

LAPSUS CALAMI

AÑO 5 | NÚMERO 1 | 2026

UNA CUESTIÓN DE SEGURIDAD NACIONAL

Por Mauricio J. Kaliman Levy



**BIOINDICACIÓN
DE SISTEMAS
FLUVIALES**

SANCRE, Y. et. al.

**PLACAS DENTALES
DE LEPIDOSIREN
PARADOXA**

DE PAULI A. C. et. al.

**ETOLOGÍA GATO
MONTES Y
CANNABIS**

GONZALES, M. L. et. al.

**DIVERSIDAD
EDÁFICA EN
CHACO SEMIARIDO**

PAVÓN, R. L. et. al.

**RÍOS BAJO
PRESIÓN**

VELÁZQUEZ, D. N. et. al.

**HISTOLOGÍA
FOLIAR**

JULIÁN VIROCHE, M. G. et. al.

**ARBOLADO EN
TAFÍ VIEJO**

MARIN, I. et. al.

**¿SEXTA
EXTINCIÓN
MASIVA?**

GUTIÉRREZ, E. E.

**DEL INTESTINO
AL CEREBRO**

MIRANDA, N. et. al.

Tabla de Contenido

Notas

Nota editorial	01
¿Qué es Sociebio?	02
Una cuestión de seguridad nacional -	03
Concurso de Fotografía	48

Artículos

Bioindicación aplicada a los ecosistemas fluviales en 2026	5
Las placas dentales de <i>Lepidosiren paradoxa</i> (Sarcopterygii: Dipnoi: Lepidosirendae)	10
Evaluación etológica del uso de <i>Cannabis</i> en un ejemplar de gato montés (<i>Leopardus geoffroyi</i>) en cautiverio	15
Efecto del uso del suelo sobre la diversidad de la macrofauna edáfica en el Chaco Semiárido	18
Ríos bajo presión: Impacto de estresores antrópicos en el funcionamiento ecológico de ríos subtropicales de Tucumán.....	23
¿Qué hay dentro de esta hojita? Conociendo técnicas histológicas básicas para el análisis foliar	29
¿Me puede caer un árbol en la cabeza estando en Tafí Viejo?	33
¿Se aproxima una sexta extinción masiva? Una repetición de la historia bajo una nueva causa, la humana	39
Del intestino al cerebro: Microbiota, estrés académico y salud mental	44

Nota editorial

"Sin duda, esto puede convertirse en un problema fascinante para futuras investigaciones."

— **Luis Federico Leloir**



Comité Editorial

¹Mauricio J. Kaliman Levy

²Stella Maris de Lourdes Mauro

³María Belén Abrigato

⁴María Gabriela Gutierrez

Una revista no se construye de una sola vez. Se construye cada vez que alguien se anima a compartir una idea, un resultado o una experiencia; cada vez que alguien se toma el tiempo de leerla y hacer una devolución; y cada vez que ese intercambio vuelve a ponerse en circulación.

En 2025 propusimos recuperar **Lapsus Calami**, casi diez años después de su primera edición. Esa primera experiencia nos permitió volver a poner en movimiento un espacio que, creemos, tiene sentido justamente porque se construye entre muchas personas. Que exista una nueva edición es, para nosotros, una pequeña confirmación de que aquella idea podía crecer.

En estas páginas vuelven a encontrarse trabajos realizados durante la formación, intereses personales, experiencias y distintas maneras de acercarse a la ciencia. También se encuentran quienes escriben, quienes revisan, quienes editan y quienes simplemente leen.

Seguimos creyendo que comunicar también es aprender. Escribir obliga a ordenar las ideas, revisar lo que creemos saber y encontrar la mejor manera de compartirlo con otros. Revisar implica aprender a mirar el trabajo ajeno con atención y respeto. Publicar supone animarse a poner nuestras ideas en circulación, aún sabiendo que siempre pueden mejorarse.

En tiempos en que sostener la educación y la investigación pública supone también defender los espacios donde estas actividades se desarrollan, creemos que seguir haciendo y comunicando ciencia es una forma de participar. Desde Lapsus Calami queremos aportar, aunque sea desde un pequeño espacio, a visibilizar el trabajo y las inquietudes de quienes forman parte de nuestra comunidad universitaria.

Así, *Lapsus Calami* es una oportunidad para detenernos, revisar y aprender. No buscamos una revista perfecta: buscamos un espacio donde podamos experimentar, equivocarnos, mejorar y, sobre todo, seguir haciendo comunidad.

Esperamos que esta nueva edición encuentre lectores curiosos, nuevas preguntas y, quizás, futuras personas autoras, revisoras y editoras. Porque, si algo aprendimos con esta segunda vuelta, es que una revista estudiantil no se sostiene solamente por lo que publica, sino por las personas que deciden hacerla posible.

LAPSUS CALAMI

Agradecimientos:

Revisores de esta edición

Autores de los artículos

Estudiantes de la FCN - IML

Comisión Directiva SOCIEBIO 2026

Todos los trabajos que se publican en Lapsus Calami han sido sometidos a referato. Para saber más de nuestra política editorial, haz clic [aquí](#) o envía un correo a lapsuscalami@csnat.unt.edu.ar

¿Qué es SOCIEBIO?

La Sociedad Científica de Estudiantes de Ciencias Biológicas de Tucumán (SOCIEBIO) es un espacio creado por y para estudiantes que buscan compartir, aprender y crecer en comunidad.

Lapsus Calami es una publicación científica estudiantil que actualmente forma parte de los espacios gestionados por SOCIEBIO.

Nuestro objetivo

Desarrollar, promocionar y apoyar la investigación integral en los campos de las Ciencias de la Vida, fomentando la investigación científica realizada por estudiantes, en colaboración con docentes y todas las personas interesadas en la investigación de grado.

Lo lindo de ser parte

Más que un grupo, somos una comunidad que busca abrir puertas: a nuevas experiencias, a proyectos compartidos y a vínculos entre estudiantes, docentes y profesionales.

SOCIEBIO es un lugar donde la curiosidad encuentra compañía y las ideas comienzan a florecer.

¡Sumate a Sociebio!

Hace click [aquí](#) para seguinos en instagram y enterarte de las novedades

UNA CUESTIÓN DE SEGURIDAD NACIONAL

Por Mauricio J. Kaliman Levy

Había una vez un país gobernado por científicos. Más precisamente, por taxónomos vegetales. Los taxónomos eran excelentes identificando y describiendo especies de plantas, para diferenciarlas unas de otras. La mayor parte del presupuesto nacional estaba destinado a la investigación en taxonomía vegetal: mantenimiento de colecciones, herbarios, compra de lupas, laboratorio con buenas mesadas y buenas luces, suscripciones a revistas botánicas, excursiones para recolectar material en todos los rincones del país y demás cosas que hacen los taxónomos vegetales para identificar y describir mejor cada una de las especies de plantas.

Un día, llegó al laboratorio de la sede central del gobierno una muestra con una etiqueta que decía: “urgente”. Dos eran los motivos de esta intrigante etiqueta. El primero: la planta había llegado de un lugar lejano, parecía establecerse y formar poblaciones viables y lentamente desplazar a las plantas que estaban alrededor, junto con los animales y hongos que interactuaban con ellas. El segundo, y más terrible aún: era una planta no identificada, cuya descripción y

características diagnósticas no se encontraba en ninguna página de ningún libro de ningún tomo de ninguna colección de ninguna biblioteca ni herbario del país!

La filtración de la existencia de tal especie a los medios de comunicación causó conmoción e indignación en la sociedad y una crisis de credibilidad en el gobierno. La economía se vio golpeada cuando la planta comenzó a crecer sobre carreteras, cultivos y ciudades. Se suspendieron las clases, partidos de fútbol y ferias de artesanos.

La planta había tomado ya el sur del país antes de que los taxónomos supieran ni siquiera si era diploide o triploide. El oeste cayó antes de que llegaran los resultados genéticos para saber si la planta venía directamente de Europa o si su linaje había pasado por África primero.

Atrincherado en su búnker mientras el servicio secreto combatía la “spp.” con serruchos y tijeras de podar dejando sus vidas, el presidente redactaba las conclusiones del paper: “... y por eso, la descripción de esta nueva especie representa un avance importante para la ciencia.” Con su último suspiro, el presidente mandó el manuscrito a la revista para su revisión por pares. Una media sonrisa de satisfacción se dibujó en su rostro mientras unos zarcillos se arremolinaban en su cuello... y la planta lo tapó todo.

**Mauricio J. Kaliman Levy**

Soy Lic. en Ciencias Biológicas con orientación en Ecología y un orgulloso lilloano.

Actualmente me desempeño como Bioanalyst en ReForest Latam.

Estoy interesado en la dinámica de bosques y la restauración ecológica.

En este momento mi objetivo para con el Lillo es fomentar el sentimiento de comunidad y la proactividad de los estudiantes y las cátedras en cuanto a la investigación.

BIOINDICACIÓN APLICADA A LOS ECOSISTEMAS FLUVIALES DE TUCUMÁN

**Sancre, Y. 1; De Pauli, A. C. 1;3 ;
Fernández, H. R. 1,3 & González
Achem, A. L. 1;2.**

1. Facultad de Ciencias Naturales e IML - UNT,
Miguel Lillo 205, Tucumán.

2. Instituto de Entomología, Fundación Miguel
Lillo, Miguel Lillo 251, Tucumán.

3. INGEMA, Miguel Lillo 205, Tucumán.
yairsancre@gmail.com

Resumen

Los macroinvertebrados bentónicos son centinelas biológicos indispensables que reflejan de forma integrada la salud ecológica de los ríos, superando las limitaciones de los análisis físico-químicos puntuales debido a sus ciclos de vida prolongados y su sensibilidad diferencial al estrés ecológico. El propósito de este artículo es analizar el rol de la bioindicación en la evaluación de los ecosistemas fluviales, tomando como eje la provincia de Tucumán. En este contexto, la disciplina regional ha evolucionado desde la adaptación de índices tradicionales como el BMWP hasta la adopción del ASPT y el desarrollo de un índice local específico como el IBY-4 (Índice Biótico de las Yungas). Asimismo, se discute el valor de la vegetación de ribera como filtro ecológico clave. El trabajo reflexiona sobre los severos costos socioeconómicos regionales que la degradación ambiental impone sobre las comunidades, tomando como caso

o testigo el conflicto interprovincial en el embalse de Río Hondo. Finalmente, se evidencia que la remediación de los ecosistemas acuáticos por vertidos industriales no controlados resulta significativamente más costosa para la sociedad que la gestión preventiva con bioindicación continua y un tratamiento oportuno de los efluentes industriales.

Palabras clave: BIOINDICADORES, BIOMONITOREO, CALIDAD DE AGUA, CONTAMINACIÓN, ÍNDICES BIOLÓGICOS, MACROINVERTEBRADOS.

Introducción

Cuando pensamos en la contaminación de un río, por lo general nos imaginamos acumulación de basura y malos olores. Sin embargo, un curso de agua puede parecer limpio y, al mismo tiempo, ocultar problemas ambientales. Frente a esta situación, los organismos acuáticos actúan como bioindicadores. La integración de estos seres vivos en los análisis de calidad del agua optimiza la gestión del recurso hídrico, permitiendo diseñar estrategias de vigilancia y planificación orientadas a preservar la biodiversidad y asegurar su uso sostenible[1].

En este marco, la Asociación Argentina de Ecología (AsAE) en el 2025, realizó el informe técnico “Caracterización y mapeo de ecosistemas marinos, acuáticos continentales y terrestres de la Argentina”, solicitado por la Dirección Nacional de Biodiversidad para servir de base en el Séptimo Informe Nacional de Biodiversidad [2].

En Argentina, la Subsecretaría de Ambiente de la Nación, es la encargada del control, fiscalización y toma acciones para prevenir la contaminación, en conjunto con instituciones científicas y universidades nacionales. En Tucumán, se encargan entidades como la Sociedad Aguas de Tucumán (SAT), Sistema Provincial de Salud (SIPROSA), la Subsecretaría de Medio Ambiente (SEMA) e instituciones relacionadas con la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Históricamente, la gestión de la calidad del agua se basó en análisis fisicoquímicos; pero un enfoque aislado que ofrece una perspectiva incompleta. Estos análisis sólo reflejan las condiciones al momento en que se tomó la muestra pudiendo no detectar contaminantes previos debido a la dilución o al arrastre natural. En cambio, los bioindicadores actúan como testigos integradores [1]. Al reflejar en la estructura de sus comunidades el impacto acumulado de las perturbaciones ocurridas durante semanas o meses, estos organismos brindan un diagnóstico más robusto e integral de la historia ecológica del ecosistema (Fig. 1).

¿Qué son los bioindicadores?

Son seres vivos cuya presencia, ausencia o abundancia permite conocer y evaluar la calidad ambiental de un ecosistema [7]. Los organismos que actúan como los “informantes” del río son: las bacterias que, por ejemplo



Fig. 1. Medición de variables fisicoquímicas (A) y colecta de macroinvertebrados bentónicos (B) en ríos de la provincia de Tucumán.

detectan materia fecal y riesgos para la salud y, además, participan en la autodepuración; las algas que muestran el exceso o escasez de nutrientes y materia orgánica. Los macroinvertebrados que monitorean la calidad de los cuerpos de agua; los peces que pueden acumular metales pesados en sus órganos; y las aves que, con su presencia o ausencia, permiten evaluar cambios ambientales a muy largo plazo [1]. Estos organismos responden a factores como el ingreso de materia orgánica, disminución del oxígeno, la presencia de metales pesados, pesticidas, el exceso de nutrientes, la contaminación térmica, la salinización o el aumento de sedimentos en suspensión. Los más utilizados son los macroinvertebrados bentónicos. Incluyen estados inmaduros de insectos acuáticos, como larvas, y otros invertebrados, como crustáceos, nemátodos (gusanos), moluscos, anélidos [3]. Algunos de estos participan en procesos naturales de los ríos como la autodepuración, que es la capacidad del sistema para

limpiarse a sí mismos [1] (Fig. 2). Los métodos de muestreo de la zona bentónica son relativamente simples, baratos y comparables. La presencia de organismos con diferentes tolerancias a la contaminación del agua permite elaborar índices empíricos siendo una síntesis de lo que sucede en el medio [1, 4] (Fig. 3).

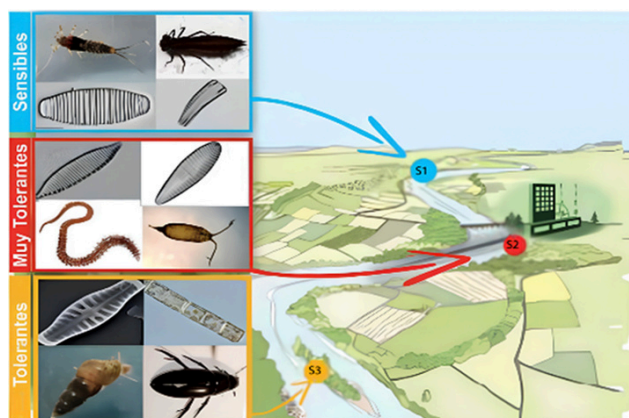


Fig. 2. Ejemplos de organismos bioindicadores con diferentes niveles de tolerancia a la contaminación en distintos sectores de un río. (Modificado de Domínguez et al., 2020). Entre los sitios S2 y S3 ocurre el proceso de autodepuración del cuerpo de agua.

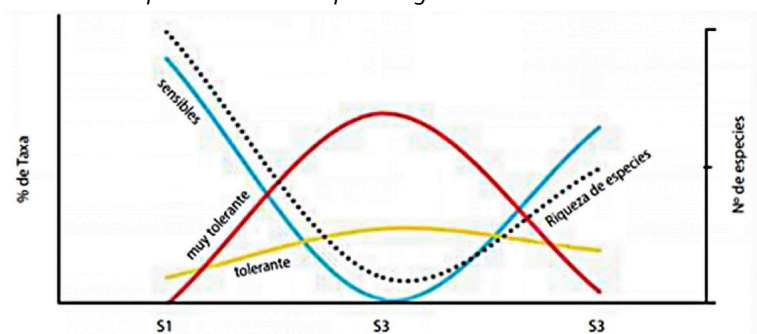


Fig. 3. Cambios en la riqueza de taxa y en la tolerancia de diatomeas y macroinvertebrados bentónicos entre un sector aguas arriba (S1), el área impactada por fuentes de contaminación (S2) y aguas abajo (S3). (Modificado de Domínguez et al., 2020). Los colores de las curvas corresponden a los indicadores representados en la Fig. 2.

Los efectos de contaminación pueden evidenciarse a diferentes niveles: perturbación muy grande (vertidos industriales, efectos a nivel de la comunidad); perturbaciones intermedias (incremento de nutrientes, cambios menos drásticos, como la desaparición de unas pocas especies, el incremento de la

densidad de otras o la aparición de terceras); y algunas perturbaciones (por ej, un ligero incremento de las sales) que no modifican la estructura de la comunidad pero sí da lugar a otros cambios perceptibles a nivel individual [4]. De forma general, los cambios a nivel de comunidad y ecosistema se conocen como cambios que afectan la “salud ecológica” [4].

Como se dijo, los macroinvertebrados constituyen el grupo más utilizado en el biomonitoreo acuático (Fig. 4) debido a un conjunto de ventajas biológicas y metodológicas entre las que destacamos [5, 6]:

1. Tener una amplia distribución geográfica y en diferentes ambientes;
2. Presentar especies con distintas respuestas a los gradientes ambientales;
3. Ser sedentarios para el análisis espacial de la contaminación;
4. Utilizar su reacción de huida como indicador de contaminación;
5. Tener ciclos de vida largos que integran los efectos en el tiempo;
6. Poder ser muestreados de forma sencilla y barata;
7. Poseer una taxonomía bien conocida a nivel de familia y género;
8. Conocer la sensibilidad de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación;
9. Utilizar especies en estudios sobre los efectos de la contaminación.



Fig. 4. Niveles de organización y uso de indicadores biológicos. Mientras que para los niveles de población, comunidad o ecosistema se utilizan los bioindicadores a nivel estructural o funcional, a nivel individual es necesario utilizar biomarcadores para conocer el efecto de las perturbaciones sobre los organismos. (Modificado de Adams, 2002)

De los años 90 al 2026: Una evolución percibida

El punto de partida fue el trabajo de Domínguez y Fernández (1998), que con una base de datos lo suficientemente amplia que incluye parámetros de sitios con muy buena a muy mala calidad del agua, asignaron los valores de tolerancia a los organismos a la contaminación. Para establecer estas relaciones utilizaron técnicas estadísticas tales como correlaciones paramétricas y no paramétricas y análisis multivariados, entre otras; estas permiten distinguir taxas sensibles, tolerantes y muy tolerantes permitiendo asignar valores de manera confiable para identificar las distintas calidades de agua[1] (Fig. 5). A partir de estos estudios adaptaron el índice europeo Biological Monitoring Working Party (BMWP) para diagnósticos rápidos el cual se basa en la presencia de distintas familias de macroinvertebrados y asigna un puntaje según su tolerancia a la contaminación, permitiendo estimar la calidad biológica del agua.

Esta herramienta permitió elaborar los primeros mapas de calidad biológica de algunos ríos de la provincia [1], pero sobre todo su aplicabilidad. Hay que destacar que en Tucumán, este índice mostró caídas bruscas de puntaje durante el verano que obviamente se debían a la contaminación. Sin embargo mostró que por extracción de agua en exceso se afectaba la calidad del hábitat. Las crecidas de los ríos arrastraban los macroinvertebrados adultos, dejando solo huevos o larvas muy pequeñas. Para superar estos errores, se adoptó el índice de Puntuación Media por Taxón (ASPT), que relaciona el puntaje obtenido con el número de familias de macroinvertebrados presentes y permite estimar la calidad del agua a partir de su sensibilidad a la contaminación, siendo así menos sensible a los cambios de estación y ofreciendo resultados más constantes durante todo el año [1]. Actualmente, se sumaron a los estudios de bioindicación herramientas diseñadas específicamente para nuestra región, como el Índice Biótico de las Yungas (IBY-4) el cual evalúa la calidad del agua a partir de la presencia de grupos clave de macroinvertebrados a nivel de orden y fue diseñado para ser simple, permitiendo su uso incluso en programas de educación ambiental escolar[1]. En resumen, para lograr un diagnóstico integral, hoy no solo analizamos el agua, sino también la vegetación de la ribera que funciona como un filtro natural y retiene pesticidas y nutrientes antes de que lleguen al cauce [1, 7].

El costo de no cuidar el agua: Consecuencias económicas

La evolución científica y metodológica en la gestión de la calidad del agua no responde solo a un interés académico, sino a una necesidad urgente: el uso de bioindicadores actúa como la primera línea de defensa para prevenir daños, conflictos interprovinciales y la destrucción de servicios ecosistémicos.

La contaminación no solo afecta el paisaje, también afecta el bolsillo de la sociedad. A corto plazo, un vertido tóxico puede provocar mortandad masiva de peces, arruinando el turismo y generando conflictos entre provincias, como ha sucedido entre Tucumán y Santiago del Estero por el Embalse de Río Hondo [1]. Se dice que es mucho más barato tratar el residuo en la fábrica que intentar limpiar un río contaminado[7]. Cuando una industria no controla sus desechos, se queda con la ganancia económica, pero es toda la sociedad la que paga el costo ambiental y se pierden otros servicios esenciales como el agua limpia para riego [7], la recreación y finalmente la calidad de vida de los habitantes de la región.

Asistencia de Inteligencia Artificial (IA)

En el desarrollo de este trabajo se emplearon modelos de lenguaje basados en Inteligencia Artificial (Gemini y Google Notebook) exclusivamente como soporte técnico y metodológico auxiliar para el procesamiento de literatura y revisión gramatical, sin reemplazar el juicio crítico de los autores.

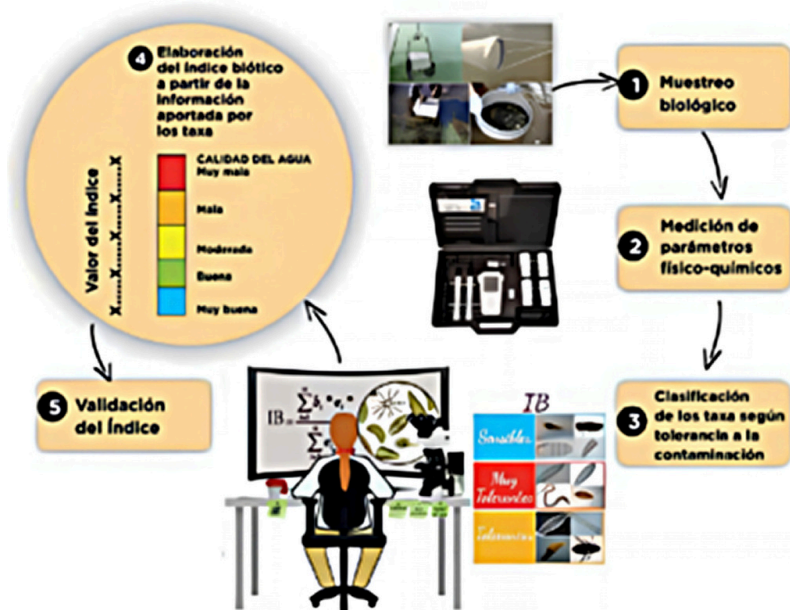


Fig. 5. Esquema general para la elaboración y validación de un índice biótico a partir del muestreo biológico, la medición de parámetros físico-químicos y la clasificación de los taxa según su tolerancia a la contaminación. (Modificado de Domínguez et al., 2020).

Bibliografía

- [1] Gómez, N., Domínguez, E., Rodríguez Capítulo, A. & Fernández H. R. (2020). La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina. Eudeba, Buenos Aires. Capítulo 57: 58-71.
- [2] Oyarzabal, M., Izaguirre, I., Martinetto, P., Enrico, L., Sánchez, M. L., Valiñas, M., ... & Villagra, P. (2025). Caracterización y mapeo de ecosistemas marinos, acuáticos continentales y terrestres de la Argentina. Asociación Argentina de Ecología.
- [3] Domínguez E. y Fernández H. 1998. Calidad de los ríos de la cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico. Serie conservación de la Naturaleza. Tucumán. Argentina. Editorial Fundación Miguel Lillo. 39 pp.
- [4] Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656: cap. 20. (1).
- [5] Resh, V. H., 2008. Which group is best? attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. Environ. Monit. Assess. 138: 131-138.
- [6] Bonada, N.; N. Prat; V. H. Resh & B. Statzner. 2006. Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. Annu. Rev. Entomol. 51: 495-523.
- [7] Fernández, H. R. y Powell, P. (2010). Bioindicación en Argentina: Organismos vivos para monitorear el agua. Hydria, (14), 2-4.

LAS PLACAS DENTALES DE *LEPIDOSIREN PARADOXA* (*SARCOPTERYGII*: *DIPNOI*: *LEPIDOSIRENDAE*)

De Pauli, A. C. 1, Garat, J. 2 &
Montero, R. 1.

1. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo - UNT, Miguel Lillo 205, Tucumán, Argentina. ana10.acdp@gmail.com
2. Facultad de Odontología - UNT, Av. Benjamín Aráoz 800, Tucumán, Argentina. ana10.acdp@gmail.com

Resumen

*Los peces pulmonados (Dipnoi), representados en Sudamérica por *Lepidosiren paradoxa*, se caracterizan por presentar un pulmón funcional y un aparato bucal altamente especializado caracterizado por placas dentales hipermineralizadas que permiten una dieta durófaga y de corte en cizalla. Sintetizamos nuevas observaciones sobre la estructura del sistema masticatorio de ejemplares procedentes de las cuencas del Bermejo, Pilcomayo y Paraná, en Argentina, mediante el uso combinado de anatomía comparada, análisis alométricos, histología, imagenología avanzada y morfometría geométrica. Encontramos que hay alometría negativa de las placas dentales (crecen más lentamente que el cuerpo), tejidos hipermineralizados organizados en columnas centrales (petrodentina) rodeadas por osteodentina (dentina más blanda) y esmalte. Estos aportes refuerzan la hipótesis de una divergencia*

morfológica regional y reafirman la relevancia evolutiva de la dentición de los dipnoos.

Palabras clave: ALOMETRÍA, ANATOMÍA, HISTOLOGÍA DENTAL, HIPERMINERALIZACIÓN, MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA, PECES PULMONADOS.

Introducción: Un pez extraordinario

Los peces pulmonados (Dipnoi) poseen una historia evolutiva que se remonta a más de 415 millones de años [1]. Actualmente tienen tres géneros en distintos continentes [2]: *Neoceratodus forsteri* [3] en Australia; varias especies de *Protopterus* [4] en África, y *Lepidosiren paradoxa* [5] en Sudamérica (Fig. 1). La especie australiana, es considerada la más ancestral. *Protopterus* y *Lepidosiren* están agrupados en *Lepidosirenoidei*. Todos los representantes actuales son dulceacuícolas. *Lepidosiren paradoxa* es la única especie sudamericana, que se distribuye en las cuencas del Orinoco, Amazonas y del Plata, alcanzando hasta más de un metro de longitud.

Lepidosiren presenta respiración aérea obligada [6] y se ahoga si se le niega el acceso a la superficie. Tiene un aparato branquial reducido que complementa la respiración pulmonar. Prefiere aguas estancadas o con poca corriente. Durante la época seca, excava en el lodo, a una profundidad de unos 30 cm, y sella la entrada con arcilla, dejando dos o tres agujeros para la aireación. Durante este período de hibernación, reduce su metabolismo.



Fig. 1. Representantes del grupo Dipnoi (tomado de Encyclopædia Britannica, 2012).

Durante la época de lluvias, comienza la reproducción, donde los machos cuidan a las crías. Estos machos pueden aumentar el nivel de oxígeno en la madriguera porque, las aletas pélvicas desarrollan estructuras plumosas, altamente vascularizadas y similares a branquias, aunque realizan una función opuesta a la de esas estructuras: liberan oxígeno de la sangre y absorben dióxido de carbono; estos filamentos desaparecen al final de la época reproductiva [7, 8]. Las crías se parecen a renacuajos de anfibios con cuatro branquias externas. Durante las primeras semanas de vida, respiran únicamente por las branquias externas; a las siete semanas de edad, comienzan a respirar aire, iniciándose la regresión de las branquias externas [8, 9]. Los juveniles se alimentan de larvas de insectos y caracoles, mientras que los adultos son omnívoros y se alimentan de vertebrados acuáticos, invertebrados como caracoles, almejas, camarones, y algas [8].

La dentición de los dipnoos es particularmente interesante (Fig. 2) ya que estos peces presentan un aparato

masticatorio peculiar, con dientes fusionados en placas dentarias (Fig. 3), que son un reflejo de su adaptación a dietas durófagas. Los tejidos extraordinariamente duros e hipermineralizados de las placas (petrodentina) inspiran el estudio de materiales biológicos resistentes.



Fig. 2. La boca y las placas dentales de *Lepidosiren paradoxa* (CI-FML 8290).

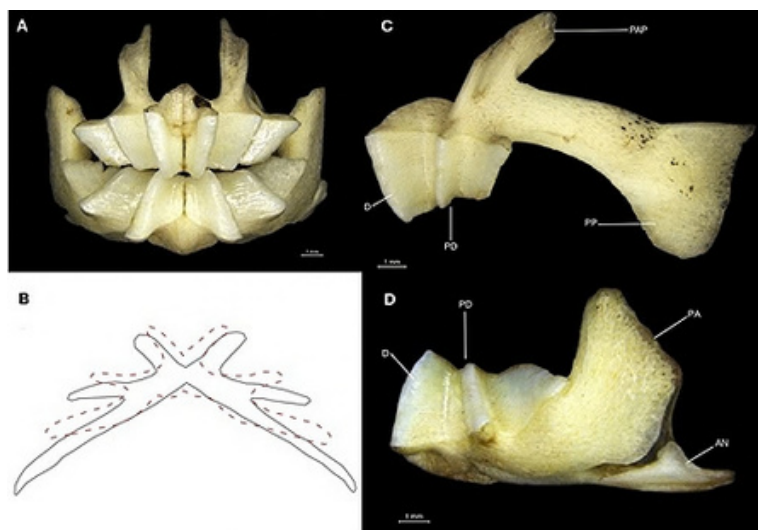


Fig. 3. Vista de las mandíbulas superior e inferior de *Lepidosiren paradoxa*. A) vista frontal. B) diagrama de la superposición de las placas en vista oclusal; Línea continua, mandíbula inferior; Línea discontinua, mandíbula superior. C) Vista lateral de la mandíbula superior. D) Vista lateral de la mandíbula inferior. AN, angular; D, denticulo; PAP, proceso ascendente del pterigopalatino; PD, placa dental; PP, pterigopalatino. Escala: 1mm.

Un cascanueces biológico

El aparato bucal de *Lepidosiren paradoxa* representa una notable adaptación evolutiva destinada a una alimentación de tipo durófaga. Esta especie habita en ríos de corrientes débiles y madrejones, alimentándose activamente de invertebrados con conchas duras, los cuales requiere triturar con gran fuerza. Esto lo logran, en parte, gracias a la fusión de sus elementos dentales en placas masivas (Fig. 3) que se unen firmemente a los huesos subyacentes: las placas superiores se fusionan al pterigopalatino y las inferiores al prearticular. Adicionalmente, la mandíbula superior presenta dos pequeños dientes vomerinos, de forma delgada y cónica, suspendidos por ligamentos cartilaginosos en el hueso etmoides dermal en la región anterior del cráneo, los cuales presuntamente participan en la sujeción inicial del alimento.

Durante el cierre bucal, las placas dentales de la mandíbula superior ocluyen ligeramente por dentro y por delante de las inferiores, produciendo un corte tipo cizalla (Fig. 3 A y B). El éxito de esta mordida se sustenta en una biomecánica sumamente rígida. Para producir el corte por cizalla, la alineación de las crestas de las placas debe mantenerse sin desplazamientos laterales. La rigidez biomecánica la proporciona la articulación entre los huesos de la mandíbula inferior (prearticular y angular), que forman un cótilo semicircular muy marcado que encaja con precisión en el cóndilo del cráneo (escamoso) (Fig. 4).

Esta disposición restringe mecánicamente el movimiento de la mandíbula inferior exclusivamente a un plano vertical. Este mecanismo, similar a una tijera biológica de gran potencia, permite la perforación, fragmentación y desgarrar de las conchas calcáreas de sus presas habituales. Este diseño contrasta marcadamente con la condición presente en el género australiano *Neoceratodus*, cuyas placas anchas y planas están adaptadas a la trituración y molienda de materia vegetal, evidenciando una divergencia morfológica profunda entre los linajes.

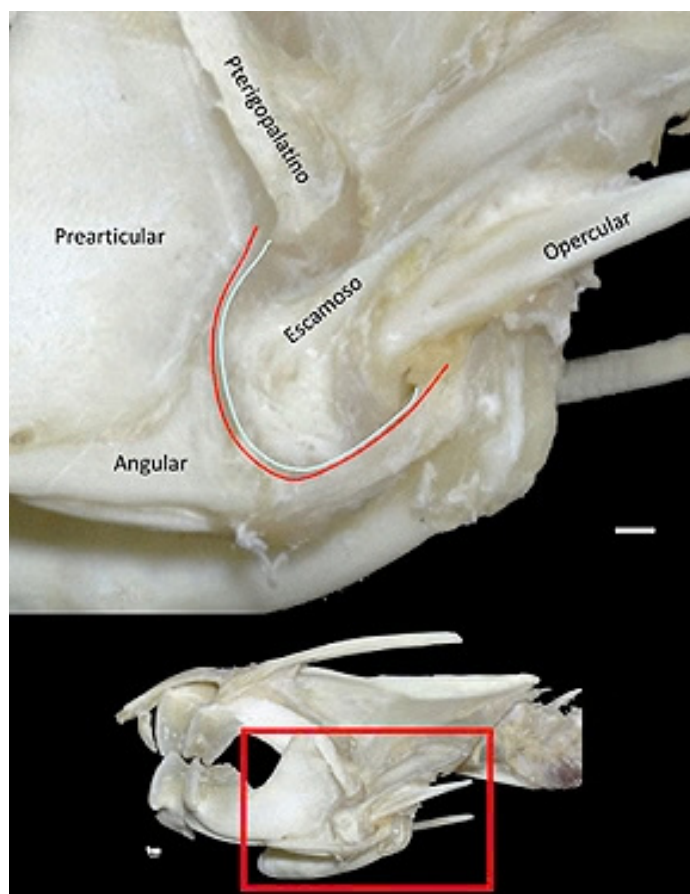


Fig. 4. *Lepidosiren paradoxa* (CI-FML 8293; Proyecto Lola: 0). Detalle (recuadro rojo) de la articulación mandibular. La línea roja demarca el borde del cótilo de la mandíbula inferior, y la línea azul el borde del disco articular del cóndilo del escamoso. Escala: 1 mm.

El secreto de un filo que nunca se desafila

El análisis microscópico de las placas dentales revela una composición tisular altamente especializada. Las placas albergan una cavidad pulpar central que contiene el tejido blando y está revestida por petroblastos, células únicas encargadas de la síntesis de petrodentina (Fig. 5). Desde la pulpa se proyectan columnas centrales de petrodentina, un tejido extraordinariamente duro (de hasta 318 VHN) equivalente al esmalte de mamíferos, compuesto de haces densos de hidroxipatita de calcio. Rodeando estas columnas centrales se sitúa la osteodentina, un tejido poroso y mucho más blando (59,3 VHN).

La disposición espacial de estos tejidos permite el autoafilado continuo de los bordes de las crestas [4]. Los estudios modernos revelan que, dado que la osteodentina circundante es más blanda, el desgaste mecánico provocado por la masticación remueve preferencialmente este tejido externo. Como consecuencia directa, las columnas de petrodentina central quedan expuestas de forma continua en la superficie oclusal como crestas afiladas y cortantes, manteniendo la función de la placa dental a lo largo de la vida del animal.

¿Cambian los dientes al crecer?

El crecimiento ontogénico de *Lepidosiren paradoxa* refleja una estrecha relación potencial entre la longitud total y el peso de los individuos, un modelo típico en el crecimiento de peces óseos.

Sin embargo, al estudiar de manera particular las dimensiones del aparato masticatorio, se detectó un proceso de alometría negativa estadísticamente significativa en las placas dentarias con respecto a la longitud corporal. Al graficar la longitud de los dentículos individuales en función de la longitud total del pez, demuestra que los dentículos y las mandíbulas crecen a un ritmo más lento que el resto del cuerpo, resultando en un aparato masticatorio proporcionalmente más corto y robusto a medida que el animal alcanza tamaños mayores.

¿Son realmente todos los *Lepidosiren* iguales?

El resultado más relevante para la sistemática de la especie reside en la comparación intraespecífica de *Lepidosiren paradoxa*. Al analizar con morfometría geométrica las placas dentales de los ejemplares de los ríos Paraná, Bermejo y Pilcomayo junto con datos de un ejemplar de Brasil [1], los ejemplares argentinos se agruparon de manera consistente en una nube compacta y homogénea, mientras que el ejemplar brasileño se ubicó fuera de esta agrupación. Aunque la muestra de la cuenca brasilera es limitada y debe considerarse con precaución, esta diferenciación del aparato masticatorio refuerza la hipótesis de divergencia planteada por estudios genéticos previos [10], lo que podría derivar en que las poblaciones argentinas sean una especie distinta.

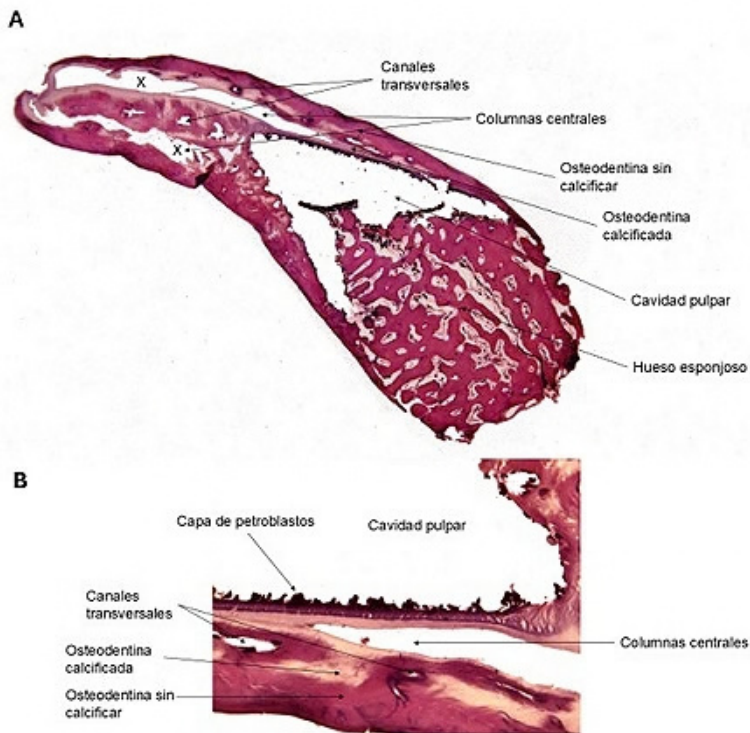


Fig. 5. *Lepidosiren paradoxa* (CI-FML 8290; Proyecto Lola: 2). A) Corte histológico longitudinal en vista bucolingual del primer denticulo de la hemimandíbula inferior descalcificada. B) Cavity pulpar y Petroblastos.

Declaración sobre el uso de tecnologías y herramientas auxiliares

Se emplearon modelos de inteligencia artificial (Gemini y NotebookLM) en la redacción de esta reseña, como herramienta auxiliar, sin reemplazar la interpretación de resultados ni la validación científica de los análisis.

Bibliografía

- [1] Criswell, K. E. (2015). The comparative osteology and phylogenetic relationships of African and South American lungfishes (Sarcopterygii: Dipnoi). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 174(4), 801–858.
- [2] Tokita, M., Okamoto, T., & Hikida, T. (2005). Evolutionary history of African lungfish: a hypothesis from molecular phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 35(1), 281–286.
- [3] Krefft, G. (1870). Description of a giant amphibian allied to the genus *Lepidosiren* from the Wide Bay district, Queensland. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1870(1), 221–224.
- [4] Owen, R. (1839). A new species of the genus *Lepidosiren*. *Proceedings of the Linnean Society of London*, 1, 27–32.
- [5] Fitzinger, L. (1837). Vorläufiger Bericht über eine höchst interessante Entdeckung Dr. Natterers in Brasilien. *Isis von Oken*, 30(8), 379–380.
- [6] Müller, J., Houben, N., & Pauly, D. (2023). On being the wrong size, or the role of body mass in fish kills and hypoxia exposure. *Environmental Biology of Fishes*, 106(7), 1651–1667.
- [7] Planquette, P., Keith, P., & Le Bail, P. Y. (1996). *Atlas des poissons d'eau douce de Guyane* (Tome 1). Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
- [8] Berra, T. M. (2001). *Freshwater fish distribution*. San Diego, CA: Academic Press.
- [9] Boujard, T., Pascal, M., Meunier, F. J., & Le Bail, P. Y. (1997). *Poissons de Guyane. Guide écologique de l'Approuague et de la réserve des Nouragues*. Institut National de la Recherche Agronomique.
- [10] Carneiro, J., Dutra, G. M., Nobre, R. M., Pinheiro, L. M. D. L., Oliva, P. A. C., Sampaio, I., & Schneider, I. (2021). Evidence of cryptic speciation in South American lungfish. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 59(3), 760–771.
- [11] Encyclopædia Britannica. (2012). Lungfish evolution. En *Encyclopædia Britannica*. britannica.com (Consultada en agosto de 2026).

EVALUACIÓN ETOLÓGICA DEL USO DE CANNABIS EN UN EJEMPLAR DE GATO MONTÉS (*LEOPARDUS GEOFFROYI*) EN CAUTIVERIO.

Gonzalez, M. L. 2; Medina Perea, J. 2; Bracamonte, B. N. 2; Alvarado, M. A. 2; Mendez, M. V. 1; Rodriguez, F. P.1; Correa, E. 2, Yaafar, N. 3 & Hurtado, A. 1

1.Cátedra de Comportamiento Animal, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

2.REHM, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

3.Cátedra de Farmacología y Terapéutica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario.

marialourdesgonzalez2002@gmail.com

Los felinos en cautiverio sufren una reducción de estímulos y bienestar que desencadena estrés crónico y comportamientos anormales, siendo el pacing (una marcha repetitiva sin función aparente) la principal estereotipia observada^{1,2}. En el marco de la búsqueda de alternativas farmacológicas no invasivas para favorecer el bienestar animal en entornos de conservación, el uso de fitocannabinoides como el cannabidiol (CBD) ha cobrado notable relevancia por su potencial efecto ansiolítico, modulador del estrés y neuroprotector en la práctica veterinaria^{3,4}. En el presente trabajo se registró y analizó el perfil comportamental de un ejemplar macho de gato montés (*Leopardus geoffroyi*) alojado en la

Reserva Experimental Horco Molle bajo tratamiento con cannabis de uso médico, evaluando la evolución de sus patrones de actividad, la respuesta etológica ante distintas dosis y la interferencia de estresores ambientales (Fig. 1). El protocolo terapéutico y los esquemas de dosificación fueron evaluados, prescritos y supervisados por el equipo médico veterinario de la institución en coordinación con especialistas en farmacología veterinaria (Dra. Yaafar).



Fig. 1: Ejemplar de gato montés (*Leopardus geoffroyi*) durante el período de observación conductual en el recinto de la Reserva Experimental Horco Molle.

El registro de datos se realizó mediante un muestreo focalizado instantáneo. Cada planilla representa una sesión focal de 12 minutos, dividida en 48 intervalos instantáneos de 15 segundos (Fig. 2). Se evaluaron tres etapas consecutivas: una etapa de Pre-tratamiento (10 planillas; N = 480 observaciones) seguida de Tratamiento 1, con una dosis de 1 gota administrada por la mañana y 1 por la tarde (17 planillas; N = 822 observaciones), y finalmente Tratamiento 2, con un incremento a 2 gotas por la mañana y 2 por la tarde (10 planillas; N = 480 observaciones).



Fig. 2: Registro comportamental del ejemplar de gato montés *Leopardus geoffroyi*. En la fotografía A María Lourdes González y Bianca Nahir Bracamonte, fotografía B, Julieta Medina Perea.

Composición del aceite: ratio 1/3: 2mg/ml de thc, 6mg/ml de cbd. Se utilizó un etograma estandar para felinos, y el análisis se focalizó en los comportamientos con un total de 67%. Así el etograma se estructuró en cinco categorías principales de interés etológico: Pacing, Acostado (inactividad o descanso con el cuerpo apoyado sobre una superficie), Caminar (locomoción normal no estereotipada para exploración o desplazamiento), Atento (estado de alerta o vigilancia hacia estímulos del entorno) y Uso del refugio (permanencia del individuo dentro de la guarida) (Fig.3).

Los datos crudos de la fase basal (Pre-tratamiento) revelaron un patrón de estrés elevado caracterizado por una alta frecuencia de pacing (19.47%), inactividad reactiva (acostado, 25 %) y la búsqueda recurrente del refugio para ocultarse (9.84%). Tras la introducción de la terapia cannabinoide, la respuesta etológica en el Tratamiento 1 reflejó una moderación ansiolítica evidente: la prevalencia del pacing disminuyó drásticamente al 7.06%, mientras que

el tiempo dedicado al descanso (acostado) se incrementó hasta un 34.18%. Esta atenuación de la hiperactividad motor-estereotípica concuerda con la acción del CBD sobre el sistema endocannabinoide central y la modulación de receptores serotoninérgicos 5-HT_{1A}, los cuales regulan el miedo y la respuesta neuroendocrina ante amenazas percibidas^{3,4}.

No obstante, en la fase de Tratamiento 2 se registró un marcado cambio de tendencia. La conducta de pacing rebotó al 16.22% y la locomoción no estereotípica (caminar) se disparó sustancialmente hasta alcanzar el 20.17%. Al auditar en detalle las anotaciones cualitativas de las planillas de campo, se constató que el incremento del pacing y la agitación respondieron en gran medida a disturbios antropogénicos agudos —tales como el ruido de maquinarias para el mantenimiento de áreas verdes y la presencia inusual de visitantes en las inmediaciones del recinto— más que a una pérdida de eficacia farmacológica o al incremento de la dosis. Esta observación demuestra que los estresores ambientales agudos ejercen un peso determinante sobre la homeostasis comportamental, pudiendo interferir o enmascarar el efecto modulador del tratamiento fitoquímico.

Por otro lado, un hallazgo adaptativo altamente relevante fue el descenso paulatino en el uso del refugio, cayendo del 9.84% inicial al 0.00% en la etapa final. Esto coincidió con el incremento en la exploración activa

del recinto y en la conducta de vigilancia ambiental (atento, 10.60%). La desinhibición del uso del espacio abierto sugiere que, a pesar de las perturbaciones puntuales, el felino experimentó una mayor plasticidad comportamental y habituación a la exposición territorial.

De cara a perspectivas futuras, resulta indispensable diseñar ensayos clínicos longitudinales en carnívoros silvestres en cautiverio que integren mediciones fisiológicas no invasivas (como la cuantificación de metabolitos de glucocorticoides en heces/saliva) en conjunto con la evaluación etológica. Asimismo, se requiere controlar las variables contextuales mediante la planificación de programas de enriquecimiento ambiental coordinados. En conclusión, el cannabis medicinal constituye una herramienta complementaria y prometedora para la atenuación de estereotipias en *L. geoffroyi*, entendiendo que su efectividad clínica dependerá de un abordaje integral y sostenido en el tiempo, que garantice la estabilidad del entorno.

Bibliografía

- [1] Mason, G. J. (1991). Stereotypies: a critical review. *Animal Behaviour*, 41(6), 1015-1037 [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80640-2](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80640-2)
- [2] Clubb, R., & Mason, G. (2003). Captivity effects on wide-ranging carnivores. *Nature*, 425, 473-473 <https://doi.org/10.1038/425473a>
- [3] Hunt, A. B. G., Flint, H. E., Logan, D. W., & King, T. (2023). A single dose of cannabidiol (CBD) positively influences measures of stress in dogs during transportation and car travel. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, Article 1112604 <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1112604>
- [4] Kulpa, J. E., Paulionis, L. J., Eglit, G. M., & Vaughn, D. M. (2021). Safety and tolerability of escalating cannabinoid doses in healthy cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 23(12), 1162-1175. <https://doi.org/10.1177/1098612X21100421>

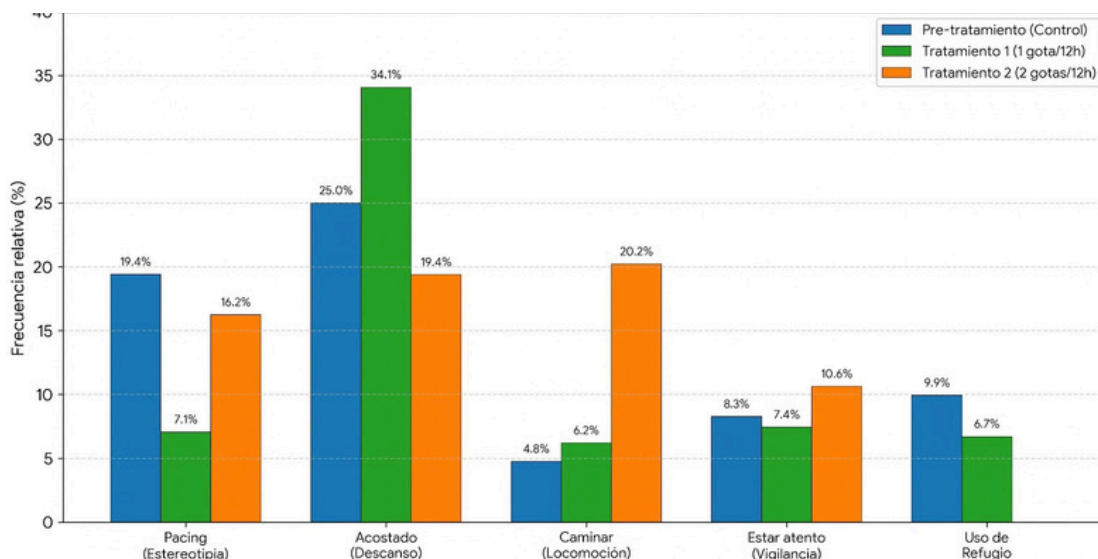


Fig. 3: Las 5 categorías graficadas representan los comportamientos principales de interés etológico (61-67 % del tiempo total de registro) de un total de 23.

EFECTO DEL USO DEL SUELO SOBRE LA DIVERSIDAD DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN EL CHACO SEMIÁRIDO

Pavón, R. L. 1 & Aragón, R. 1

1. Instituto de Ecología Regional (IER), Unidad Ejecutora CONICET-UNT, Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L., Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.
lourdezzzpavon@gmail.com

Resumen

La macrofauna del suelo participa activamente en la descomposición de materia orgánica y el ciclado de nutrientes, constituyendo un importante indicador biológico del funcionamiento del ecosistema. En el Chaco Semiárido argentino, los cambios en el uso del suelo pueden modificar significativamente la diversidad de estos organismos. El objetivo de este trabajo fue evaluar cómo distintos tipos de cobertura, tanto naturales como con uso antrópico, influyen sobre la abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica en agroecosistemas del Chaco Semiárido. Durante el verano del año 2024 se analizaron muestras colectadas mediante trampas de caída en distintos tipos de cobertura vegetal en establecimientos productivos de Córdoba y Santiago del Estero. Se colectaron un total de 8005 individuos. Los bosques nativos registraron los mayores valores de riqueza y diversidad, mientras que el uso silvopastoril presentó la mayor abundancia y estuvo dominado

principalmente por himenópteros. Los resultados indican que la intensificación del uso del suelo reduce la heterogeneidad de la macrofauna edáfica dando lugar a comunidades más homogéneas.

Palabras clave: BIODIVERSIDAD; FAUNA DEL SUELO; AGROECOSISTEMAS; COBERTURA DEL SUELO, ABUNDANCIA

Introducción

La edafofauna es una parte integral del suelo ya que participa de procesos como la descomposición, lo cual luego influye en la productividad de la vegetación [1]. En particular, se reconoce que la macrofauna (organismos mayores a 2 mm de longitud) afecta características físicas, químicas y biológicas del ambiente edáfico y puede considerarse un importante indicador biológico de la salud del suelo.

El tipo de uso o cobertura del suelo puede afectar la abundancia, diversidad y composición de la macrofauna, tanto a través de alteraciones en variables ambientales (por ejemplo, humedad y temperatura), como por cambios en diversidad y estructura de la vegetación. En una revisión reciente, se encontró que la abundancia y riqueza de los invertebrados de suelo se reduce con la conversión de sistemas naturales a lotes agrícolas o pasturas a nivel global, y que ese patrón es más fuerte en sitios tropicales y subtropicales [2].

En el Chaco Semiárido argentino, la expansión agropecuaria ha transformado los ambientes naturales reemplazando bosques por pasturas y lotes agrícolas [3], por lo que se identifica a esta región como una de las que posee mayores tasas de deforestación a nivel global [4]. Varios trabajos han documentado que este cambio en la cobertura de la vegetación afecta la composición y diversidad de distintos organismos, como aves y mamíferos [5–7], mientras que menos se enfocaron en organismos de menor tamaño como la edafofauna. En este trabajo nos propusimos evaluar cómo distintos tipos de cobertura, tanto naturales como con uso antrópico, influyen sobre la abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica en agroecosistemas del Chaco Semiárido en las provincias de Córdoba y Santiago del Estero.

Metodología

El estudio se llevó a cabo durante los meses del verano del año 2024 (febrero y marzo) en 12 establecimientos agrícolas localizados en la región del Chaco semiárido, distribuidos en las provincias de Córdoba y Santiago del Estero (Fig. 1), donde se seleccionaron diferentes tipos de usos del suelo: bosque, cultivo, cultivo sin agroquímicos, sistema silvopastoril, cortina, corredor, bosque ripario, restauración y áreas abiertas. Los sitios con cobertura de bosque nativo se agruparon en dos categorías según su tamaño y grado de continuidad espacial: Unidad de Bosque Grande (UBG): remanentes

continuos de bosque nativo con una franja o ancho mínimo continuo superior a los 300 m y Unidad de Bosque Pequeño (UBP): parches o fragmentos de bosque con un ancho o extensión máxima inferior a los 300 m. Esta categoría comprende tanto pequeños remanentes aislados como cortinas forestales y corredores de vegetación. En cada establecimiento se identificaron los distintos tipos de cobertura y en cada tipo de cobertura se realizó una transecta de 100 m, en cada extremo de cada una de las transectas se colocaron dos trampas de caída (cuatro en total por transecta). Las trampas se ubicaron a 5 m de cada lado de las transectas. El número de transectas por tipo de uso varió desde 2 a 18 según la disponibilidad en los establecimientos considerados. Las trampas de caída (pitfall) se enterraron en el suelo para que quedaran al ras y permanecieron en el campo por un día. Cada trampa contenía aproximadamente 200 cc de agua con aproximadamente cinco gotas de detergente o glicol (para limitar la evaporación y romper la tensión superficial). Durante la colecta se colaron las muestras, se etiquetaron y se transportaron al laboratorio. En el laboratorio, primero se clasificó en mesofauna (0,1-2 mm) y macrofauna (>2 mm) y en este caso solo se trabajó con este último grupo. Se realizaron las identificaciones a nivel de orden y se calcularon abundancia total de individuos, riqueza e índice de diversidad de Shannon-Wiener de órdenes taxonómicos identificados.

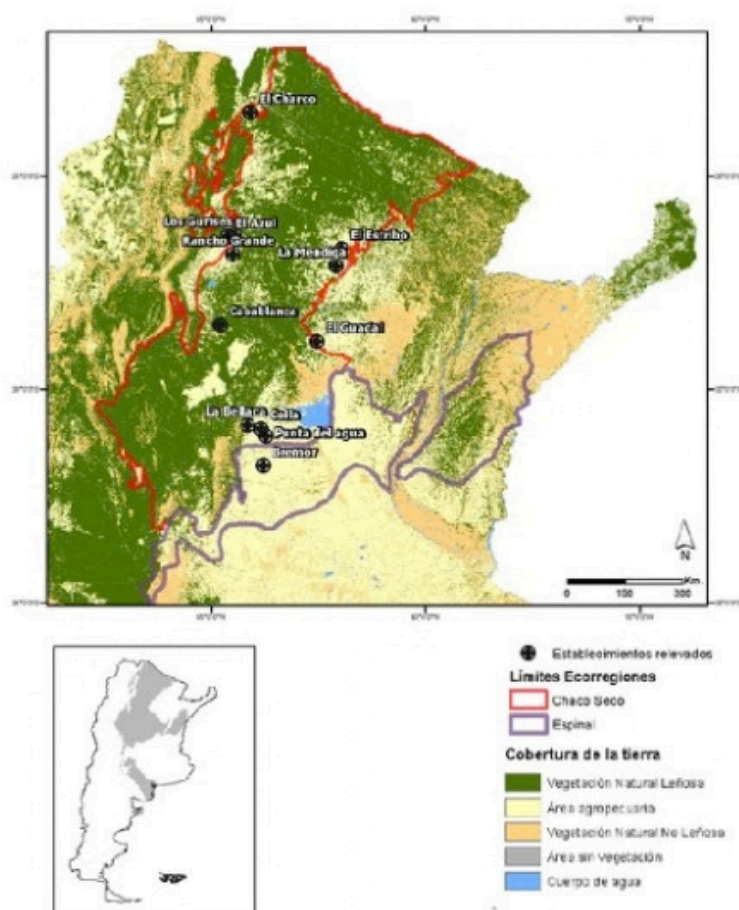


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en el Chaco semiárido argentino.

Resultados

En total se colectaron 8005 individuos pertenecientes a 17 grupos taxonómicos de macrofauna del suelo. Para los análisis comparativos por tipo de cobertura de suelo y la elaboración de matrices comunitarias, se seleccionaron los 7 grupos dominantes (Hymenoptera, Diptera, Isopoda, Coleoptera, Araneae, Lepidoptera y Orthoptera), que registraron más de 50 individuos y estaban presentes en más de un tipo de cobertura. Estos grupos representaron el 97.4% de la abundancia total. La cobertura con mayor abundancia total de macroinvertebrados edáficos fue el uso silvopastoril, con 2633 individuos, seguido por UBP (2018 individuos), y UBG (1302 individuos).

Las coberturas de cultivo y áreas abiertas mostraron abundancias menores (1086 y 776 respectivamente), mientras que cultivo sin agroquímicos y restauración tuvieron abundancias aún más bajas (68 y 122 respectivamente) (Fig. 2 y Tabla 1). Al considerar el promedio de abundancia por transecta, los sistemas silvopastoriles continuaron siendo los de mayor número de individuos, seguidos por las áreas abiertas y ambas unidades de bosque (UBG y UBP) (Fig. 3).

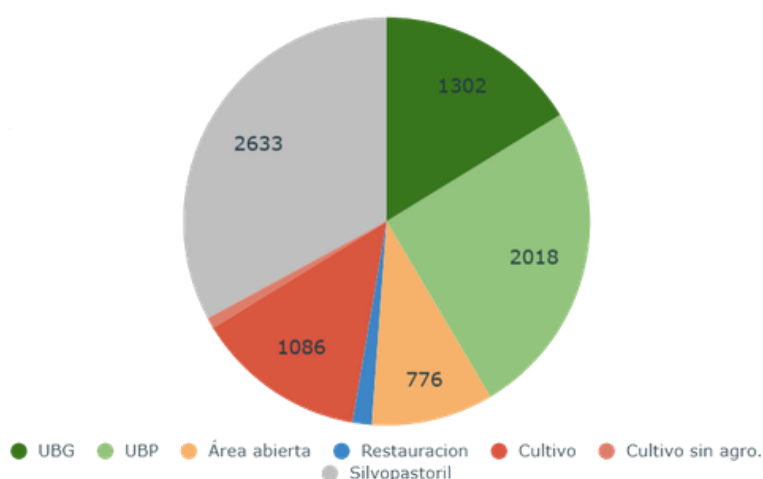


Figura 2. Abundancia total de individuos de la macrofauna edáfica en los distintos tipos de cobertura evaluados.

Cobertura	Abundancia total (N)	Riqueza (Q)	Índice de Shannon (H')
UBG (Bosque grande)	1302	14	1.82
UBP (Bosque pequeño)	2018	17	1.74
Área abierta	776	10	1.23
Restauración	122	5	1.11
Silvopastoril	2633	7	0.74
Cultivo sin agroquímicos	68	6	1.09
Cultivo	1086	15	1.51

Tabla 1. Abundancia total de individuos, riqueza y diversidad (índice de Shannon) de ordenes de la macrofauna edáfica en los distintos tipos de cobertura evaluados.

Las distintas coberturas difirieron en riqueza de órdenes y en su diversidad. Las unidades de bosque (UBG y UBP) registraron los mayores valores, tanto de riqueza como de diversidad, seguidas por cultivos y áreas abiertas (Tabla 1). Los cultivos sin agroquímicos (presentes solo en uno de los establecimientos) registraron baja riqueza y diversidad al igual que las transectas en sitios restaurados (Tabla 1). En todas las coberturas, el orden más abundante y representativo fue Hymenoptera, mostrando su mayor dominancia en los sistemas silvopastoriles (Fig. 4). Por su parte, las unidades de bosque y la cobertura de cultivo presentaron la composición de órdenes más heterogénea (Fig. 4).

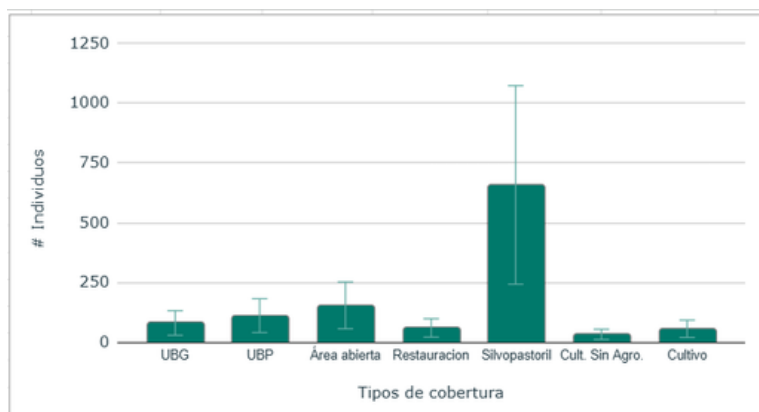


Figura 3. Abundancia promedio de individuos de la macrofauna edáfica en los distintos tipos de cobertura evaluados. Las barras representan el error estándar. Los sitios están ordenados según un gradiente de intensificación.

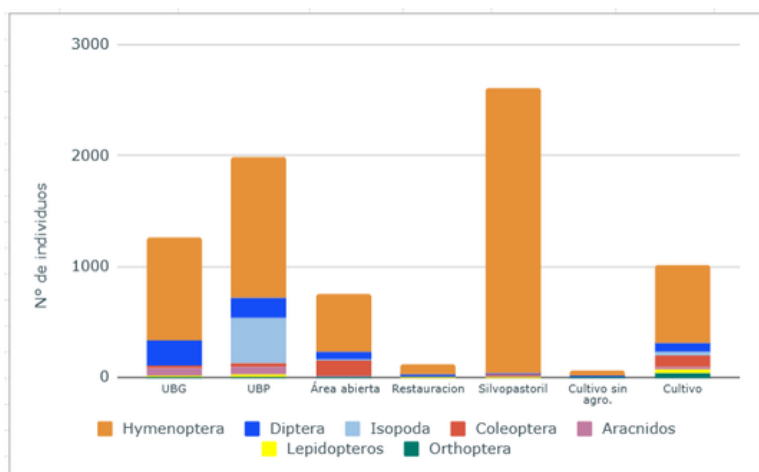


Figura 4. Abundancia de individuos pertenecientes a los distintos grupos de macrofauna edáfica en los diferentes tipos de cobertura evaluados. Los sitios están ordenados según un gradiente de intensificación.

Discusión y conclusión

Los resultados evidencian que la intensificación del uso del suelo modifica la estructura de las comunidades de macrofauna edáfica. Sin embargo, este impacto no ocurre de manera uniforme, ya que se observan dos situaciones contrastantes. Por un lado, el sistema silvopastoril tiene un efecto pronunciado sobre la diversidad de la macrofauna: si bien registró la mayor abundancia total de individuos, la comunidad estuvo fuertemente dominada por hormigas (Hymenoptera), consideradas generalistas. Por otro lado, la intensificación mediante cultivos conservó una composición y niveles de diversidad de órdenes más similares a las unidades de bosque nativo (UBG y UBP), superando en riqueza e índice de diversidad incluso a los sitios en restauración y áreas abiertas, pero con menor abundancia de individuos.

La pérdida de diversidad asociada a la conversión de coberturas naturales es un patrón ya encontrado a nivel global en trabajos que incluyen otros componentes de la fauna edáfica (mesofauna, anélidos) [2]. Este estudio contribuye como parte de un primer paso sobre este tema en esta región. Consideramos que sería importante explorar si esta pérdida de diversidad se traduce también en una disminución de la diversidad funcional de grupos tróficos (descomponedores, herbívoros, depredadores). La resolución taxonómica de este trabajo (a nivel de orden) nos impide realizar conclusiones sobre esto, dado que

cada orden puede incluir familias de distintos grupos tróficos. También consideramos que sería importante explorar si estas variaciones en la composición y diversidad producen alteraciones en servicios ecosistémicos claves como la descomposición y el ciclado de nutrientes [8].

Para que las conclusiones tengan un mayor alcance se sugiere realizar colectas a lo largo del año y en un futuro también incorporar el resto de la fauna edáfica (micro y mesofauna). También sería importante contar con una mayor resolución taxonómica que permita tener mayor información sobre los hábitos alimenticios.

En conjunto, estos resultados resaltan la importancia de conservar remanentes de bosque nativo e incorporar estrategias de manejo que mantengan la heterogeneidad ambiental a nivel de paisaje.

Agradecimientos

Agradezco al Programa de Entrenamiento y Capacitación de Recursos para la Investigación Ecológica del Subtrópico (PECaRIES), en el marco institucional del Instituto de Ecología Regional (IER, UNT), por brindar el espacio de formación y las herramientas necesarias para el desarrollo de esta experiencia de investigación.

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial

Durante la adecuación editorial del manuscrito se utilizaron herramientas de inteligencia artificial como apoyo para la corrección de estilo y la organización del texto.

Bibliografía

- [1] Tripathi, G., Ram, S., Sharma, B. M., & Singh, G. (2005). Soil faunal biodiversity and nutrient status in silvopastoral systems of Indian desert. *Environmental Conservation*, 32(2), 178–188.
- [2] Chiappero, M. F., Rossetti, M. R., Moreno, M. L., & Pérez-Harguindeguy, N. (2024). A global meta-analysis reveals a consistent reduction of soil fauna abundance and richness as a consequence of land use conversion. *Science of the Total Environment*, 946, 173822.
- [3] Vallejos, M., Volante, J. N., Mosciaro, M. J., Vale, L. M., Bustamante, M. L., & Paruelo, J. M. (2015). Transformation dynamics of the natural cover in the Dry Chaco ecoregion: A plot level geo-database from 1976 to 2012. *Journal of Arid Environments*, 123, 3–11.
- [4] Mastrangelo, M. E., & Aguiar, S. (2019). Are ecological modernization narratives useful for understanding and steering social-ecological change in the Argentine Chaco? *Sustainability*, 11(13), 3593.
- [5] Macchi, L., Baumann, M., Bluhm, H., Baker, M., Levers, C., Grau, H. R., & Kuemmerle, T. (2019). Thresholds in forest bird communities along woody vegetation gradients in the South American Dry Chaco. *Journal of Applied Ecology*, 56(3), 629–639.
- [6] Mastrangelo, M. E., & Gavin, M. C. (2012). Trade-offs between cattle production and bird conservation in an agricultural frontier of the Gran Chaco of Argentina. *Conservation Biology*, 26(6), 1040–1051.
- [7] Nanni, A. S., Regolin, A. L., Fernandez, P. D., Giordano, A. J., Martello, F., Bailey, L. L., & Lucherini, M. (2023). Woody cover and pasture within the surrounding matrix drive puma (*Puma concolor*) occupancy in agroecosystems of the Argentine Dry Chaco. *Journal for Nature Conservation*, 75, 126475.
- [8] Velasquez, E., & Lavelle, P. (2019). Soil macrofauna as an indicator for evaluating soil based ecosystem services in agricultural landscapes. *Acta Oecologica*, 100, 103446.

RÍOS BAJO PRESIÓN: IMPACTO DE ESTRESORES ANTRÓPICOS EN EL FUNCIONAMIENTO ECOLÓGICO DE RÍOS SUBTROPICALES DE TUCUMÁN

Velázquez, D. N. 1; Iriarte, M. E. 1;
Andina, M. L. 1; La Morgia, F. 1; Di
Marco, E 1; Fernandez, M. J. 1,2;
Alberti, P. 1,2; Nieva, P. 1; Paz
Barrionuevo, G. 1; Ramayo, J. M. E. 1; &
Gultemirian, M. L. 1,2.

1. Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L.
Universidad Nacional de Tucumán (UNT), San
Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
2. IBN (Instituto de Biodiversidad Neotropical)
CONICET – Universidad Nacional de Tucumán
UNT, Yerba Buena, Tucumán, Argentina.
dulcevelazquez@csnat.unt.edu.ar

Resumen

La conservación de los ríos depende de comprender los procesos ecológicos que regulan su funcionamiento. El agua dulce constituye un recurso limitado cuyo mantenimiento depende del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. En la provincia de Tucumán, la Cuenca Salí-Dulce está sometida a múltiples presiones de origen antrópico, entre ellas el enriquecimiento por nutrientes, la contaminación por plaguicidas, las modificaciones en el uso del suelo y los efectos del cambio climático. Este artículo sintetiza los principales resultados obtenidos en el marco del proyecto “Evaluación de estresores antropogénicos sobre los procesos involucrados en el funcionamiento de ríos”, desarrollado por docentes y estudiantes de la cátedra

cátedra de Química General. Se analizó la respuesta del Biofilm epilítico y los macroinvertebrados bentónicos, así como la dinámica de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica. Los resultados permitieron comprender cómo los diferentes estresores modifican el funcionamiento de los ríos estudiados y afectan su capacidad para sostener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. El conocimiento generado constituye una base científica para fortalecer el monitoreo, la gestión y la restauración de los ecosistemas fluviales de la región.

Palabras claves: BIODIVERSIDAD, CONSERVACIÓN, ECOSISTEMAS, ESTRESORES, NUTRIENTES, RÍOS

El pulso de nuestros ríos: ciencia para comprender y proteger un ecosistema en riesgo

Los ecosistemas acuáticos de Tucumán atraviesan un proceso de creciente deterioro debido a la intensificación de las actividades humanas y a los cambios ambientales. La Cuenca Salí-Dulce (Figura 1), que abarca cerca del 45 % de la superficie provincial, recibe aportes de materia orgánica y compuestos químicos de las industrias azucarera, citrícola y papelería, además de fertilizantes y plaguicidas provenientes de la agricultura. A ello se suman una urbanización acelerada y escasamente planificada, y eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas y precipitaciones intensas, que modifican el régimen hidrológico y comprometen las funciones ecológicas de los ríos y los servicios ecosistémicos que brindan a la sociedad [1]. Frente a este escenario, nuestro proyecto de investigación busca comprender cómo estos múltiples

estresores afectan el funcionamiento de los ríos subtropicales. Más que identificar únicamente los problemas ambientales, interesa conocer los procesos que regulan el transporte y la transformación de nutrientes, el reciclado de la materia orgánica y el mantenimiento de la biodiversidad. Para ello, estudiamos la calidad del agua, el biofilm que recubre las rocas, los macroinvertebrados bentónicos y las características fisicoquímicas de los sedimentos. Estos componentes permiten evaluar el estado ecológico de los ríos, ya que integran la historia reciente de las perturbaciones y reflejan la respuesta del ecosistema.

El viaje de los nutrientes: comprender cómo funciona un río

Comprender la salud de un río implica conocer cómo circulan y se transforman los nutrientes que ingresan al sistema. Uno de los conceptos centrales de la ecología fluvial es la espiral de nutrientes, que describe el recorrido de elementos esenciales, como el nitrógeno y el fósforo, mientras son transportados por la corriente, absorbidos por microorganismos y algas, incorporados a la cadena alimentaria y posteriormente liberados nuevamente al agua [2]. En los ríos, este reciclado ocurre mientras el agua fluye. La longitud de la espiral constituye un indicador del funcionamiento ecológico: cuando los nutrientes son retenidos y reutilizados en distancias cortas, el ecosistema aprovecha eficientemente los recursos disponibles. En cambio, cuando recorren mayores distancias antes de ser incorporados por los organismos, la eficiencia del reciclado disminuye.

Cuenca del Río Salí-Dulce y otras cuencas hidrográficas del Sistema Mar Chiquita

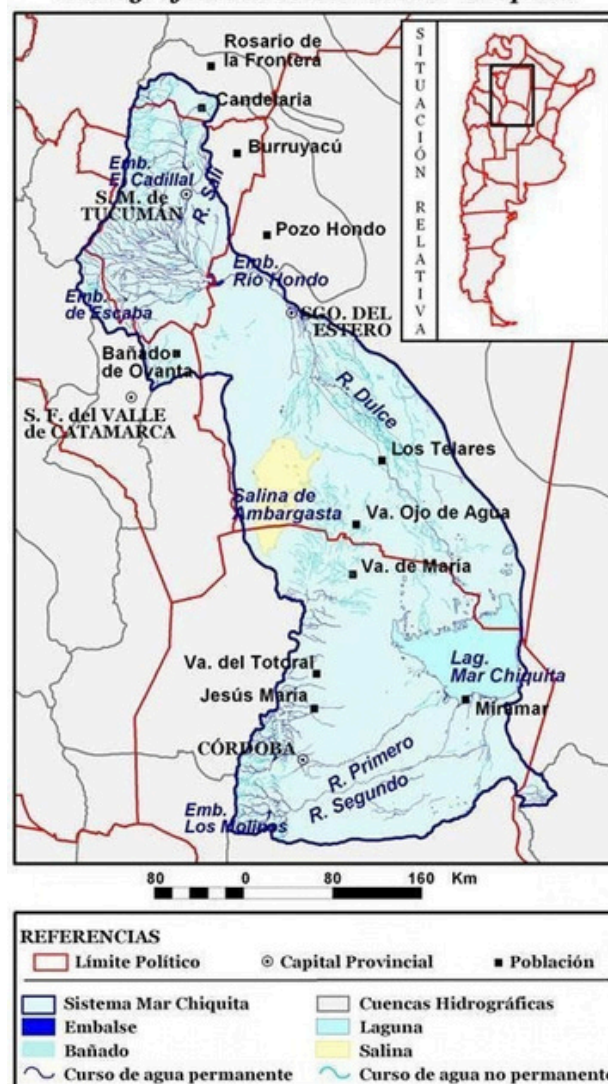


Figura 1. Delimitación de la Cuenca del Río Salí-Dulce y su ubicación dentro del Sistema Mar Chiquita, destacando su extensión en el territorio provincial. Tomado de Comité de Cuenca del Río Salí Dulce. <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/comite-de-cuenca-del-rio-sali-dulce>

Los estudios desarrollados por el grupo de investigación en la cuenca del río Lules y en otros sistemas fluviales de Tucumán (Figura 2) muestran que esta dinámica cambia con el aumento de la presión antrópica. En ríos afectados por efluentes industriales, escorrentía agrícola y otras fuentes de contaminación difusa, los nutrientes permanecen más tiempo en la columna de agua y recorren mayores distancias antes de ser incorporados por las comunidades biológicas.

Estos resultados indican que las actividades humanas reducen la capacidad de los ecosistemas para retener y transformar nutrientes de manera eficiente [3].

Comprender estos procesos permite ir más allá del diagnóstico de la contaminación y diseñar estrategias de manejo y restauración basadas en el funcionamiento ecológico de los ríos.



Figura 2. Ejecución del ensayo de campo para la medición de la espiral de nutrientes en el cauce del Río Noque.

De cuencas, suelos y sedimentos: una mirada integral del territorio

Una cuenca hidrográfica es el territorio cuyas aguas fluyen hacia un mismo punto. Estudiarla permite comprender la dinámica del sistema, preservar la calidad del agua, controlar la erosión y mitigar procesos de degradación. En nuestro proyecto, empleamos Sistemas de Información Geográfica (SIG) para delimitar cuencas y subcuencas, y observar cómo las actividades humanas en la parte alta de la montaña afectan la calidad del agua en la zona baja. En la cuenca del río Lules, este enfoque permitió estudiar las subcuencas de los ríos San Javier, Potrerillos y Noque, estos últimos tributarios del primero (Figura 3). Esta delimitación facilita el análisis de cómo la expansión urbana, la ganadería y el pastoreo impactan en el funcionamiento de los ríos.

Pero para comprender un río no basta con observar el agua que fluye. También es necesario estudiar el lecho sobre el que descansa. Los sedimentos, esa mezcla de arenas, limos y arcillas que tapizan el fondo, funcionan como una memoria activa del paisaje: registran y procesan los efectos de los procesos geológicos y de las actividades humanas.

Para conocer su comportamiento, recolectamos muestras del lecho y las sometimos a ensayos de intercambio químico con agua del propio río, en algunos casos enriquecida con fósforo. Mediante espectrofotometría, determinamos cuánto de ese nutriente podía quedar atrapado en el terreno y cuánto podía liberarse, y calculamos el punto de equilibrio (EPC0), concentración con la que el sedimento no adsorbe ni libera fósforo al río.

Nuestras investigaciones revelaron que el lecho del río San Javier actúa como un amortiguador natural, atrapando el exceso de fósforo. Sin embargo, esta capacidad no es infinita. En el río Noque, aunque sus aguas parecen cristalinas, los sedimentos acumulan nutrientes que podrían liberarse ante cambios en el entorno. Por otro lado, el río Potrerillo presenta mayor fragilidad, debido a que sus sedimentos tienen menor capacidad para procesar estos aportes.

Esta estrecha relación entre suelo y agua se ve tensionada por la urbanización creciente y la falta de planificación, como ocurre en zonas del Valle de La Sala.

Cuando la cobertura vegetal natural es reemplazada por superficies impermeables o asentamientos sin saneamiento, también se modifica la química de los ríos. Por ello, la salud de nuestros ríos no se gestiona solo en el cauce, sino en cada hectárea de tierra que lo rodea.

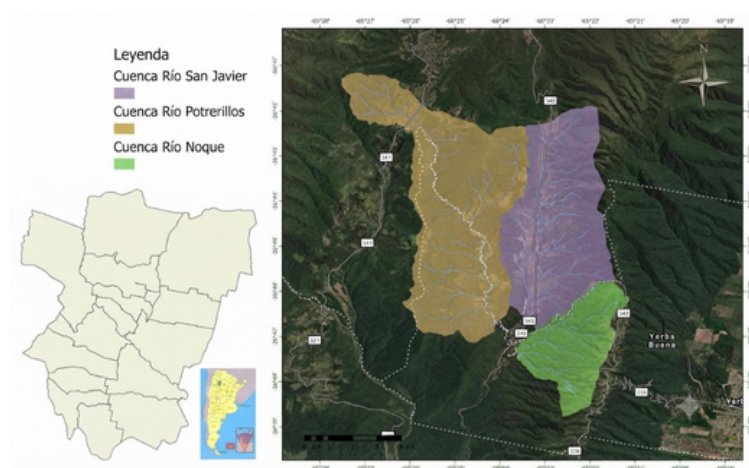


Figura 3. Delimitación mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) de las subcuencas de los ríos San Javier, Potrerillos y Noque, tributarias de la cuenca del Río Lules.

Los organismos que mantienen vivo al río

Los organismos que mantienen vivo al río El funcionamiento de un río también depende de las comunidades biológicas que lo habitan. Entre las más importantes se encuentran el biofilm epilítico y los macroinvertebrados bentónicos, organismos que participan en el reciclado de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y el flujo de energía a través de la red trófica. Debido a su sensibilidad a las modificaciones ambientales, constituyen indicadores del estado ecológico de los ríos.

El biofilm epilítico es una película biológica formada por algas, bacterias, hongos y otros microorganismos que recubre las rocas sumergidas (Figura 4). Allí ocurre gran parte de la producción primaria del río, el reciclado de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica. Las investigaciones muestran que el enriquecimiento con nutrientes y la presencia de plaguicidas modifican su composición y sus funciones.



Figura 4. Procedimiento de muestreo y procesamiento de biofilm epilítico: extracción de la película biológica sobre sustrato rocoso en campo y medición de parámetros fisicoquímicos en el laboratorio del IBN-CONICET.

Para estudiar estas respuestas, el equipo utiliza un sistema de mesocosmos fluviales, ubicado en el Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN-FCN e IML- CONICET), que permite recrear condiciones naturales en un entorno controlado y cuantificar el efecto de distintos estresores sobre la fotosíntesis, la respiración y la biomasa algal [4].

Los macroinvertebrados bentónicos, como insectos acuáticos, crustáceos y moluscos, participan en el flujo de energía y el reciclado de nutrientes. Muchos intervienen en la fragmentación y descomposición de la hojarasca de la vegetación ribereña, un proceso clave para el metabolismo de los ríos [5]. La técnica de bolsas de hojarasca (litter bags) permite estimar esta tasa de descomposición y evaluar cómo el enriquecimiento por nutrientes y la contaminación por pesticidas modifican este servicio ecosistémico.

En las cuencas de los ríos San Javier y Potrerillo, la expansión de la ganadería y la degradación de los bosques de ribera están transformando las condiciones ambientales y reduciendo la diversidad de estas comunidades [6]. Comprender estas respuestas permite evaluar el estado ecológico de los ríos e identificar los procesos que deben ser restaurados.

Comprender para proteger

El abordaje integral del biofilm epilítico, los macroinvertebrados bentónicos, la dinámica de nutrientes y los sedimentos permitió identificar respuestas concretas de los ecosistemas fluviales frente a las presiones antrópicas en las cuencas de Tucumán:

- **Pérdida de eficiencia en el reciclado de nutrientes:** en tramos afectados por efluentes y escorrentía se observó un aumento en la longitud de la espiral de nutrientes, evidenciando una menor capacidad de retención y procesamiento del río.

- **Respuestas diferenciales de los sedimentos:** los análisis químicos mostraron que los sedimentos presentan distinta capacidad para retener o liberar fósforo. Mientras el río San Javier mostró capacidad de amortiguación, el Noque presentó potencial de acumulación y liberación de nutrientes, y el Potrerillo evidenció mayor sensibilidad frente a nuevos aportes.
- **Alteración de procesos biológicos:** los experimentos en mesocosmos y los ensayos de descomposición de hojarasca evidenciaron que la interacción entre nutrientes y plaguicidas puede alterar la fotosíntesis, la respiración y la diversidad de las comunidades bentónicas.

En conjunto, estos resultados no solo permiten diagnosticar el deterioro, sino también aportar métricas concretas del funcionamiento ecosistémico, como la longitud de la espiral de nutrientes, la capacidad de retención de fósforo y las tasas de descomposición. Estas herramientas pueden fortalecer el monitoreo, orientar el manejo de las cuencas y contribuir a priorizar acciones de restauración y protección de las franjas ribereñas.

En un escenario de cambio climático y creciente demanda de agua de calidad, comprender y preservar los procesos ecológicos que sostienen la biodiversidad resulta fundamental para mantener la salud, funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas fluviales.

Bibliografía

- [1] Allen, M. R., Babiker, M., Chen, Y., de Coninck, H., Connors, S., van Diemen, R., ... & Zickfeld, K. (2018). Summary for policymakers. In *Global Warming of 1.5: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. IPCC.
- [2] Sabater, S., & Elosegí, A. (2009). *Conceptos y Técnicas en Ecología Fluvial*.
- [3] Gultemirian, M. L., Giorgi, A., Feijoó, C., & Rodríguez, M. C. (2018). Dissolved phosphorus uptake in subtropical and temperate streams of Argentina. *Limnetica*, 37(2), 283-296.
- [4] Jackson, M. C., Loewen, C. J., Vinebrooke, R. D., & Chimimba, C. T. (2016). Net effects of multiple stressors in freshwater ecosystems: a meta-analysis. *Global change biology*, 22(1), 180-189.
- [5] Petersen, R. C., & Cummins, K. W. (1974). Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater biology*, 4(4), 343-368
- [6] Fernandez, J. M. (2020). La tasa de descomposición de la hojarasca y su relación con la salinidad en un río de montañas de Yungas (Tucumán, Argentina). Tesis de grado Facultad de Ciencias Naturales e IML-UNT.

¿QUÉ HAY DENTRO DE ÉSTA HOJITA? CONOCIENDO TÉCNICAS HISTOLÓGICAS BÁSICAS PARA EL ANÁLISIS FOLIAR

Julián Viroche, M. G. 1 & Neira, D. A. 1

1. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo 205, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
GViroche33@gmail.com

Resumen

*En este trabajo cuento mi experiencia en las ramas Botánicas de la Biología. Durante una salida de campo realizada en mayo de 2026 en Ticucho (Trancas, Tucumán), se colectaron ramas de un arbusto con el objetivo de estudiar sus características anatómicas. En el laboratorio de la cátedra de Anatomía Vegetal (Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo – UNT) se realizaron raspados epidérmicos y cortes transversales a mano alzada de las hojas. El análisis microscópico reveló la presencia de características anatómicas típicas de especies vegetales adaptadas a ambientes xéricos. Finalmente, la integración de la evidencia anatómica con el estudio taxonómico permitió identificar el material como *Capparis atamisquea*, poniendo de manifiesto cómo distintas áreas de la botánica se complementan para comprender la diversidad vegetal y las adaptaciones de las plantas a su ambiente.*

Palabras clave: ANATOMÍA VEGETAL. TAXONOMÍA. HOJA

Mi primera pasantía universitaria se tituló “Los ambientes urbanos como refugios de Una tarde de mayo del año 2026, visitando la zona de Ticucho (Trancas, Tucumán), decidí colectar unas ramas de un arbusto que llamó mi atención debido a las condiciones ambientales en las que se encontraban: radiación solar intensa y disponibilidad hídrica limitada. Una de las incógnitas principales que despertó mi curiosidad fue conocer cuáles son las estrategias que utiliza esta planta para sobrevivir en condiciones tan distintas de las presentes en ambientes más familiares de nuestra provincia, las yungas.

Con este propósito, decidí visitar la cátedra de Anatomía Vegetal de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo (Universidad Nacional de Tucumán – Argentina) en la que sus docentes accedieron muy amablemente a ayudarme a responder los interrogantes planteados. ¡Manos a la hoja!

Ya en el laboratorio, al observar el material vegetal con lupa estereoscópica Nikon pude identificar una capa blanquecina sobre la cara abaxial de las hojas (Fig. 1A y B). Por ello, me sugirieron realizar un raspado de esa superficie para conocer su naturaleza. Sobre un portaobjetos colocamos una gota de agua y, sosteniendo el órgano vegetal con la cara abaxial orientada hacia el observador, raspamos cuidadosamente la superficie con una hoja de afeitar, procurando que el “polvo blanquecino” cayera sobre la gota de agua. Luego, agregamos una gota de agua-glicerina (1:1 v/v) sobre el raspado, colocamos sobre el mismo un vidrio cubreobjetos y lo llevamos al microscopio óptico para observar [1].

Mi sorpresa fue mayúscula cuando pude identificar una decena de estructuras epidérmicas conocidas como tricomas. Estos se caracterizan por ser pluricelulares, es decir que están

compuestos por numerosas células, y ser de tipo peltados, o sea que tienen forma de disco y están insertos por el centro (o cerca de este) a la epidermis [2]. Además, el contorno de estos se caracteriza por ser irregular (Figura 1C).

Posteriormente, realizamos cortes transversales a mano alzada de las hojas. Para esta técnica utilizamos una lupa y una hoja de afeitar, con la cual desempeñamos secciones consecutivas sobre el material vegetal, hasta obtener secciones del grosor deseado (muy finas). Luego de seleccionar los que consideramos potencialmente mejores al resto, los tratamos con una solución de agua-hipoclorito de sodio (lavandina diluida) para eliminar el contenido citoplasmático y conservar solamente las paredes celulares. Las secciones se lavaron repetidas veces hasta eliminar el hipoclorito, para posteriormente teñir el material con distintos colorantes: Safranina, azul Astra y azul de Toluidina. Los dos primeros colorantes se utilizan conjuntamente, ya que tienen afinidades contrastantes: mientras que las paredes primarias tienden a teñirse con el azul Astra, las paredes secundarias de las células lo hacen con la Safranina. El tercer caso, el azul de Toluidina, es un colorante metacromático, es decir que tiene afinidad distinta de acuerdo a las estructuras con las que reaccione.

Finalmente, agregamos una gota de agua-glicerina (1:1 v/v) sobre la muestra y colocamos el vidrio cubreobjeto para poder observar nuestros cortes al microscopio [1, 3].

En estos preparados se pudieron distinguir dos zonas: un nervio central y las láminas foliares hacia los laterales de este (Fig. 2A). A mayor aumento, se observa una cutícula gruesa tanto en la epidermis adaxial (Fig. 2B) como en la abaxial (Fig. 2C); estos tejidos se encuentran compuestos por un único estrato de células epidérmicas, siendo las adaxiales de forma columnar y mucho

más altas que las abaxiales. Por debajo del estrato epidérmico superior, se identificaron células aisladas de paredes secundarias engrosadas, denominadas esclereidas (Fig. 2B). Se diferenciaron dos tipos de parénquima en base a las características celulares: en empalizada, que se encuentra hacia la epidermis abaxial y también hacia la adaxial, constituido por células columnares con escasos espacios intercelulares; y esponjoso, en el centro del tejido parenquimático y de constitución laxa y proporción menor con respecto al anterior (Fig. 2 A-C). La superficie abaxial presenta abundantes tricomas peltados (Fig. 2C), pero también se diferencian estomas, cubiertos por las estructuras pluricelulares antes mencionadas (Fig. 2D).

Con esta información y con la ramita en mano me dirigí, esta vez, hacia la cátedra de Diversidad Vegetal III (de esta misma institución educativa), donde los docentes me guiaron hasta determinar que el material vegetal colectado correspondía a un ejemplar de *Capparis atamisquea* Kuntze (Familia Capparaceae y sinónimo utilizado habitualmente *Atamisquea emarginata*). Esta especie está comprendida por arbustos de poco más de 3 metros de alto, distribuida en la República Argentina desde el norte hasta la provincia de Río Negro, se halla en particular en bosques xerófilos del Monte y de la provincia biogeográfica Chaqueña, y en territorio chileno hasta México. Según la región se la conoce con diferentes nombres comunes: “matagusanos” o “curabichera” en San Juan debido a su uso etnobotánico como antiséptico para tratar heridas de animales, mientras que en el noroeste argentino es ampliamente denominada “atamisqui” [4].

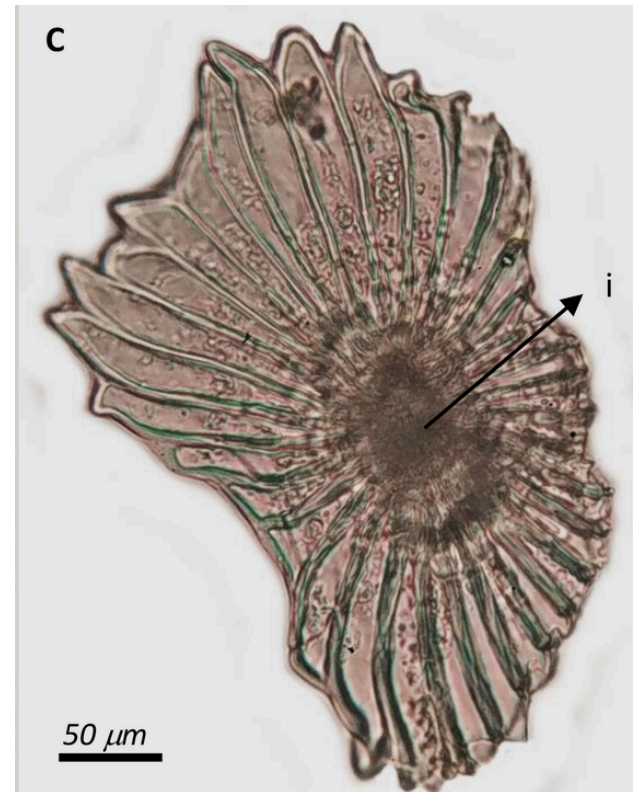
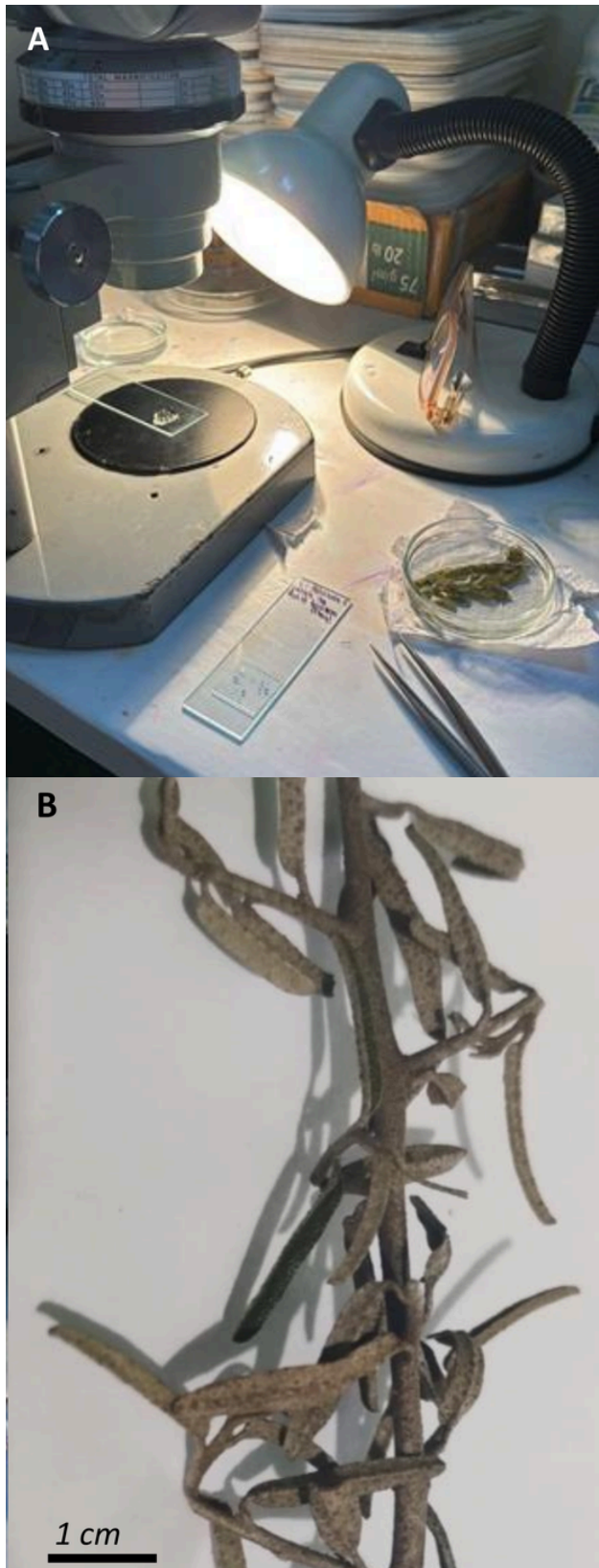


Figura 1. A- Sector del laboratorio de Anatomía Vegetal donde se realizaron las técnicas histológicas del material vegetal. B- Muestra vegetal de *Capparis atamisquea*, donde se observa la morfología de las hojas y la característica capa blanquecina que se encuentra en la superficie abaxial de las mismas. C- Tricoma pluricelular peltado de *Capparis atamisquea*, mostrando las múltiples células que lo componen y la inserción (i) en la epidermis.

Se caracteriza por tener hojas pequeñas, simples, alternas, pecioladas, discolores y de aspecto coriáceo y, anatómicamente, sus características foliares coinciden con las descritas en este trabajo [4, 5]. Algunas de ellas son propias de especies vegetales adaptadas a ambientes xéricos (caracterizados por bajo porcentaje de precipitaciones y alta radiación solar) como la cutícula gruesa y estomas en la epidermis abaxial protegidos por abundantes tricomas [6]. Otras, en cambio, son atípicas, pero consideramos que refuerzan su adaptación al ambiente, como las células epidérmicas adaxiales columnares altas y las esclereidas debajo de estas.

Esta experiencia puso de manifiesto que ninguna disciplina de la botánica trabaja de manera aislada: la observación en el campo, el estudio anatómico y la identificación taxonómica son etapas complementarias que, integradas, permiten comprender con mayor profundidad la diversidad vegetal y las características anatómicas de las plantas que habitan en determinados ambientes.

Finalmente, quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a los docentes de las cátedras de Anatomía Vegetal y Diversidad Vegetal III por facilitar la bibliografía de referencia, su predisposición y acompañamiento durante el trabajo de laboratorio y el análisis de las imágenes, por su orientación en la identificación taxonómica del material estudiado, y por su compromiso y motivación para el desarrollo de este trabajo.

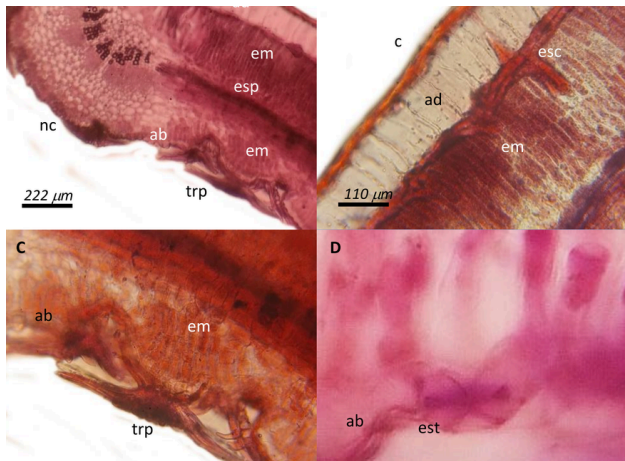


Figura 2. Sección transversal de la hoja de *Capparis atamisquea* observada bajo microscopio óptico. A- Vista general (4X). B- Detalle de epidermis adaxial y parénquima en empalizada (15X). C- Detalle de la epidermis abaxial y mesófilo (15X). D- Detalle de estoma en la epidermis abaxial (40X). Referencias: ab (epidermis abaxial), ad (epidermis adaxial), c (cutícula), em (parénquima en empalizada), esc (esclereidas), esp (parénquima esponjoso), est (estoma), lam (lámina foliar), nc (nervio central) y trp (tricoma peltado)

Bibliografía

- [1] D'Ambrogio de Argüeso, A. 1986. Manual de técnicas en histología vegetal. Hemisferio Sur, Buenos Aires, pp. 83.
- [2] Beentje, H. 2010. The Kew plant glossary: an illustrated dictionary of plant terms. Royal Botanic Gardens, Kew. 160pp.
- [3] Mercado, M. I., & G. I. Ponessa. 2021. Nuevo soporte para obtención de cortes de material vegetal con micrótopo rotativo. *Dominguezia* 37(1): 29-35.
- [4] Cozzo, D. 1946. Relación anatómica entre la estructura del leño de las especies argentinas de "Capparis" y "Atamisquea". *Lilloa* XII: 30-38.
- [5] Rosati, V. R. 1991. Caracteres epidérmicos foliares de valor diagnóstico en la identificación de plantas leñosas del Chaco occidental. *Agriscientia* (VIII): 41-53.
- [6] Perea Gamboa, M. C. 2005. Aspectos funcionales y biogeográficos en desiertos cálidos de América: Desierto Sonorense (México) y Desierto del Monte (Argentina). Tesis para obtener el título de Doctor en Ciencias "Uso, Manejo y Preservación de Recursos Naturales" (Orientación en Ecología). La Paz, Baja California Sur, México. pp. 102.

¿ME PUEDE CAER UN ÁRBOL EN LA CABEZA ESTANDO EN TAFÍ VIEJO?: EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ARBOLADO URBANO EN TRES ZONAS DE LA CIUDAD.

Marin, I. 1 & Ceballos, S. J. 1,2

1.Facultad de Ciencias Naturales e IML – UNT. Miguel Lillo 205, Tucumán.

imarin20@alumnos.csnat.unt.edu.ar

2.Instituto de Ecología Regional (UNT-CONICET). Edificio Las Cúpulas, Horco Molle, Tucumán.

imarin20@alumnos.csnat.unt.edu.ar

Resumen

*El arbolado urbano provee numerosos beneficios ambientales, sociales y económicos, pero también puede representar riesgos para la población cuando no es gestionado adecuadamente y/o cuando no se realizan evaluaciones de su riesgo de caída. Por esto, se evaluó el riesgo del arbolado urbano en 15 individuos arbóreos distribuidos en tres zonas concurridas del municipio de Tafí Viejo, Tucumán, Argentina. La evaluación se realizó mediante los protocolos de Evaluación Visual Rápida (VR) y Evaluación Visual Básica (VB), considerando variables estructurales, ecológicas, interferencias, así como una valoración del riesgo cuantitativa basada en la probabilidad de falla, la probabilidad de impacto y las consecuencias de caída del árbol. Las tres zonas evaluadas presentaron al menos un individuo con valoración de riesgo Alto, identificándose un ejemplar de *Eucalyptus camaldulensis* como el de mayor riesgo, seguido por un ejemplar de *Jacaranda mimosifolia* y uno de *Handroanthus impetiginosus*. En términos generales, el*

riesgo del arbolado fue muy variable entre los individuos; se recomienda profundizar el diagnóstico de aquellos con puntuaciones cercanas al umbral de riesgo alto. Este trabajo constituye el primer relevamiento de riesgo de arbolado urbano de Tafí Viejo, y aporta una base de referencia para la gestión y la toma de decisiones a nivel municipal.

Palabras clave: ARBOLADO URBANO; EVALUACIÓN DE RIESGO; EUCALYPTUS CAMALDULENSIS; HANDROANTHUS IMPETIGINOSUS; JACARANDA MIMOSIFOLIA;

Introducción

Los espacios verdes y el arbolado urbano cumplen un rol fundamental en la mejora de la calidad de vida urbana [1,2]. Su presencia en este entorno se asocia a una amplia gama de beneficios ambientales, sociales y económicos que los han posicionado como componentes esenciales de la infraestructura urbana. Entre sus beneficios más destacados se encuentran la generación de sombra, la fijación de carbono, la provisión de hábitat y alimento para muchas especies animales y la regulación del ciclo hídrico y del microclima [2,3]. Además, por su valor estético y ambiental, es beneficioso para la economía y para la salud y el estado de ánimo de las personas [2]. Una ciudad con una infraestructura verde bien planificada y gestionada se vuelve más resiliente y sostenible ante los desafíos ambientales urbanos (e.g., reducción de la contaminación, disminución del efecto de isla de calor urbana) [1,2]. No obstante, el arbolado urbano puede generar una serie de inconvenientes para la ciudad, tales como la interferencia con el cableado y el alumbrado público, la obstrucción de cloacas y desagües, el levantamiento de veredas y ensuciamiento por la caída de hojas, ramas y frutos carnosos.

Entre las especies ornamentales exóticas más comunes en Argentina se encuentran *Melia azedarach* L. y *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum [5] [6] [7]. Ambas presentan un alto potencial tóxico [8] [9] que, al ser generalmente desconocido por la población, incrementa la probabilidad de intoxicaciones accidentales [10].

Los inconvenientes causados por el arbolado pueden prevenirse mediante la aplicación de buenas prácticas de gestión y una adecuada planificación de la plantación, es decir, la selección de las especies más apropiadas según las condiciones climáticas y de las características del sitio [3,10]. La gestión del arbolado urbano (GAU) (definida como el conjunto de actuaciones administrativas, estratégicas y ejecutivas orientadas a lograr un arbolado que contribuya al bienestar de la sociedad urbana [4]) resulta cada vez más relevante para mitigar riesgos y maximizar los servicios ecosistémicos en el contexto de los desafíos ambientales actuales. Una de las ramas de la GAU es la evaluación de riesgo del arbolado urbano, que consiste en métodos y herramientas para propiciar la mitigación de riesgos que podrían generar los árboles a la población. La gestión adecuada de riesgos se vuelve fundamental para promover la seguridad pública [5,6] y cumplir con los marcos normativos vigentes.

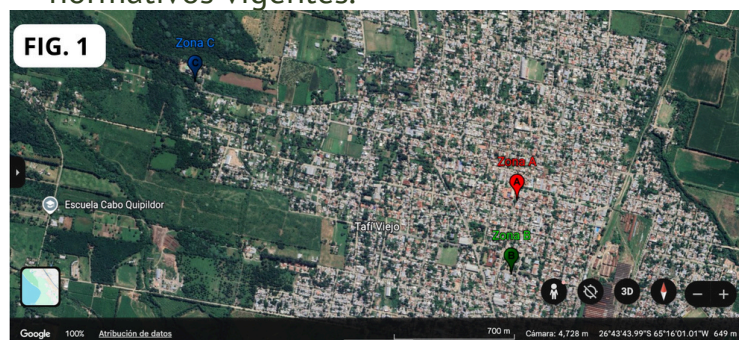


Figura 1. A: *Thevetia peruviana*; B: *Melia azedarach*. En ambas composiciones se observa el porte del árbol, las flores, los frutos y hojas de las respectivas especies. Fuente: Árboles ornamentales (<https://www.arbolesornamentales.es/generos.htm>).

En Tucumán, la falta de un mantenimiento adecuado del arbolado urbano y la realización de podas agresivas contribuyen a que éste, represente un riesgo para la población, particularmente durante la época de lluvias (siendo ésta entre noviembre y marzo, coincidiendo con la temporada cálida) [13], cuando aumenta la caída de árboles y ramas pudiendo causar daño a transeúntes, vehículos, elementos de la vía pública y edificios [7,8]. Para reducir este riesgo, se llevan a cabo tareas de poda y evaluación del arbolado urbano, realizadas principalmente por las municipalidades, por la empresa de energía eléctrica EDET [14], y por organizaciones como la Sociedad Amigos del Árbol. Asimismo, se han llevado a cabo inventarios o censos del arbolado urbano en Yerba Buena [15] y San Miguel de Tucumán [17], la capital de la provincia. Sin embargo, el municipio de Tafí Viejo carece de un censo de la totalidad de los árboles presentes en la ciudad, y no se encuentra información publicada sobre el estado del arbolado y su riesgo asociado, lo cual evidencia un vacío de información. Además, en las últimas décadas la ciudad de Tafí Viejo ha crecido tanto en superficie como en población [16], lo que ha incrementado la cantidad de personas potencialmente expuestas al riesgo de caída de árboles y sus posibles consecuencias. Es por esto que el objetivo de este trabajo es evaluar el estado del arbolado urbano de Tafí Viejo, Tucumán, mediante el relevamiento de individuos pertenecientes a las especies dominantes en tres zonas de la ciudad, como aporte al diagnóstico del arbolado y a la gestión de la seguridad pública municipal. Este artículo surge a partir de una monografía para la materia de especialidad Flora Regional Práctica, en la cual el plantel docente impulsó y acompañó en la realización del mismo.

Metodología

La recolección de datos se llevó a cabo mediante dos protocolos estandarizados desarrollados por Coelho Duarte (2021) [9]: el Método de Evaluación Visual Rápida (VR) y el Método de Evaluación Visual Básica (VB). El VR registra información estructurada en 12 ítems agrupados en dos categorías, (1) registro de la inspección y (2) evaluación del árbol. Las variables registradas incluyeron: identificación del individuo (ID) y de la especie usando los recursos web [11,12] y bibliografía [14], estado fitosanitario, equilibrio general del tronco y de la copa, defectos en parte aérea, defectos en raíces, presencia de hongos, Insectos, nidos, líquenes, epífitas, trepadoras, parásitas, etc, interferencias y blancos (entendidos como las personas, vehículos, propiedades, infraestructura o servicios que tienen el potencial de ser dañados por el colapso de un árbol o de alguna de sus partes).

El VB comprende 31 ítems en total; no obstante, el presente estudio consideró únicamente tres, seleccionados por permitir una valoración cuantitativa y cualitativa del riesgo individual: (1) Probabilidad de falla; (2) Probabilidad de impacto y; (3) Consecuencia. Cada ítem asigna una puntuación de 1 a 4, de modo que la valoración del riesgo total por individuo, que es una sumatoria entre los tres ítems, oscila entre 3, considerándose éste riesgo mínimo, y 12 como riesgo máximo.

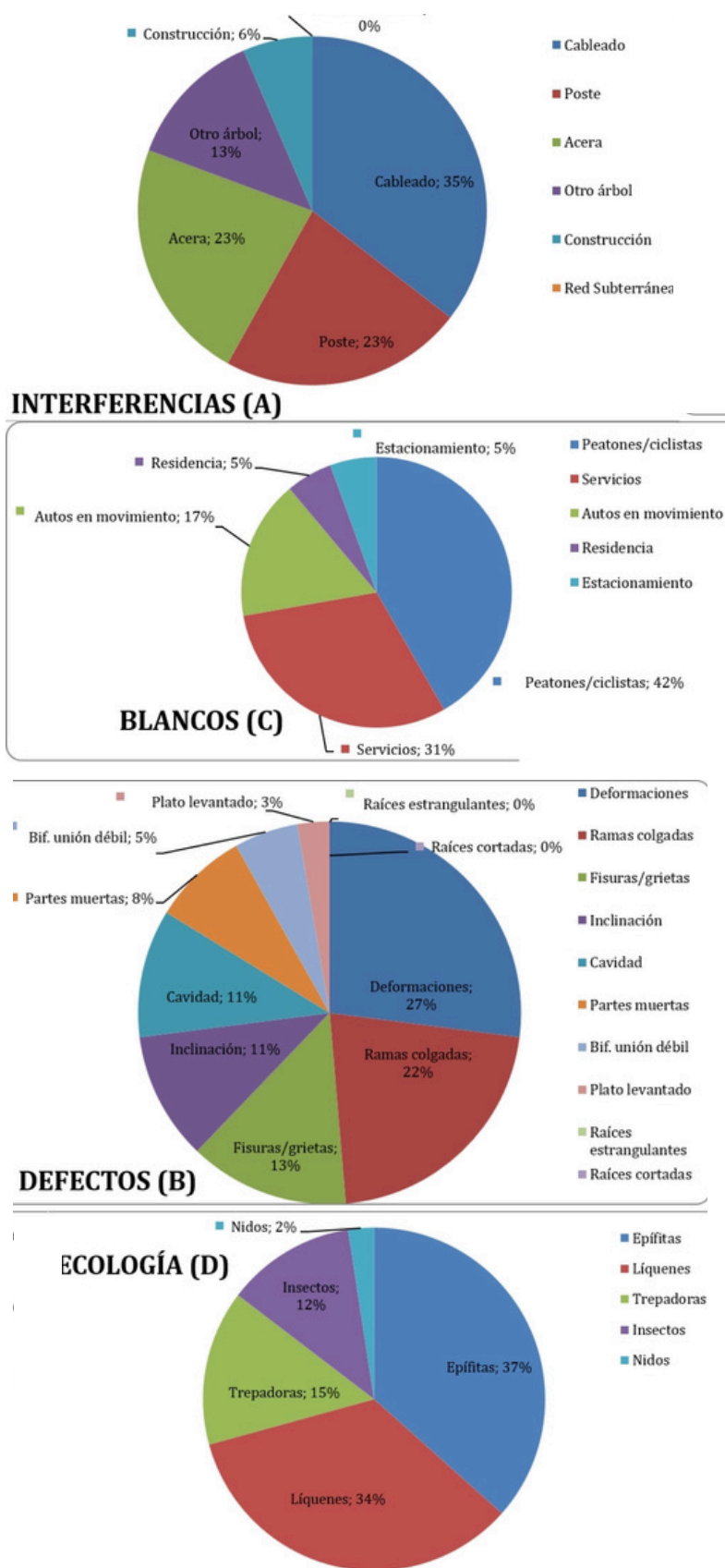


Fig. 2. Resultados del método VR para los 15 individuos evaluados. (A) Interferencias más frecuentes. (B) Defectos estructurales más frecuentes. (C) Blancos más frecuentes. (D) Biodiversidad asociada a los árboles.

Resultados y discusión

La evaluación de riesgo permitió identificar patrones comunes entre los 15 individuos evaluados mediante el método VR. Las interferencias más frecuentes fueron con el cableado eléctrico, los postes y las aceras [Fig. 2A]. Con respecto a los defectos estructurales se identificaron deformaciones, ramas colgantes y fisuras [Fig. 2B]. Los blancos registrados fueron peatones, ciclistas, servicios públicos y vehículos en circulación [Fig. 2C]. En cuanto a la biodiversidad asociada a los árboles, el registro más frecuente fue la presencia de epífitas, líquenes y plantas trepadoras [Fig. 2D].

La Tabla 1 presenta la Valoración del Riesgo total de los 15 individuos evaluados, ordenados de mayor a menor puntuación. Los individuos fueron identificados mediante un código el cual consistía en asignarle la primera letra de su género junto con un número. La Valoración del Riesgo reveló que los individuos E4 (puntuación: 11) [Fig. 3], J5 y H5 (puntuación: 10 ambos) [Fig. 4 y 5] presentaron los niveles de riesgo más elevados, siendo clasificados como de riesgo Alto. E4 es un *Eucalyptus camaldulensis* que se encuentra en mal estado y por su ubicación en una zona concurrida, se recomienda su extracción (obs. pers.). Esta especie es considerada una de las más peligrosas, conflictivas y de manejo más costoso en el arbolado de Tucumán, debido a que tiene un crecimiento excesivo en altura y presenta caída espontánea de ramas [14]. J5 (*Jacaranda mimosifolia*) y H5 (*Handroanthus impetiginosus*) son dos árboles que, si bien presentaron defectos, requieren evaluaciones adicionales más exhaustivas para evaluar su riesgo real, antes de proponer una medida extrema como su extracción (obs. pers.). Ambas son especies nativas, que contribuyen a la biodiversidad urbana debido a que

Pos.	Sitio	Individuo	Puntuación	Riesgo
1	Hostería	E4	11	Alto
2	Avenida	J5	10	Alto
3	Plaza	H5	10	Alto
4	Hostería	E2	9	Medio
5	Avenida	J1	9	Medio
6	Avenida	J3	9	Medio
7	Plaza	H3	9	Medio
8	Plaza	H4	9	Medio
9	Avenida	J2	8	Medio
10	Plaza	H2	8	Medio
11	Hostería	E1	7	Medio
12	Avenida	J4	7	Medio
13	Plaza	H1	6	Bajo
14	Hostería	E3	5	Bajo
15	Hostería	E5	5	Bajo

Tabla 1. Valoración del Riesgo total de los 15 individuos evaluados, ordenados de mayor a menor puntuación. Alto (rojo): puntuación 10-12; Medio (blanco): puntuación 7-9; Bajo (verde): puntuación 3-6.

que portan epífitas [18], pero que presentan una copa alta que causa conflictos de interferencia con el cableado [14]. Además, en particular, la madera de *J. mimosifolia* es atacada por hongos, que cuando afectan sus raíces debilitan al árbol y los vuelve propensos a colapsar durante las tormentas estivales [14], lo que refuerza la necesidad de evaluar esta especie arbórea y monitorear su estado.



Fig. 3. Individuo E4 (*Eucalyptus camaldulensis*) - mayor puntuación de riesgo (11). Se ve una aparente podredumbre, piezas faltantes y cavidades donde pueden ingresar patógenos

Conclusión

El presente estudio demostró que, mediante el diagnóstico del estado y el riesgo del arbolado urbano, todas las zonas evaluadas presentan al menos un individuo clasificado con riesgo alto para los blancos. Para estos individuos realizamos recomendaciones en los Resultados, a fin de salvaguardar la integridad de los blancos.



- Fig. 4 -

Fig. 4. Individuo J5 (Jacaranda mimosifolia) – puntuación de riesgo 10. Se puede notar huecos donde pueden ingresar patógenos, una alta cantidad de epífitas sobre el individuo, su ubicación lindante a un domicilio y su cercanía con el cableado.

Asimismo, se recomienda someter a evaluación complementaria (Evaluación Visual Detallada) [9] a los individuos clasificados con riesgo “Medio”, dado que su proximidad al umbral de riesgo Alto no puede descartarse con el método VB exclusivamente. También se sugiere un monitoreo de estos individuos para evaluar si su estado o condición cambia a través del tiempo.

De forma general, el arbolado urbano relevado en las tres zonas de Tafí Viejo se encuentra en un estado muy variable, con individuos en Riesgo Alto, Medio y Bajo. Se sugiere realizar nuevos estudios y futuros relevamientos a nuevas zonas o a la totalidad del arbolado de Tafí Viejo, de modo de contar con una caracterización más completa del arbolado urbano de la ciudad.



- Fig. 5 -

Fig. 5. Individuo H5 (Handroanthus impetiginosus) – puntuación de riesgo 10. Se logra ver su ubicación sobre espacios concurridos por infantes y su cercanía con el cableado.

Agradecimientos

Se agradece a Belén M. Leiva, Agustina Cañizares y Lucas L. Nieva, cuya participación en la toma de datos fue fundamental para la realización del trabajo.

Uso de inteligencia artificial

En la elaboración de este manuscrito se utilizó el asistente de inteligencia artificial Claude (Anthropic) como herramienta de apoyo para la revisión y mejora del estilo de redacción académica.

Bibliografía

- [1] FAO. (2017). Urban and peri-urban forestry toolbox. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/urban-periurbanforestry/in-more-depth/es/?type=111>
- [2] FAO. (2022). Urban forestry and urban greening in drylands: Improving resilience, health, and wellbeing of urban communities [Background document for the Green Urban Oases Programme]. <https://doi.org/10.4060/cc2065en>
- [3] Ramilo, D. I., Galarco, S. P., & Sharry, S. E. (2016). Arbolado urbano: el árbol urbano, planificación y manejo. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/92379>
- [4] Villagrán, J. J. (2001). Gestión del arbolado urbano. En Curso de poda de árboles ornamentales. Municipalidad de Mendoza.
- [5] Nueva, R. de L. (2014). Cayó un árbol y mató a una chica de 15; habían alertado por el mal estado de los ejemplares. <https://www.lanueva.com/nota/2014-3-5-7-36-0-cayo-un-arbol-y-mato-a-una-chica-de-15-habian-alertado-por-el-mal-estado-de-los-ejemplares>

- [6] van Haften, M. A., Meuwissen, M. P. M., Gardebroek, C., & Kopinga, J. (2016). Trends in financial damage related to urban tree failure in the Netherlands. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.002>
- [7] Velardez, M. (2026, 27 de febrero). Temporal en Tucumán: caída de árboles y cables cortados por las lluvias de la madrugada. *La Gaceta*. <https://www.lagaceta.com.ar/nota/1126080/sociedad/temporal-tucuman-caida-arboles-cables-cortados-lluvias-madrugada.html>
- [8] Cadena 3 Argentina. (2026). Cayó un gomero emblemático de 120 años en Tucumán tras las intensas lluvias https://www.cadena3.com/noticia/panorama-federal/cayo-un-gomero-emblematico-de-120-anos-en-tucuman-tras-las-intensas-lluvias_530857
- [9] Coelho-Duarte, A. P., Daniluk-Mosquera, G., Gravina, V., Vallejos-Barra, Ó., & Ponce-Donoso, M. (2021). Tree risk assessment: Component analysis of six visual methods applied in an urban park, Montevideo, Uruguay. *Urban Forestry & Urban Greening*, 59, 127005.
- [10] Ramilo, D. I., Galarco, S. P., & Sharry, S. E. (Coords.). (2025). *Arbolado urbano: Fundamentos para su gestión sostenible*. Universidad Nacional de La Plata; EDULP. <https://www.editorial.unlp.edu.ar>
- [11] Flora Argentina. (s.f.). Flora Argentina. <http://www.floraargentina.edu.ar/>
- [12] Tropicos. (s.f.). Tropicos. - EL 67% de las exposiciones ocurrieron en el ámbito doméstico, mientras que el segundo entorno más frecuente fueron las instituciones educativas, con el 2%.
- [13] BIANCHI, A. R. (1981). Las precipitaciones del Noroeste Argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- [14] Grau, A., & Kortsarz, A. M. (2012). Guía de arbolado de Tucumán.
- [15] Ceballos, S. J., Saravia, A., Foguet, J., Jimenez, Y., Gonzalez, V., Coria, G., Gibilisco, S., Quiroga, P., & Aráoz, E. (2025). The legacy of neighborhood age: how the past shapes the current diversity, composition, and cover of urban trees. *Urban Ecosystems*, 28, 99. <https://doi.org/10.1007/s11252-025-01705-7>
- [16] Cichero, P. (2024) Evolución del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Tucumán. Repositorio Institucional CONICET Digital. - EL 67% de las exposiciones ocurrieron en el ámbito doméstico, mientras que el segundo entorno más frecuente fueron las instituciones educativas, con el 2%.
- [17] Web de la Municipalidad de SMT. (2025). - EL 67% de las exposiciones ocurrieron en el ámbito doméstico, mientras que el segundo entorno más frecuente fueron las instituciones educativas, con el 2%.
- [18] Nieva, Á. M., Ceballos, S. J., & Podazza, G. (2025). Factores asociados a la presencia y riqueza de epífitas vasculares en el arbolado del Parque 9 de Julio (Tucumán, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 60, 131-147.

¿SE APROXIMA UNA SEXTA EXTINCIÓN MASIVA? IMPACTOS EN LA BIODIVERSIDAD POR CAUSA HUMANA.

Gutiérrez, E. E.

1. Facultad de ciencias naturales e Instituto Miguel Lillo, Miguel Lillo 205, Tucumán.
Emilsegutiérrez95@gmail.com.

Seguramente muchas personas han pensado alguna vez en el fin del mundo o la extinción de la humanidad. Sobre todo, cuando dejamos volar la imaginación después de ver películas de invasión alienígena como la “Guerra de los mundos”, series de invasión zombi, o de catástrofes naturales (como huracanes o tsunamis) que arrasan con todo amenazando la existencia humana. Dejando de lado la ciencia ficción, los científicos también se han planteado esta pregunta: ¿podríamos estar al borde de una extinción masiva?

A lo largo de la historia del planeta Tierra se destacan, por su gran magnitud e impacto global, cinco extinciones masivas [1]. La primera gran extinción fue en el Ordovícico tardío, esta se caracterizó por su fuerte impacto en la fauna marina, provocando la erradicación del 25% de las familias, el 40 % de los géneros y el 80% de las especies [1]. La evidencia principal son los registros de isótopos de oxígeno (^{18}O) donde en este gran evento apunta a una glaciación que tuvo lugar en dos fases [2].

Primero con una caída en el nivel del mar, producto del fuerte enfriamiento [1], en la que se perdió una gran serie de hábitats en plataformas continentales, principalmente de trilobites, braquiópodos, graptolites y corales [2]. En la segunda fase paso lo contrario, hubo un rápido derretimiento de glaciares que provocó un aumento en el nivel del mar [1]. Aunque uno tendería a pensar que este retorno del mar podría haber tenido un impacto positivo, no fue así. Las aguas volvían cargadas de materia orgánica y nutrientes que podrían haber causado una estratificación oceánica provocando un efecto de anoxia y generando una segunda pérdida masiva de especies [2].

La extinción masiva del Devónico tardío, al igual que en el Ordovícico tardío, no fue en una única fase sino que se dio en dos acontecimientos importantes, la primera, fue la crisis de *Kellwasser*, que ocurrió en cinco pulsos de extinción distribuidos a lo largo de 1,0 millones de años en el último piso del Frasnense y el primer piso del Famennense [4], y la segunda, la crisis global de *Hangenberg*, cerca del límite Devónico-Carbonífero, ambos se diferencian por tener distintos entornos y fauna. En la crisis de *Kellwasser*, el primero de los pulsos de extinción se denomina “Evento *Kellwasser* inferior”. Unos 500.000 años después, le siguieron tres pulsos de extinción, denominados Eventos *Kellwasser* Superior “inicial”, “medio”, y “terminal”. Estos tres pulsos de extinción fueron mucho más severos que el Evento *Kellwasser* inferior [4]. Un último pulso de extinción se le denomina “Evento de los homoctenidos”

porque los últimos homótenidos perecieron en este evento [4]. Entre las principales causas de este evento se incluyen la anoxia oceánica y las fluctuaciones climáticas, esto generó que al menos el 70% de todas las especies perecieran, y algunas estimaciones sugieren que la mortalidad de especies pudo haber llegado al 82% [4]. Si bien la gran pérdida de la biodiversidad afectó tanto a ecosistemas marinos como terrestres, las principales víctimas que se cobró este evento fueron los grandes arrecifes de Devónico, los sistemas de arrecifes metazoos más extensos que haya existido en la historia de la tierra. La crisis global de Hangenberg es posterior al evento Kellwasser y está separado de éste por 13 millones de años, sus principales causas van desde una mayor actividad magmática, fluctuaciones eustáticas rápidas, tectónica, impactos de asteroides, oscilaciones climáticas severas, anoxia, cambios en la composición atmosférica (aumento de O_2 y disminución de CO_2), a la expansión de plantas terrestres y propagación global de vegetación de pantano [5]. Esto provocó que dos ecosistemas desaparecieran por completo: los arrecifes marinos y los bosques de *Archaeopteris* en tierra, y se extinguieron por completo: las esponjas estromatoporoides, los trilobites, facópidos, los quitinozoos, los placodermos y los ictiostegalia [5].

En la extinción del Pérmico, también conocida como “La Gran Mortandad” provocó la pérdida de hasta el 96% de todas las especies marinas y el 70% de las terrestres [7]. Entre las causas

se encuentra el vulcanismo extremo en provincias ígneas del Siberian Traps, detonante inicial donde millones de kilómetros cúbicos de lava liberaron enormes cantidades de CO_2 y SO_2 provocando un calentamiento global acelerado en pocos miles de años. Por otro lado, esto provocó el incendio de depósitos de carbón en Siberia, lo que ocasionó la generación de ceniza en grandes cantidades y debido a su toxicidad habría provocado la muerte de una gran serie de especies en los mares [6]. Un segundo proceso fue la explosión de metanógeno provocado por la evolución de microorganismos metanógenos, estos habrían liberado metano provocando la aceleración del cambio climático y generando episodios de persistente anoxia marina. Esta extinción se considera selectiva geográficamente, ya que se observó que en diversos grupos taxonómicos, la intensidad de la extinción aumenta con la latitud. La intensidad de extinción observada aumenta en 20% desde los trópicos a latitudes altas, alcanzando al menos el 75% de los géneros fuera de los trópicos en ambos hemisferios [7]. En este evento desaparecieron casi todos los arrecifes, braquiópodos, amonites y corales. Este colapso se extendió a ecosistemas terrestres donde provocó la muerte masiva de insectos, pérdida de bosques y fuertes contaminaciones del suelo debido a emisiones volcánicas.

La extinción del Triásico tardío destruyó tanto la vida marina como la terrestre. Estudios recientes han mostrado con claridad que la actividad

volcánica masiva del Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) fue el primer disparador [8]. Un estudio demostró que la erupción de los basaltos del CAMP provocó un notable incremento de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, lo que produjo profundos cambios en el ciclo del carbono [8]. Simultáneamente, datos geoquímicos de azufre evidencian un evento rápido de anoxia oceánica. También hubo picos significativos en las concentraciones de mercurio, el cual se considera un marcador de vulcanismo que coincide con la pérdida de biodiversidad. Estos hallazgos fueron de gran impacto, donde explosivas erupciones volcánicas liberaron CO₂, SO₂, y metano atrapado, provocando fluctuaciones climáticas, acidificación oceánica y un colapso del oxígeno en plataformas marinas [8]. La combinación letal de calentamiento, anoxia persistente y potencial toxicidad marina fue lo que realmente asestó el golpe mortal a numerosas especies.

La extinción del límite K-P a menudo es la más conocida debido a múltiples documentales que muestran una reconstrucción dramática de lo que fue ese suceso. Recreado a partir de distintas hipótesis y evidencias de lo que pudo haber ocurrido. La particularidad de esta extinción recae en un evento de origen extraterrestre, el impacto de un asteroide de al menos 10 km de diámetro en la península de Yucatán, que culminó con la desaparición de cerca del 75% de las especies. Tras el choque, toneladas de polvo, azufre y carbono

negro fueron lanzados a la estratosfera, dando origen a lo que los científicos llaman un “invierno de impacto” [9]. De forma inmediata la radiación solar se redujo drásticamente durante meses o años, provocando un colapso en la fotosíntesis tanto en tierra como en los océanos. Además, el estudio de los hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAHs) vinculados al cráter de Chicxulub muestra que una parte importante del carbono quemado provenía del lecho rocoso y no solo de incendios forestales, lo que sugiere una “nieve negra” intensa que acentuó el oscurecimiento global [9].

Sin dudas, gracias al trabajo interdisciplinaria de ciencias como la paleontología y geología, entre otras, podemos saber cómo ocurrieron estos acontecimientos y crear herramientas que hoy nos ayudan a poder detectar, predecir y prevenir anomalías que amenacen la vida humana. A diferencia del Ordovícico hoy contamos con satélites de monitoreo climático y oceánico, así como modelos computacionales que permiten simular escenarios de enfriamiento o calentamiento extremo. Con respecto al Devónico tardío nos diferencia que contamos con monitoreo de oxígeno oceánico y tecnología para detectar contenido de nutrientes y clorofila en el mar. La extinción del Pérmico y del Triásico tardío nos enseñó lo catastrófico que puede resultar el vulcanismo masivo y la fatal combinación de gases de efecto invernadero, por eso es que actualmente contamos con sistemas de monitoreo volcánico y cálculo de

huella de carbono para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero. Por último, a diferencia de las demás, la extinción del límite K-P fue repentina y sin margen para adaptarse, sin embargo, actualmente podemos detectar y predecir el impacto de un asteroide, algo que sin duda nos da una gran ventaja. Pero a pesar de contar con estas y muchas más herramientas, una sexta extinción masiva podría estar en marcha, y lo irónico es que está directamente relacionada al impacto del ser humano.

Un análisis que incluyó cerca de 28.000 especies de vertebrados, reveló que un alarmante 32% presenta disminuciones constantes en población y distribución geográfica [10]. Entre estos, un 40% de los mamíferos perdieron más del 80% de su rango territorial, refiriéndose a estos impactos como una aniquilación biológica por la repercusión directa que tiene esta pérdida de biodiversidad en los servicios ecosistémicos, ejemplo de estos servicios son la polinización, formación del suelo, producción de agua limpia, entre otros. Otro trabajo, demuestra que las tasas de extinción actuales superan entre 100 y 1.000 veces las tasas de fondo [11] (Medida que se calcula como números de extinciones por millón de especies al año). Si bien en comparación con otras extinciones estos números son bajos, el foco de la preocupación está en la rapidez con la que está sucediendo. Asimismo, el calentamiento global actualmente se ha convertido en uno de los principales catalizadores de la crisis de biodiversidad que enfrentamos.

Desde tiempos preindustriales, la temperatura media global ha aumentado aproximadamente 1,1 °C y esto repercute de forma negativa e irremediable sobre varias especies y ecosistemas. De Acuerdo con los informes del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) con apenas 1,9 °C de aumento se podrían poner en riesgo entre el 7 % y el 18 % de especies en regiones sensibles como Australia, África del Sur o los Alpes, afectando reptiles, aves, mamíferos y anfibios, e incluso aumentando la frecuencia de incendios que transforman bosques en matorrales. Según el IPCC tanto Australia como África del sur son especialmente vulnerables porque poseen un gran número de especies endémicas, es decir que posee una distribución geográfica restringida, lo que le genera una menor capacidad para desplazarse frente al cambio de condiciones climáticas, sequías e incendios. Mientras que en los Alpes se asocia la pérdida de hábitat con la reducción de la cobertura de nieve lo que altera las interacciones entre especies y recursos disponibles para organismos Alpinos.

Habiendo hecho un recorrido por algunos de los sucesos más dramáticos de la historia de la Tierra debo decir que no creo que nos vayamos a extinguir, por lo menos no en el corto plazo, ni por razones ficticias o catástrofes desmesuradas mencionadas al principio. Sin embargo, nuestra presencia si está provocando la extinción de múltiples especies, generando una alteración profunda y peligrosa del equilibrio ecológico del cual dependemos. Somos la única especie que tiene la capacidad de cambiar su ambiente para que se adapte a sus necesidades de una forma tan particular que sin dudas nos lleva a ignorar los límites que nos impone la naturaleza. Esto me hace pensar que de nosotros depende nuestro final.

Bibliografía

- [1] David AT Harper, Extinción masiva del Ordovícico tardío: Tierra, fuego y hielo, National Science Review , Volumen 11, Número 1, enero de 2024, nwad319, <https://doi.org/10.1093/nsr/nwad319>
- [2] Bergmann, K. D., Macdonald, F. A., & Swanson-Hysell, N. L. (2025). The causes and consequences of Ordovician cooling. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 53, 651–685. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-040523-114630>
- [3] Da Silva, A.-C., Sinnesael, M., Claeys, P., Davies, J. H. F. L., de Winter, N. J., Percival, L. M. E., Schaltegger, U., & De Vleeschouwer, D. (2020). Anchoring the Late Devonian mass extinction in absolute time by integrating climatic controls and radio-isotopic dating. Scientific Reports, 10(1), Article 12940. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69097-6>
- [4] McGhee, G. R., & Racki, G. (2021). Extinction: Late Devonian mass extinction. En Encyclopedia of Life Sciences (eLS) (pp. 1–8). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a001653.pub3>
- [5] Kaiser, Sandra & Aretz, Markus & Becker, Ralph. (2015). The global Hangenberg Crisis (Devonian-Carboniferous transition): Review of a first-order mass extinction. Geological Society, London, Special Publications. 423. 10.1144/SP423.9. <https://doi.org/10.1144/sp423.9>
- [6] Grasby, S. E., Sanei, H., & Beauchamp, B. (2011). Catastrophic dispersion of coal fly ash into oceans during the latest Permian extinction. Nature Geoscience, 4(2), 104–107. <https://doi.org/10.1038/ngeo1069>
- [7] Penn, J. L., Deutsch, C., Payne, J. L., & Sperling, E. A. (2018). Temperature-dependent hypoxia explains biogeography and severity of end - Permian marine mass extinction. Science, 362(6419), Article eaat1327. <https://doi.org/10.1126/science.aat1327>
- [8] Capriolo, Manfredo & Mills, Benjamin & Newton, Robert & Dal Corso, Jacopo & Dunhill, Alex & Wignall, Paul & Marzoli, Andrea. (2021). Anthropogenic-scale CO2 degassing from the Central Atlantic Magmatic Province as a driver of the end-Triassic mass extinction. Global and Planetary Change. 209. 103731. 10.1016/j.gloplacha.2021.103731. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2021.103731
- [9] Vellekoop, J., Sluijs, A., Smit, J., Schouten, S., Weijers, J. W. H., Sinninghe Damsté, J. S., & Brinkhuis, H. (2014). Rapid short-term cooling following the Chicxulub impact at the Cretaceous–Paleogene boundary. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(21), 7537–7541. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319253111>
- [10] Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(30), E6089–E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- [11] Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. Science Advances, 1(5), Article e1400253. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>

DEL INTESTINO AL CEREBRO:

MICROBIOTA, ESTRÉS ACADÉMICO Y SALUD MENTAL

Miranda N.; Peralta S.; Niziolek R.; Echeverría F.; Acevedo J.; Páez T.; Fuenzalida D.; Alvarez A. & Enrico R.

1.Cátedra de Biología Celular y de los Microorganismos – Profesorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.

nadimiranda0922@gmail.com

Resumen

La enseñanza de la microbiología enfrenta el desafío de acercar al estudiantado conceptos sobre organismos que no pueden observarse a simple vista. Resulta relativamente sencillo hablar de plantas o animales, organismos que podemos observar directamente; sin embargo, cuando se trata de microorganismos, muchas veces nos encontramos limitados por su tamaño y por la dificultad de visualizar el impacto que tienen sobre nuestra vida diaria. En los últimos años, el estudio de la microbiota intestinal adquirió creciente relevancia por su participación en funciones digestivas, inmunológicas y metabólicas, así como por su posible relación con mecanismos vinculados al estrés y la salud mental. Este artículo propone una aproximación divulgativa al eje microbiota-intestino-cerebro y reflexiona sobre el valor de trabajar temáticas cercanas al interés estudiantil

para favorecer aprendizajes significativos en microbiología.

Palabras clave: ESTRÉS – MICROBIOTA – MICROBIOLOGÍA – SALUD MENTAL – UNIVERSIDAD

¿Qué es la microbiota?

La microbiota es el conjunto de microorganismos, como bacterias, hongos y virus, que habitan distintas partes del cuerpo y cumplen funciones importantes para el organismo. La microbiota intestinal corresponde a la comunidad microbiana del tracto digestivo.

Aunque muchas veces asociamos los microorganismos únicamente con enfermedades, muchos de ellos cumplen funciones importantes, como participar en la digestión, producir metabolitos, regular el sistema inmune y proteger frente a otros microorganismos potencialmente patógenos.

Surge entonces una pregunta: ¿Podría la microbiota intestinal influir también en nuestro cerebro y en la salud mental? Esta conexión es posible gracias a una compleja comunicación entre el intestino y el cerebro, conocida como eje intestino-cerebro.

El eje microbiota-intestino-cerebro

Como estudiantes universitarios, convivimos con exigencias académicas, parciales, exámenes finales y extensas jornadas de estudio que pueden generar estrés. Habitualmente asociamos este estrés solo con el cansancio mental o emocional.

En los últimos años la ciencia comenzó a estudiar cómo el intestino y los microorganismos que lo habitan podrían participar en procesos relacionados con la respuesta al estrés y el bienestar.

Actualmente se reconoce la existencia del llamado eje microbiota-intestino-cerebro, una red de comunicación bidireccional que conecta el sistema nervioso central, el sistema nervioso entérico, el sistema inmune, el sistema endocrino y la microbiota intestinal. Esta comunicación puede darse a través de diferentes vías, como el nervio vago, la producción de metabolitos microbianos, la regulación de procesos inflamatorios y el metabolismo de aminoácidos esenciales como el triptófano [1].

Diversas investigaciones sugieren que los microorganismos intestinales pueden influir sobre mecanismos fisiológicos asociados con la regulación emocional y la respuesta frente al estrés [1-3]. Cuando la microbiota intestinal se encuentra desequilibrada, situación conocida como disbiosis, pueden verse alteradas distintas funciones relacionadas con el sistema inmune, el metabolismo y la barrera intestinal. Esto llevó a estudiar su posible relación con trastornos como la ansiedad, la depresión y el estrés crónico [2,3].

Sin embargo, es importante aclarar que estas relaciones no deben interpretarse de manera simplificada. La microbiota no “determina” por sí sola nuestro estado de ánimo, ni puede pensarse como una solución única frente al malestar emocional.

La salud mental depende de múltiples factores biológicos, psicológicos, sociales y ambientales. Por eso, más que hablar de una causa directa, resulta más adecuado pensar en la microbiota como una pieza dentro de una red compleja.

¿Por qué trabajar este tema en el aula?

Desde la materia Biología Celular y de los Microorganismos, estas temáticas adquirieron mayor relevancia debido al avance de las investigaciones sobre microbiota y salud humana. Como ayudantes estudiantiles, consideramos importante acercarlas a la comunidad lilloana, porque relacionan contenidos del aula con problemáticas cotidianas de los estudiantes.

Trabajar con situaciones cercanas favorece la comprensión de conceptos complejos. Diversos estudios señalan que metodologías activas, como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), fortalecen el aprendizaje al promover la participación activa de los estudiantes, la relación entre los conceptos y situaciones reales, y la formulación de preguntas significativas [4,5]. Abordar la relación entre microbiota y estrés universitario posee interés científico y pedagógico porque permite integrar contenidos de microbiología, fisiología, inmunología, nutrición y salud mental a partir de una experiencia reconocible para los estudiantes.

Microbiología en el aula: de los trabajos prácticos a la vida cotidiana

La tinción de Gram permite diferenciar grupos bacterianos según las características de su pared celular.

Esta técnica permite comprender la enorme diversidad bacteriana presente en distintos ambientes, incluido el intestino humano. Muchas bacterias estudiadas por su potencial efecto beneficioso sobre la salud, como algunas especies de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, forman parte de esta compleja comunidad microbiana.

De igual manera, las experiencias de fermentación realizadas permiten comprender cómo determinados microorganismos transforman sustancias mediante su metabolismo. Estos procesos poseen importancia industrial, alimentaria y además, se relacionan con la producción de compuestos capaces de influir sobre el organismo humano.

Estas actividades muestran que la microbiología trasciende el laboratorio y permite comprender fenómenos complejos relacionados con la salud, la nutrición y el bienestar general. Muchas veces observamos una muestra al microscopio sin imaginar que algunos microorganismos participan en procesos que pueden influir, directa o indirectamente, en nuestra calidad de vida.

Reflexiones finales

Frente a este panorama surge una pregunta: ¿Podemos favorecer nuestra salud a través del cuidado de la microbiota intestinal?

Entre las estrategias estudiadas se encuentran una alimentación rica en fibra, alimentos fermentados, prebióticos, probióticos y simbióticos. Algunos estudios sugieren que determinadas cepas bacterianas podría

asociarse con una mejor respuesta al estrés y el bienestar emocional [1-3]. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela, ya que no todas las cepas tienen los mismos efectos y se requieren más investigaciones.

La salud mental no depende exclusivamente de la microbiota intestinal. Factores como el descanso, la actividad física, la alimentación equilibrada, el acompañamiento psicológico y los vínculos sociales continúan siendo pilares fundamentales para el bienestar general.

Las investigaciones sobre microbiota y salud mental nos invitan a repensar el papel de los microorganismos en nuestra vida cotidiana y la importancia de enseñar microbiología desde preguntas cercanas, capaces de conectar el conocimiento científico con la experiencia de quienes aprenden. Quizás allí radique uno de los desafíos más interesantes de nuestra tarea como ayudantes y docentes: mostrar que aquello que parece invisible a simple vista puede tener una enorme presencia en nuestra vida diaria.

Bibliografía

[1] Cryan, J. F., O'Riordan, K. J., Cowan, C. S. M., Sandhu, K. V., Bastiaanssen, T. F. S., Boehme, M., Codagnone, M. G., Cusotto, S., Fulling, C., Golubeva, A. V., Guzzetta, K. E., Jaggar, M., Long-Smith, C. M., Lyte, J. M., Martin, J. A., Molinero-Perez, A., Moloney, G., Morelli, E., Morillas, E., O'Connor, R., Cruz-Pereira, J. S., Peterson, V. L., Rea, K., Ritz, N. L., Sherwin, E., Spichak, S., Teichman, E. M., van de Wouw, M., Ventura-Silva, A. P., Wallace-Fitzsimons, S. E., Hyland, N. P., Clarke, G., & Dinan, T. G. (2019). The microbiota-gut-brain axis. *Physiological Reviews*, 99(4), 1877–2013.

[2] Generoso, J. S., Giridharan, V. V., Lee, J., Macedo, D., & Barichello, T. (2021). The role of the microbiota-gut-brain axis in neuropsychiatric disorders. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 43(3), 293–305.

[3] Marano, G., Mazza, M., Cattaneo, A., et al. (2023). The microbiota-gut-brain axis: psychoneuroimmunological insights. *Nutrients*, 15(6), 1496.

[4] Verdezoto Cepeda, J. del C., Tipanluisa Irazabal, D. C., Llaulli Mejia, C. P., Cazar Valencia, M. del C., & Cun Aldaz, P. R. (2025). Metodologías activas en el aula: impacto en la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 5248–5270.

[5] Colón Ortiz, L. C., & Ortiz-Vega, J. (2020). Efecto del uso de la estrategia de enseñanza Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el desarrollo de las destrezas de comprensión y análisis de la estadística descriptiva. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 13(1), 205–223.

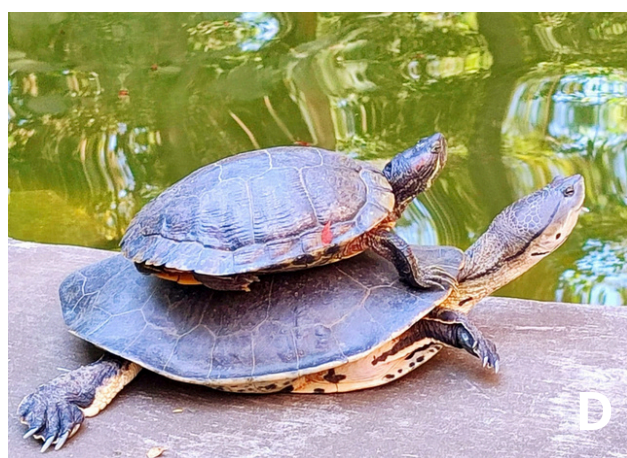
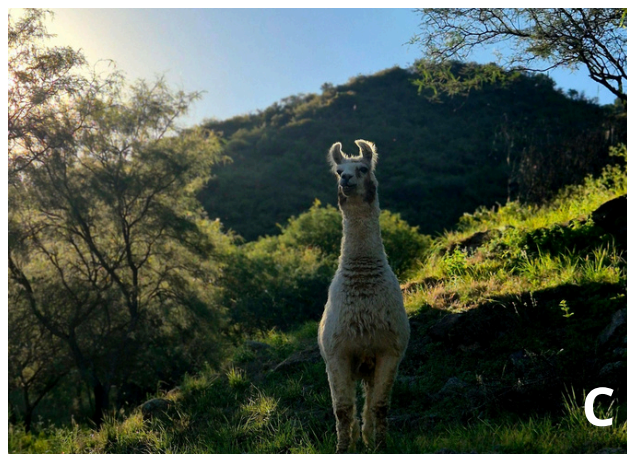
CONCURSO DE FOTOGRAFÍA

Las fotografías que forman parte de esta edición provienen del “Concurso de Fotografía - *Lapsus Calami* 2026”.

Agradecemos a quienes participaron y sumaron sus imágenes a la revista.

Participantes:

- Luciano Alarcón (Portada)
- Guillermina Dorao (Contraportada)
- Marina Camila Lopez (A)
- Jose Emaneul Galindez (B)
- Lourdes de Los Ríos (C)
- Lucca Guardia (D)
- Josefina Irene Bruno (E)
- Ignacion Marin (F)



LAPSUS CALAMI

AÑO 5 | NÚMERO 1 | 2026