microscopia electrónica en IPAVE, posteriormente, se pusieron a punto las técnicas de diagnóstico moleculares a través de PCR convencional y en tiempo real.

La sintomatología observada en las plantas de olivo infectadas con la bacteria mostraban en la copa y “chupones” algunas ramas con hojas secas en el extremo, mientras que las basales presentaban el ápice necrosado denominado punta de flecha (PF), coincidente a la observada previamente en EEUU, California (Krugner et al., 2010) e Italia (Salento, Puglia)

En el caso de almendro los síntomas son el secado del borde de la hoja (quemado), y seca de ramas



**Figura 2. Plantas de Almendros (Valle Viejo – Catamarca)
con síntomas de Xylella fastidiosa**

Debido a que la sintomatología ocasionados por Xf no es específica solamente de la bacteria, sino que puede estar producida por otros agentes bióticos (hongos) y también abióticos (déficit nutricional, salinidad, heladas, etc) es necesario confirmar la presencia de la misma a través de un diagnóstico serológico o molecular. El diagnóstico serológico tiene buena sensibilidad y es muy útil para analizar gran número de muestras en poco tiempo. En base a ello y para difundir y hacer conocer estas enfermedades, se plantearon los diferentes objetivos.

Objetivos

- Detectar a través de técnicas serológicas, la bacteria Xylella fastidiosa en plantas de olivo, y almendro con sintomatología sospechosa de infección.
- Generar instrumentos que permitan divulgar los conocimientos a medida que avancen las investigaciones (claves de vectores, catálogos ilustrativos, etc.) destinados a técnicos y extensionistas.

Este trabajo forma parte de una Tesis Doctoral en curso, titulada “Diversidad de cicadélidos “chicharritas” (Insecta-Hemiptera-Auchenorrhyncha) potenciales vectores de *Xylella fastidiosa* asociados a agroecosistemas de olivos y almendros en el NOA”. Teniendo en cuenta la importancia y potencialidad para nuestro país y si bien se cuenta con información reciente referida a la taxocenosis de los cicadélidos asociados al agroecosistema olivícola en La Rioja (Defea et al. 2019; Calahorra 2023), falta aún dar a conocer los cicadélidos en otras zonas productoras del NOA, por otro lado, el conocimiento de la taxocenosis es nulo aún en el agroecosistema almendro, por todo ello, es imprescindible recabar información de base que permita planificar investigaciones ajustadas a un plan de manejo integrado para esta enfermedad emergente.

Materiales y métodos

Para el análisis serológico, se emplearon muestras de olivo de plantas variedad Arauco, de tres unidades productivas de la localidad de Aimogasta - La Rioja; y una explotación de almendros de Valle Viejo - Catamarca. Ambas unidades productivas, con evidentes síntomas de la presencia de Xf. Las muestras fueron cuidadosamente conservadas en heladera hasta el momento de análisis.

Atendiendo al segundo objetivo planteado, se participó en eventos académicos programados por Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de La Rioja (Jornadas que se realizan anualmente) y diferentes ponencias en las Sede Universitarias del Interior (Villa Unión y Chepes y Aimogasta), dirigidas a productores y alumnos de Carreras afines a la producción agrícola.

1. Análisis serológicos

Toma de muestras

Para la obtención de las muestras de olivo, se realizaron muestreos dirigidos sobre plantas sintomáticas, principalmente en montes tradicionales de más de 50 años, preferentemente de la variedad Arauco, efectuando recorridos a campo, evaluando mediante observaciones visuales el estado sanitario de las plantaciones en búsqueda de síntomas de declinamiento, ramas con hojas secas en el extremo y hojas basales con el ápice necrosado, llamado punta de flecha (PF).

En el caso de almendro se realizaron también muestreos dirigidos buscando en las plantaciones presencia de ramas secas y hojas con escaldadura (quemado) en el borde.

El trabajo de laboratorio se inició realizando una apreciación visual de los síntomas sospechosos por la bacteria Xf en las ramas recolectadas guiado por la Ing. Agr (Dra) Patricia Tolocka, de IPAIVE-INTA, evaluando los síntomas presentes en ramas y hojas como necrosis apical, clorosis, deformación, coloración verde opaco.

Desarrollo de la técnica serológica

La técnica serológica que se utilizó fue DAS-ELISA, realizada en placas de poliestireno. Los reactivos utilizados fueron del laboratorio AGDIA y los producidos en IPAIVE. Se siguió el protocolo propuesto por el laboratorio AGDIA.

En primer lugar se elaboraron los tampones correspondientes para el desarrollo del protocolo de la Técnica DAS ELISA.

1. Tampón PBS 10 x (Tampón fosfato salino) (g/l)

ClNa	80
KH ₂ PO ₄	2.0
Na ₂ HPO ₄	11.5
KCl	2.0
NaN ₃	2.0

2. Tampón cobertura o coating (gr/l)

Na ₂ CO ₃	1.50
NaHCO ₃	2.93
NaN ₃	0.2

Nota: importante el pH se lleva a 9.6 para la adsorción de las IgG específicas de Xf en cada celdilla

3. Tampón extracción (para moler las muestras)

PBS 1x	1 litro
Tween-20	0.5 ml
PVP 40.000	20 gr (Polivinil pirrolidona)
Sulfito de Sodio	1.4 gr

Nota: agregar en el momento de usar 2% de leche, llevar a pH 7.4

4. Tampón de lavado

PBS 1x ----- 1Litro
Tween - 20 ----- 0.5 ml/litro

Se analizaron doce muestras de olivo y cuatro de almendro. Las muestras consistieron en 0.3-0.5 g de pecíolos y nervadura principal de hojas sintomáticas y se colocaron en bolsitas de moler, anotando los datos de cada planta. Se maceró el tejido vegetal con el tampón extracción en una dilución 1/10 (P/V) y atendiendo la constante presencia de frío en las bolsitas con las muestras (una bolsa por muestra), evitando oxidación que podría alterar los resultados. Se utilizaron 2 repeticiones por muestras y por placa, incorporando 6 testigos sanos de olivo y/o almendro y empleando como testigo enfermo muestras positiva previamente corroboradas por técnicas serológicas y moleculares.

Etapas de la técnica DAS ELISA

1. Sensibilización de la placa

Diluir la IgG en la dilución 1/200 (V/V) con el tampón cobertura, colocando 100 ul de esa dilución en cada celdilla de la placa de poliestireno, en cámara húmeda (para evitar su deshidratación) durante 4 horas a estufa a 28°C.

Lavado: después de ese tiempo, se lava la placa vaciándola fuertemente, luego llenando las celdillas con el tampón de lavado, dejar reposar unos minutos y vaciar la placa nuevamente (lavados de 3 a 5 minutos). Este proceso se repite 4 veces, golpeando sobre toalla de papel para eliminar restos del tampón de lavado y burbujas presentes.

2. Siembra del antígeno

Luego de los lavados correspondientes se realiza la siembra de las muestras maceradas (antígeno) con tampón de extracción, En total se sembraron 16 muestras por duplicado cada una. El protocolo sugiere el empleo de 6 testigos sanos y 2 testigos enfermos, como controles negativos y positivos respectivamente, la placa se mantiene a 4°C en cámara húmeda durante toda la noche.

Lavado: se lava de la forma descripta, 5 a 6 veces, hasta que no queden restos vegetales.

3. Agregado del conjugado enzimático

Luego, se realiza la siembra del conjugado enzimático que es la IgG unida a la enzima fosfatasa alcalina, diluyendo la misma en tampón extracción en dilución 1/200 (V/V), agregando 100 ul en cada celdilla de la placa, menos en los blancos que va solamente el tampón correspondiente en cada etapa. Se lleva a estufa 4 hs. a 28°C. de incubación.

Lavado: se procedió al lavado correspondiente como se mencionó anteriormente (4 lavados de 3 minutos c/u.)

4. Agregado de sustrato

Por último se realizó la adición del sustrato, disolviendo 0.75 mg/ml de P-nitrofenifosfato (PNpP) en tampón sustrato, y se siembra 100 ul. en cada celdilla, se deja en oscuridad y se lee en un lector de ELISA BIO RAD a 405 nm de longitud de onda cada 15 minutos.

Análisis de los resultados

a. En cuanto a los estudios de laboratorio la muestra se consideró positiva cuando existe un cambio de color que vira de transparente a coloración amarilla (esto es debido a que la enzima del conjugado degrada al sustrato). Si por lo contrario sigue transparente, la muestra se considera negativa. Se consideró como umbral para separar las muestras enfermas y sanas fue cuando el valor de absorbancia superó dos veces la media de los testigos sanos.

b. Divulgación de conocimientos

Atendiendo al segundo objetivo planteado, se participó en eventos académicos programados por Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de La Rioja (Jornadas que se realizan anualmente) y diferentes ponencias en las Sede Universitarias del Interior (Villa Unión y Chepes y Aimogasta), dirigidas a productores y alumnos de Carreras afines a la producción agrícola.

Resultados y discusión

a. Análisis serológico

La placa se leyó hasta la hora de reacción. Los testigos sanos permanecieron sin color mientras que los testigos enfermos fueron los primeros en reaccionar, llegando a valores de absorbancia por encima de 2 a 405nm de longitud de onda.

Para calcular el umbral de corte y determinar sano/enfermo, se promediaron las lecturas de absorbancia de los testigos sanos y se duplicó el valor. Todo lo que estuvo por encima se consideró reacción positiva.

De las doce muestras analizadas de olivo, siete resultaron positivas para Xf , las cinco restantes fueron consideradas negativas.

En el caso de almendro, el total de las muestras analizadas (cuatro) fueron positivas para la bacteria.

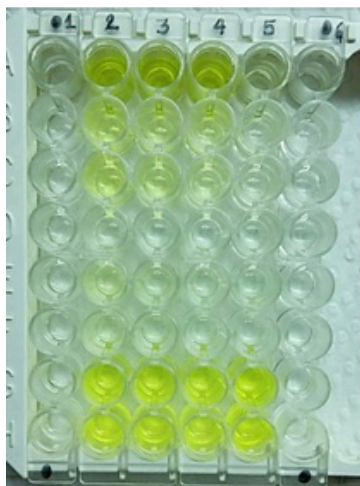


Figura 3. DAS ELISA de *X. fastidiosa* en olivos de Aimogasta, La Rioja. Foto: P. Tolocka

Las lecturas de absorbancia de las muestras variaron entre 0.6 y 1.2 a 405nm. Si bien la técnica es cualitativa (determina enfermo/sano) podemos inferir que los valores de absorbancia obtenidos revelan una concentración de bacterias relativamente alta en las plantas analizadas.

Las plantas que resultaron negativas también tenían síntomas sospechosos, lo que muestra la importancia de corroborar el diagnóstico visual con alguna prueba de laboratorio, en este trabajo fue serológica. En el caso de olivo, la variedad Arauco es la que se observa mucho más afectada en los montes de Aimogasta, no sólo con *X. fastidiosa* sino también con otros patógenos (hongos), provocando la enfermedad llamada Verticilosis.

b. Divulgación de conocimientos

La participación en eventos académicos, resultó por demás positiva, ya que la actividad de difusión, fue recibida no solo por productores que se encuentran desorientados ante esta nueva problemática en nuestra provincia, sino también la participación de jóvenes estudiantes vinculados al agro, quienes seguramente encabezarán estudios posteriores.

Conclusión

Se detectaron siete plantas de olivo positivas para la bacteria Xf y cuatro de almendro. Se confirma la presencia de esta bacteria en montes de la localidad de Aimogasta - La Rioja; y de una explotación de almendros de Valle Viejo - Catamarca.

Referencias

- [1] Almeida R. P. P. 2008. In: Vector-Borne Diseases. Understanding the Environmental, Human Health, and Ecological Connections. Workshop summary. Forum on Microbial Threats Board on Global Health.
- [2] Calahorra, A. 2023. Tesis de Maestría UNLaR, La Rioja, Argentina, pp:150.
- [3] Cariddi C., M. Saponari, D. Boscia, A. De Stradis, G. Loconsole, F. Nigro, F. Porcelli, O. Potere and G.P. Martelli. 2014. Journal of Plant Pathology 96 (3): 1-5.
- [4] Defea, B. 2018. Tesis Doctoral FCNyM, UNLP. La Plata, Buenos Aires, pp: 300.
- [5] Defea, B., A. Foieri & S. Paradell. 2019. "Manual de protocolos de manejo de plagas y patologías del olivo". CFI: 57-69.
- [6] Defea B. EG. Virla, G. Logarzo, RR. Cavichioli, S. Tapia, MR. Aguirre, F. Mc Kay, S. Martin & SL. Paradell. 2022. Zootaxa 5205 (1): 055-072.
- [7] Dietrich, C. 2013. Overview of the phylogeny, taxonomy and diversity of the leafhopper (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadomorpha; Membracoidea: Cicadellidae). Vectors and
- [8] De Lima JEO, Miranda VS, Roberto SR, Carlos EF, 1996. Distribuição de Xylella fastidiosa no cafeeiro, nas regiões cafezeiras, seu isolamento in vitro. Fitopatologia, 21(3): 392-393.
- [9] Delbianco, A.; Pasinato, L.; Boscia, D. y Moreit., M. (2022) Update of the Xylella spp host plant database – Systematic literature search up to 30 June 2022. EFSA, Journal; 21 (1): 7726 doi: 10.2903/j.efsa.2023.7726
- [10] Fletcher, J. and A. Wayadande. 2002. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2009-0323-0. –
- [11] Haelterman, R.M.; Nome, C.F.; Docampo, D.M. y Nome, S.F. 1995. Hospedantes de Xylella fastidiosa, bacteria causal de la escaldadura del borde de la hoja del almendro (Prunus amygdalus). Rev. de Inv. Agropec. INTA. 26 (2): 65- 72.

- [12] Krugner 2010. In: California Olive Committee Final Research Reports. Cooperative Extension Specialist & Entomologist Depart. of Entomology, University of California:3-11.
- [13] Nome, S.F., R.M. Haelterman, D.M. Docampo, A.G. Prataviera y L.del V. Di Feo. 1992. Escaldadura de las hojas del almendro en Argentina. Fitopat. Bras. 17:57-60.
- [14] Oman, et al., Dietrich, & Sharkey 2002 P. Leafhoppers (Cicadellidae): a bibliography, generic check-list and index to the world literature 1956-1985. CAB International Institute of Entomology, Wallingford, U.K. 368 pp.
- [15] Paradell, S., 1995. Rev. Fac. Agr. 71 (2): 213-234.
- [16] Paradell, S.L., E.G. Virla, G.A. Logarzo & G. Dellapé. 2012. "Proconiini Sharpshooters of Argentina, with notes on its distribution, host plants and natural enemies". Journal of Insect Science 12 (116): 1-17.
- [17] Purcell et al. . Phytophatology 69: 393-395.
- [18] Raigón, J.M. 2014. Almendro. XVI Jornadas Frutihortícolas, ProMendoza-INTA. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-xvi_jornadas_frutihorti_raigon_almendro_mayo_2014.pdf.
- [19] Redak R., Purcell A., Lopes J., Blua M., Russell F. Mizell III & Andersen P. 2004. Ann Rev of Entomol. 49: 243-270.
- [20] Remes Lenicov, A.M.; S. Paradell; E. Virla; R. Mariani, A. Costamagna y G. Varela, 1997. Actas VI Congreso de maíz Pergamino, Buenos Aires, noviembre de 1997, I: 58-74.
- [21] Remes Lenicov, A.M.; S. Paradell; O. de Coll; J. Agostini, 1996. "Cicadelinos asociados a citrus afectados por Clorosis Variegada (CVC) en la República Argentina" (Insecta-Homóptera-Cicadellidae). Rev. Soc. Entomol. Argent. 58 (3-4): 211-225.
- [22] Rosato YB, Rodríguez NJ, Miranda VS, Carlos EF, Manfio GP, 1998. Diversity of a *Xylella fastidiosa* population isolated from *Citrus sinensis* affected by citrus variegated chlorosis in Brazil. Systematic & Applied Microbiology, 21:593-598.

[23] Torres, J., A. Hermoso de Mendoza, A. Garrido Y J. Jacas.2000. Estudio de los cicadélidos (Homoptera: Cicadellidae) que afectan a diferentes especies de árboles del género *Prunus*. Bol. San. Veg. Plagas, 26: 645-656.

[24] Yamamoto, P.T., M. R. Felipe, A. C. Caetano, A. L. Sánchez & J. R. S. Lipes. 2015. Fitopatol. Bras. 32, 3:266.

