

DESDE LA PATAGONIA

DIFUNDIENDO SABERES

LA FRAGILIDAD DE LA VERDAD
MOSCAS EN LA ESCENA DEL CRIMEN
EL PODER DE LAS APIÁCEAS
MEDUSA INVASORA EN PATAGONIA
DEL ENIGMA A LA NANOESCALA
LAS INVASORAS AL PLATO



DESDE LA PATAGONIA:
LA ODISEA DEL 2001
UN PREMIO A LA CIENCIA ...
LA HISTORIA DEL INIBIOMA ABIERTO
DIPLOMATURA EN HUMEDALES

REPORTAJE:
MARTÍN BROGGER

RESEÑAS DE LIBROS
TESIS: CARNAVALE

EN LAS LIBRERÍAS
ARTE: ANAHÍ RAYEN MARILUAN

DESDE LA PATAGONIA

DIFUNDIENDO SABERES

REVISTA SEMESTRAL
DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
DEL CENTRO REGIONAL
UNIVERSITARIO BARILOCHE
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Bariloche, Río Negro, Argentina

Grupo de trabajo

Equipo de Dirección

Cecilia Fourés
Mónica de Torres Curth
Gustavo Viozzi
Rocío Vega

Gestión institucional

Marcelo Alonso

Comité editorial

Diego Añón Suárez
Marina Arbetman
Melisa Blackhall
Melina Chamorro
Hugo Corso
Marcelo Esquivel
Natalia Fernández
Cecilia Fourés
Jorgelina Franzese
Daniel García
Miriam Gobbi
Natalia Lescano
Patricia Pérez
Gabriela Pirk
Carlos Rauque
Flavia Santamaría
Gustavo Viozzi

Corrección y revisión de estilo

Carolina Biscayart
Silvia Collazo
Jorgelina Franzese
Mónica de Torres Curth
Gustavo Viozzi

Diseño, diagramación y página web

Rocío Vega

Editor

Secretaría de Ciencia, Técnica y Vinculación
Secretaría de Extensión
Centro Regional Universitario Bariloche
Universidad Nacional del Comahue



desdelapatagoniads@gmail.com
desdelapatagonia.uncoma.edu.ar

ISSN (en línea) 2618-5385

Imagen de tapa: Mariana Reissig
Diseño de tapa: Rocío M. Vega

La revista no se responsabiliza por las opiniones vertidas por los autores. Cada artículo ha sido sometido a evaluación por especialistas.

Editorial

Una nueva publicación de nuestra revista siempre nos llena de alegría por múltiples motivos, entre ellos la posibilidad de compartir con nuestras/os lectoras/es las producciones de grupos que trabajan para promover el pensamiento científico. En este número 40 nos permitimos contarte un poco sobre nosotros: somos un grupo de trabajo que, a lo largo de los más de veinte años de existencia de la revista, se ha ido renovando con el tiempo, pero que mantiene en común algo muy profundo: quienes pasamos por aquí dejamos parte de nuestro corazón en este espacio.

En este número nos toca despedir a una compañera muy querida que, aunque hace tiempo dejó el equipo editorial, siguió siempre vinculada a alguna tarea, como la distribución de la revista impresa en las bibliotecas populares de nuestra localidad. Gracias Amalia Denegri, por tu compromiso!

Es justamente esa energía y esa pasión lo que nos caracteriza, lo que nos impulsa a sostener este proyecto, y lo que agradecemos profundamente: tanto a ustedes, lectoras y lectores, que nos acompañan, como a las y los investigadores que eligen nuestra revista porque creen en el valor de la divulgación científica. No podemos dejar de reconocer el esfuerzo que todo esto implica en un contexto político nacional marcado por un fuerte desfinanciamiento del sistema científico.

Esperamos que disfruten de este número tanto como nosotros disfrutamos de cada publicación. Porque detrás de cada artículo hay una trama de voluntades, esfuerzos y convicciones que nos recuerdan que el conocimiento no es un privilegio: es un derecho que consideramos necesario para comprender, transformar y defender el mundo que habitamos. En tiempos en los que la ciencia enfrenta desafíos profundos, reafirmamos con más fuerza que nunca nuestro compromiso con la divulgación y con la educación como un bien público.



Índice

2	LA FRAGILIDAD DE LA VERDAD <i>por Ulysses P. Albuquerque</i>
8	MOSCAS EN LA ESCENA DEL CRIMEN <i>por Ana J. Pereira</i>
16	EL PODER DE LAS APIÁCEAS <i>por Santiago Reyes y Ariadna Tripaldi</i>
21	RESEÑA DE LIBRO HISTÓRICAMENTE. CLAVES PARA PENSAR (Y CONTAR) OTRAS VERSIONES DEL PASADO <i>por Rocío Ivanissevich</i>
22	MEDUSA INVASORA EN PATAGONIA <i>por Sharon Allen Dohle, Mariana Reissig, Patricia E. García y María del Carmen Diéguez</i>
32	REPORTAJE MARTÍN BROGGER
42	DESDE LA PATAGONIA LA ODISEA DEL 2001 <i>por Rodolfo D. Sánchez</i> UN PREMIO A LA CIENCIA QUE ABRAZA LOS SABERES DE LOS AGRICULTORES FAMILIARES PATAGÓNICOS <i>por Ana H. Ladio</i> CIENCIA Y COMUNIDAD, LA HISTORIA DEL INIBIOMA ABIERTO <i>por R. Daniel García, Valeria L. Martín-Albarracín y María Eugenia Ghio</i> DIPLOMATURA EN HUMEDALES <i>por Julieta Palacios, Silvina Iribarne, Ariel Gajardo y Lucrecia Avilés</i>
59	RESEÑA DE LIBRO ESTUDIOS SOBRE SOCIEDAD, ECONOMÍA Y TERRITORIO EN BARILOCHE I <i>por Juan M. Chicaval</i>
60	DEL ENIGMA A LA NANOESCALA <i>por Diego Pérez Daroca y Pablo Roura-Bas</i>
68	LAS INVASORAS AL PLATO <i>por Fernando N. Céspedes, Pablo A. Grimaldi, Adriana E. Rovere, Hermeson Carlos dos Santos, Letícia Elias, Ingrid da Silva Lima, Catalina Rico Lenta y Ana H. Ladio</i>
76	TESIS APRENDIZAJE Y PLASTICIDAD NEURONAL <i>por Gonzalo Carnevale</i>
78	EN LAS LIBRERÍAS ARTE: ANAHÍ RAYEN MARIUAN

EN TIEMPOS DE DUDAS Y CERTEZAS RÁPIDAS

LA FRAGILIDAD DE LA VERDAD

Creemos saber, pero muchas veces solo repetimos. Este artículo invita a descubrir cómo el autoengaño y los falsos discursos científicos moldean nuestras certezas en pleno siglo XXI.

Ulysses P. Albuquerque

Vivimos en una época en la que la información no solo circula, sino que corre, salta, se multiplica y, muchas veces, nos atropella. La conectividad permanente ha traído consigo una promesa seductora que es el acceso libre al conocimiento. Sin embargo, esta promesa viene acompañada de una paradoja inquietante: nunca fue tan fácil compartir datos, ideas y descubrimientos. Pero, al mismo tiempo, nunca fue tan difícil distinguir entre lo que tiene fundamento y lo que apenas se disfraza de verdad.

Uno de los aspectos más peligrosos de este fenómeno es que la pseudociencia (ver Glosario) no se presenta como una alternativa inocente a la ciencia (ver Recuadro). Ella viste sus ropajes, utiliza su léxico, adopta sus gráficos y estadísticas, incluso cuando no entiende o no respeta sus métodos. Se mimetiza en la figura del experto, repite jergas técnicas y se aloja en discursos que aparentan rigurosidad, pero que eluden toda posibilidad real de verificación (ver Figura 1). Como señala el filósofo Sven Ove Hansson del Instituto Real de Tecnología de Estocolmo, la pseudociencia simula las señales externas del conocimiento científico, pero no se somete a su escrutinio.

Este disfraz, sin embargo, no funciona solo por mérito propio. La cognición (ver Glosario) que nos caracteriza como especie también tiene su cuota de responsabilidad. Como seres humanos, somos propensos a errores de razonamiento, a sesgos de confirmación (ver Glosario), a preferir aquello que refuerza nuestras creencias previas. La pseudociencia

se alimenta precisamente de estas características. Y cuanto más rápido circula la información, más difícil se vuelve ejercer el filtro de la duda razonada.

El escepticismo genuino (ver Glosario) es una herramienta poderosa, pues permite evaluar con responsabilidad las afirmaciones que aceptamos como válidas, sin caer en negaciones automáticas. El problema es que, muchas veces, lo que se presenta como escepticismo es, en realidad, pseudoescepticismo. Se trata de una postura dogmática (ver Glosario) que se disfraza de pensamiento crítico. El pseudoescéptico no duda para investigar: duda para afirmar que ya tiene razón. Confunde el escepticismo con una forma de orgullo epistémico. Rechaza todo lo que no se ajusta a su visión previa del mundo y se aferra a su certeza como si de ello dependiera su identidad.

¿Autoengaño o mala fe?

La Agencia de Noticias Científicas de la Universidad Nacional de Quilmes reportó un evento insólito en la ciudad de La Plata: el primer encuentro de “dino-negacionistas” en Argentina, un grupo que niega la existencia de los dinosaurios. La manifestación se realizó frente al Museo de Ciencias Naturales de La Plata y fue organizada por seguidores del terraplanismo y del colectivo “Nur para Todos”, liderado por Iru Landucci. Los seguidores sostienen que los dinosaurios nunca existieron y que los fósiles son una fabricación de intereses académicos y políticos. Este movimiento negacionista, aunque reciente en Argentina, tiene sus raíces en tendencias importadas de países como Estados Unidos. Su argumentación mezcla teorías conspirativas, interpretaciones religiosas extremas y una visión distorsionada del escepticismo científico. Este fenómeno no representa una postura crítica legítima, sino una desconfianza sistemática hacia el conocimiento científico institucionalizado.

Fuente: Agencia de Noticias Científicas UNQ. 2025 (8 de julio de 2025). Primer encuentro dino-negacionista en Argentina. [Disponible en [Internet](#)]

Palabras clave: autoengaño, conocimiento, escepticismo, pseudociencia, verdad.

Ulysses Paulino Albuquerque¹

Dr. en Biología Vegetal

ulysses.albuquerque@ufpe.br

¹ Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

2

Recibido: 18/07/2025. Aceptado: 01/10/2025.



Imagen: Gentileza del autor.

Figura 1. La pseudociencia se disfraza con la apariencia de la ciencia: adopta su lenguaje, sus símbolos y su autoridad visual, pero oculta en su interior una ilusión que no resiste el escrutinio crítico.

La vigilancia epistémica (ver Glosario) es, en teoría, un mecanismo que debería ayudarnos a protegernos del error y del engaño, como escribe Konrad Talmont-Kaminski, de la Universidad de Bialystok. Evaluar críticamente lo que leemos, contrastar fuentes, identificar falacias, todo eso forma parte de una actitud que podríamos llamar saludable frente al conocimiento. Este mecanismo muchas veces no funciona como debería. Es precisamente en ese punto donde emerge su contraparte más nociva: la negligencia epistémica (ver Glosario). Esta no es simplemente ignorancia, sino una forma activa de evitar el esfuerzo de pensar, de investigar, de escuchar lo que desafía. La negligencia epistémica es funcional, pues alivia, economiza energía cognitiva y fortalece vínculos grupales, pero a un costo alto. Cuando dejamos de ejercer la vigilancia real, aquella que exige incomodidad, revisión de premisas y renuncia a certezas fáciles, nos volvemos blanco fácil de narrativas pseudocientíficas que nos dicen exactamente lo que queremos oír.

El uso de la retórica de la ciencia

El prestigio de la ciencia en las sociedades contemporáneas es, a la vez, su mayor fuerza y

vulnerabilidad. La idea de que algo es científico produce un fuerte efecto: confiere legitimidad, despierta confianza, moviliza decisiones políticas, sanitarias, educativas y hasta emocionales. Precisamente por eso, la retórica de la ciencia se ha convertido en un recurso poderoso, codiciado por aquellos que desean convencer sin necesariamente demostrar.

La ciencia debería ser entendida más como un conjunto de métodos rigurosos que buscan producir conocimiento confiable y no como un emblema. No existe un único camino metodológico y las ciencias naturales, las ciencias sociales, la botánica o la física cuántica utilizan estrategias distintas para generar evidencia. Lo que las une no es un método único sino el compromiso con la transparencia, la coherencia lógica y la apertura a la crítica. Sin embargo, en muchos casos se transforma en un fetiche. No interesa cómo se llegó a una afirmación, sino si ella parece científica. Basta una bata blanca, una estadística malinterpretada, un vocabulario técnico o un “estudio” sin revisión por pares para que una idea gane credibilidad. En este contexto, no es de extrañar que muchos discursos ideológicos, intereses comerciales o necesidades afectivas se vistan con ropas científicas para ganar aceptación.

Uno de los riesgos más preocupantes de esta instrumentalización de la ciencia es su uso con fines ideológicos. Esto ocurre cuando ciertos discursos utilizan la apariencia de neutralidad científica para reforzar visiones de mundo, jerarquías sociales o valores morales. Así, se promueven narrativas que aparentan estar sustentadas por evidencia empírica, pero que, en realidad, apenas camuflan prejuicios, dogmas o agendas políticas.

Del otro lado del espectro, está el uso comercial de la retórica científica (ver Glosario, ver Figura 2). Este se evidencia en la industria de los suplementos “naturales”, en los productos “científicamente comprobados” para adelgazar, rejuvenecer o curar enfermedades crónicas sin necesidad de tratamientos médicos. Es una industria lucrativa, que no necesita evidencia robusta, porque se basa en algo mucho más poderoso: el deseo humano de tener el control de su salud, de su cuerpo, de su destino.

Pero hay una tercera dimensión, quizás más difícil de identificar: el uso afectivo de la ciencia. Este se manifiesta cuando buscamos en la ciencia consuelo emocional, reafirmación identitaria o sentido existencial. Eso no es, en sí mismo, un problema. La ciencia puede, sin duda, despertar asombro, generar pertenencia y ofrecer dirección. El problema surge cuando ese vínculo afectivo conduce a la idealización de la ciencia o a la aceptación acrítica de cualquier discurso que la utilice como escudo. Eso puede generar una paradoja: la ciencia se valora no por su capacidad de autocritica, sino por parecer inquebrantable, pura e incuestionable —precisamente lo opuesto a lo que realmente es—.



Imagen: Gentileza del autor.

Figura 2. La mercantilización de la apariencia científica. Productos rotulados como “comprobados por estudios” seducen al público al combinar lenguaje técnico, símbolos de autoridad y promesas emocionales.

En la práctica, estos tres usos (ideológico, comercial y afectivo) muchas veces se superponen. Tomemos como ejemplo los discursos antivacunas: a menudo mezclan desconfianza hacia las instituciones (ideología), productos alternativos (mercado) y una narrativa emocional sobre la protección de los hijos o la libertad personal (afecto). El resultado es una retórica seductora (ver Recuadro).

Este panorama plantea una cuestión ética crucial: ¿cómo diferenciar el uso legítimo del lenguaje científico de su apropiación oportunista? La respuesta no es sencilla, pero comienza por reconocer que la ciencia, como lenguaje público, exige responsabilidad. La comunicación científica no debe ser solo clara, sino también honesta respecto a las limitaciones del conocimiento, las incertidumbres involucradas y los intereses en juego. No se trata de negar el impacto político, económico o emocional de la ciencia (ese impacto es inevitable), sino de garantizar que no se manipule para promover desinformación, reforzar desigualdades o vender soluciones fáciles a problemas complejos.

Negacionismo médico en redes sociales

En 2024, dos médicos brasileños, utilizaron sus redes sociales para afirmar que el cáncer de mama no existe y que las campañas de prevención, serían innecesarias. Entre sus argumentos, sostenían que lo que la medicina llama cáncer de mama sería en realidad una inflamación crónica de la mama, atribuida a deficiencia de yodo; que las mamografías podrían causar daño y provocar cáncer; y que los nódulos benignos desaparecerían sin necesidad de diagnóstico ni tratamiento. Las publicaciones se viralizaron y generaron fuerte reacción de instituciones como el Instituto Nacional de Câncer, la Sociedade Brasileira de Mastología y la Sociedade Brasileira de Oncología Clínica, que emitieron notas públicas clasificando estas afirmaciones como *fake news*. El Colégio Brasileiro de Radiología inició una acción civil pública y la justicia brasileña ordenó la retirada del contenido. En 2025, el Conselho Federal de Medicina impuso la interdicción cautelar de uno de los médicos, prohibiéndole ejercer mientras dura el proceso ético-disciplinario. Este caso ilustra cómo incluso voces con credenciales profesionales pueden difundir desinformación peligrosa, utilizando un lenguaje que suena convincente para el público general. Refuerza la necesidad de una educación científica que enseñe no solo datos, sino también métodos, límites de la evidencia y criterios para distinguir entre conocimiento confiable y narrativas que solo imitan la forma de la ciencia.

Fuente: Saude (Abril, 2024). Câncer de mama não existe? Médicos espalham notícias falsas sobre a doença. [Disponible en [Internet](#)]

Pseudociencia en contextos vulnerables

La pseudociencia se infiltra silenciosamente, hablando el idioma del sufrimiento humano y ganando terreno especialmente donde la incertidumbre y el vacío institucional están presentes. No obstante, es fundamental reconocer que la pseudociencia no siempre se propaga por ignorancia o buena fe. En muchos casos, su difusión responde a intereses estratégicos, motivados por lucro, prestigio o manipulación deliberada. Es decir, no todos los emisores de discursos pseudocientíficos son víctimas de autoengaño (ver Glosario); algunos –como ya he señalado en otros trabajos– son sus arquitectos. Independientemente de la intención, el resultado suele ser el mismo: puede ir desde una simple desinformación hasta consecuencias públicas graves y la toma de decisiones colectivas.

Los contextos sociales vulnerables son terreno fértil para narrativas que prometen soluciones inmediatas, fáciles y reconfortantes. Frente a una ciencia que a veces parece distante, técnica e inaccesible, la

pseudociencia aparece como una aliada comprensiva, que no exige entender estadísticas ni leer estudios revisados por pares. Solo exige fe, simpatía o una supuesta experiencia personal.

Ese comportamiento se apoya en una serie de mecanismos psicológicos. Uno de ellos es el sesgo de confirmación, que nos lleva a buscar, recordar y valorar con más fuerza la información que coincide con nuestras creencias previas. Otro, más sutil, es la necesidad de control: frente a un diagnóstico incierto, una enfermedad incurable o un conflicto emocional profundo, las personas tienden a aferrarse a aquello que les ofrece la ilusión de entendimiento o de dominio sobre la situación. La pseudociencia ofrece esa ilusión, muchas veces envuelta en palabras como "energía", "frecuencia cuántica", "memoria celular", "toxicidad emocional" y otras expresiones carentes de precisión, pero repletas de resonancia emocional.

Y no podemos olvidar el papel de los discursos de autoridad. En un mundo donde la desconfianza en las instituciones es creciente, la voz de un "experto" autodeclarado en redes sociales puede tener más impacto que décadas de investigación seria. Las personas tienden a depositar su confianza en quien se muestra seguro, empático y cercano, incluso cuando esa seguridad es solo un artificio retórico. El fenómeno del "influencer científico", que promueve tratamientos milagrosos, dietas extremas o curas alternativas sin base empírica, se ha convertido en una de las formas más potentes de diseminación de pseudociencia.

Además, el contexto de las redes sociales favorece este tipo de dinámica. La lógica algorítmica recompensa lo que genera reacciones rápidas, intensas y emocionales. Una afirmación sencilla, aunque falsa, se comparte con más rapidez que una explicación técnica, aunque verdadera. La pseudociencia sabe cómo usar este terreno a su favor: ofrece narrativas de conspiración, enemigos ocultos (la industria farmacéutica, los científicos corruptos, los gobiernos opresores), y se presenta como la voz valiente que revela lo que "ellos" no quieren que sepas. En este sentido, la pseudociencia se convierte también en una forma de resistencia simbólica. Se presenta como el conocimiento de quienes se consideran críticos y valientes, los que dicen atreverse a pensar "fuera de la caja", aunque en realidad estén atrapados en una caja aún más pequeña, la de sus propios sesgos e intereses.

El desafío, entonces, no es solo epistemológico, sino ético y político. No basta con mostrar que algo carece de pruebas. Es necesario entender por qué tantas personas necesitan creer en ello. Hay que reconstruir el puente roto entre la ciencia y la sociedad. Y para eso, necesitamos más que datos: necesitamos empatía, educación científica accesible y una comunicación que no subestime la inteligencia del público, pero que tampoco ignore sus emociones.

La ética del conocimiento

Una de las preguntas filosóficas más persistentes del pensamiento moderno es: ¿qué es, al final, la ciencia? Y más allá de eso: ¿cómo distinguirla de otras formas de conocer el mundo sin caer en reduccionismos, desprecios o idealizaciones? En un momento histórico marcado por la erosión de certezas, la hibridación de discursos y el crecimiento de formas alternativas de conocimiento, esta pregunta deja de ser meramente académica y se vuelve urgente.

Desde una perspectiva crítica, pensar los límites entre ciencia y otros saberes exige abandonar la ingenua ilusión de que la ciencia opera en una torre de marfil, inmune a influencias políticas, económicas o culturales. Por eso, cuando intentamos establecer una frontera entre ciencia y no ciencia, debemos hacerlo con humildad epistémica. Hay que reconocer que la ciencia es apenas una entre varias formas de organizar la experiencia humana. Saber popular, conocimiento indígena, espiritualidades, prácticas artísticas o religiosas, todos estos sistemas operan con lógicas propias que no deben ser forzadas a encajar en moldes científicos solo para parecer legítimos. Intentar validar estos saberes añadiéndoles el adjetivo "científico" no los fortalece, los desfigura.

Prácticas como el reiki, por ejemplo, pueden tener un valor subjetivo para quienes las practican o encuentran alivio en ellas, ya sea porque les proporcionan consuelo emocional, sensación de control o significado personal, aunque ese efecto no esté necesariamente sustentado por evidencia científica. No hay problema alguno en que estas creencias formen parte de la experiencia individual o cultural. El problema surge cuando se intenta validar estas prácticas en el terreno de la medicina científica sin cumplir con los requisitos mínimos de evidencia y control. Al asumir la estética del lenguaje científico sin su rigurosidad, estas prácticas se comportan como pseudociencias.

Sin embargo, también es necesario trazar una línea firme cuando ciertas prácticas pretenden ocupar el espacio de la ciencia sin respetar sus reglas mínimas de transparencia, control y autocorrección. Y aquí, más que una discusión epistemológica, entramos en el terreno de la ética del conocimiento. Pero no se trata solamente de saber si algo es verdadero o falso, sino de preguntarnos: ¿qué se busca al presentar esa afirmación como científica?, ¿a quién beneficia?, ¿qué tipo de consecuencias produce?

Desde el punto de vista de la psicología cognitiva, este fenómeno está profundamente relacionado con nuestras limitaciones como agentes racionales. Somos seres que buscan sentido, que temen la incertidumbre, que tienden a organizar la realidad en narrativas coherentes, aunque sean ilusiones. El pensamiento crítico no es natural: se cultiva. Y el escepticismo saludable, aquel que cuestiona sin negar, que duda

sin destruir, necesita ser enseñado desde temprano, no como una actitud cínica frente al mundo, sino como una forma de compromiso con la complejidad.

Una educación crítica debe enseñar que confiar en la ciencia no significa aceptar ciegamente sus conclusiones, sino comprender cómo y por qué se llegó a ellas. También implica saber decir 'no sé' cuando la evidencia aún no es suficiente y resistir la tentación de llenar ese vacío con explicaciones mágicas o ideológicas.

Situar a las ciencias en un marco histórico, político y social es importante para recordar que el conocimiento científico se construye en contextos concretos y está en constante revisión. Las ciencias son prácticas humanas que se desarrollan en contextos específicos, respondiendo a intereses y necesidades de cada época. Esto no significa que sus evidencias puedan ser aceptadas o rechazadas a gusto personal, sino que deben ser entendidas en relación con los problemas que buscan resolver y las decisiones que informan. En el escenario actual de policrisis —caracterizado por la superposición de crisis climáticas, sanitarias, económicas, políticas y de confianza institucional— la búsqueda de certezas rápidas se intensifica y se abren espacios para narrativas simplistas, incluidas las pseudocientíficas.

Desafíos en un mundo de incertidumbre

En un mundo saturado de datos, lo más difícil ya no es acceder a la información, sino saber en qué confiar. La sobrecarga informativa, lo que algunos autores llaman la infodemia (ver Glosario), genera un efecto paradójico: mientras tenemos cada vez más posibilidades de aprender, también somos más vulnerables a ser engañados. En este escenario, producir y comunicar conocimiento confiable se ha tornado una tarea heroica y, muchas veces, frustrante.

Uno de los principales desafíos está en el propio proceso de producción del conocimiento científico. La ciencia es, por definición, inacabada. Se fundamenta en la revisión continua, en la posibilidad de estar equivocada, en la apertura a la crítica. Sin embargo, este carácter provisorio, que debería ser celebrado como fortaleza, se malinterpreta como fragilidad. En una sociedad que busca certezas rápidas y soluciones inmediatas, la honestidad científica puede parecer insuficiente.

Por el contrario, la comunicación científica se ve atrapada entre dos fuerzas opuestas: la necesidad de simplificar el conocimiento para hacerlo accesible, y el riesgo de distorsionarlo en el proceso. La divulgación, cuando es bien hecha, logra traducir la complejidad sin traicionar el rigor. Pero cuando se rinde a los formatos virales, a los títulos sensacionalistas o a las soluciones mágicas, termina alimentando el mismo

caldo de cultivo que sustenta la pseudociencia.

Una investigación desarrollada por nuestro grupo de estudios sobre la pandemia por Covid-19, liderada por la Dra. Edwine Oliveira, ilustra de manera clara cómo el prestigio percibido de una fuente puede influir directamente en la forma en que las personas recuerdan y aceptan información científica. En el estudio, analizamos si perfiles distintos —familiares, políticos, científicos y divulgadores digitales— afectaban la retención de datos relevantes sobre prevención y tratamiento de la enfermedad. Los resultados mostraron que las fuentes asociadas explícitamente al conocimiento científico (como instituciones de investigación y comunicadores con credenciales) tuvieron un impacto significativamente mayor en la memoria y aceptación del contenido por parte de los participantes. Este hallazgo refuerza la necesidad de fortalecer la confianza pública en la ciencia, especialmente en tiempos de crisis, cuando la información confiable puede ser decisiva para el bienestar colectivo.

Pero el problema no se limita a los no especialistas. Incluso en el ámbito académico, muchos profesionales repiten fórmulas sin reflexión, aplican métodos sin comprender sus fundamentos o comunican resultados sin preocuparse por su impacto social. En este sentido, el conocimiento confiable exige algo más que método: exige ética, responsabilidad y conciencia contextual. No basta con tener evidencia, es necesario entender cómo, cuándo y para quién esa evidencia se vuelve significativa.

¿Cómo enfrentar este panorama? Primero, es necesario reconocer que la comunicación científica no es neutral. Carga consigo valores, intereses, afectos. Esto no es un problema en sí mismo, pero exige conciencia y transparencia. Un científico que se comunica con el público debe considerar los efectos de sus palabras. En segundo lugar, es urgente invertir en una educación basada en el pensamiento crítico desde la escuela. Esto no significa solamente aprender conceptos científicos, sino desarrollar la capacidad de cuestionar, investigar, comparar fuentes, reconocer emociones y prejuicios que influyen en nuestro juicio. Un ciudadano crítico no es quien tiene todas las respuestas, sino quien sabe formular buenas preguntas y reconoce cuándo aún no sabe lo suficiente para responder.

Finalmente, es necesario defender una ciencia con vocación pública. Esto implica romper con el elitismo académico, valorar la escucha activa y reconstruir el pacto de confianza entre el conocimiento y la sociedad. La ciencia no puede hablar sobre las personas sin hablar con ellas. Y, sobre todo, no puede guardar silencio ante el avance de la desinformación, aunque el enfrentamiento con el sentido común resulte incómodo.

Agradecimientos

El presente texto corresponde a la transcripción revisada de la conferencia “Pseudociencia, autoengaño y la fragilidad de la verdad en el siglo XXI”, realizada el viernes 4 de julio de 2025 en el marco de los Coloquios del Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA, Bariloche). La participación del autor en dicho evento fue posible gracias al apoyo del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) de Brasil, en el ámbito del proyecto “Estrategias Adaptativas ante el Cambio Climático: Un Análisis Tri-Nacional del Conocimiento Ecológico Tradicional”, que permitió una estancia de corta duración en Argentina. Durante esta estancia, el autor y el equipo brasileño fueron recibidos con gran hospitalidad por la Dra. Ana Ladio, del INIBIOMA, a quien se agradece profundamente por la cálida acogida, el intercambio académico y la oportunidad de diálogo interdisciplinario que enriqueció esta experiencia. El autor expresa su sincero agradecimiento a los revisores anónimos por sus observaciones críticas y sugerencias, las cuales contribuyeron significativamente a mejorar la claridad y la coherencia del texto.

Declaración sobre el uso de IA generativa

Las ilustraciones presentes en este artículo fueron generadas mediante herramientas de inteligencia artificial generativa, siguiendo instrucciones detalladas proporcionadas por el autor. El texto fue editado y revisado con el apoyo de inteligencia artificial, bajo la supervisión directa del autor, quien se responsabiliza por su contenido final, coherencia argumentativa e integridad intelectual.

Glosario

Autoengaño: mecanismo mental que nos lleva a creer en algo falso, muchas veces sin darnos cuenta, simplemente porque hacerlo nos brinda consuelo o evita que enfrentemos conflictos internos que preferiríamos esquivar.

Cognición: conjunto de procesos mentales que usamos para conocer el mundo, percibir, recordar, pensar, tomar decisiones, usar el lenguaje.

Dogmático/a: actitud cerrada, rígida, que no admite cuestionamientos. Es la certeza que se impone, no porque haya evidencia sólida, sino porque se asume como verdad absoluta.

Escepticismo: forma de cuidado con lo que aceptamos como verdadero, que exige pruebas antes de asentir. No se trata de negarlo todo, sino de dudar con responsabilidad.

Infodemia: término utilizado para describir el exceso de información en circulación. Cuanto más datos hay, más difícil se vuelve separar lo confiable de lo engañoso.

Negligencia epistémica: actitud que lleva a no solo ignorar sino negarse activamente a pensar, a investigar, a escuchar lo que incomoda. Es una comodidad peligrosa que alivia, pero nos deja vulnerables.

Pseudociencia: conjunto de prácticas que tienen apariencia de ciencia, pero que no respetan sus fundamentos. No se someten a revisión crítica, pero usan su lenguaje para parecer legítimas.

Retórica científica: uso estratégico del lenguaje y de la estética de la ciencia (túnica blanca, gráficos, tecnicismos) para convencer sin necesariamente demostrar.

Sesgo de confirmación: tendencia a preferir lo que ya creemos.

Vigilancia epistémica: actitud crítica que deberíamos cultivar para no dejarnos engañar fácilmente. Implica leer con atención, verificar fuentes y mantenernos incómodos frente a las certezas fáciles.

Resumen

En un mundo saturado de información, la pseudociencia no solo persiste, sino que se adapta y seduce. Este artículo analiza cómo las prácticas no científicas se disfrazan de ciencia para ganar legitimidad. A través de una mirada que integra filosofía, psicología cognitiva, educación y ética, se exploran los mecanismos del autoengaño, los usos ideológicos y comerciales de la retórica científica, y los desafíos contemporáneos para producir y comunicar conocimiento confiable. La propuesta es promover un escepticismo saludable que nos permita distinguir, con responsabilidad, entre verdad, apariencia y manipulación.

Para ampliar este tema

Albuquerque, U. P. (2024). *Errados são os outros! Ceticismo, pseudoceticismo e ciência*. Bauru, Brasil: Canal 6 Editora. [Disponible en Internet]

Albuquerque, U. P. (2025). *Querem nos enganar! Uma introdução à pseudociência*. Bauru, Brasil: Canal 6 Editora. [Disponible en Internet]

Bunge, M. (2014a). *Las pseudociencias ¡Vaya timo!* Laetoli.

Bunge, M. (2014b). *Pseudociencia e ideología*. Siglo veintiuno.

INSECTOS Y JUSTICIA

MOSCAS EN LA ESCENA DEL CRIMEN

Los insectos ayudan a las ciencias forenses a responder preguntas clave en investigaciones judiciales, aportando evidencia sobre el tiempo y las circunstancias de una muerte.

Ana J. Pereira

Los insectos pertenecen al grupo de los artrópodos, animales invertebrados (sin columna vertebral) que se caracterizan por tener apéndices articulados, como patas o antenas. Este conjunto también incluye a las arañas, los crustáceos, los ciempiés, entre otros. Entre los animales, los insectos son los más abundantes y diversos. Se calcula que existen unos 200 millones de individuos por cada ser humano. Con relación a su diversidad, se estima que existen alrededor de diez millones de especies de insectos, aunque hasta la actualidad, solo se han descripto aproximadamente un millón. Su diversidad se refleja en la gran variedad de estructuras, comportamientos y hábitos alimentarios que presentan estos pequeños animales, adaptados a casi todos los ecosistemas terrestres y de agua dulce.

Además de su asombrosa abundancia y diversidad, los insectos cumplen funciones esenciales en los ecosistemas. Actúan, por ejemplo, como polinizadores, siendo necesarios para la reproducción de plantas y la producción de alimentos, o como controladores de plagas (ver Glosario) al alimentarse de otros insectos. En particular, algunas especies de insectos presentan hábitos necrófagos, es decir, se alimentan de restos de animales muertos. Cumplen un rol muy importante en la naturaleza, ya que ayudan a descomponer y reciclar materia orgánica, transformándola en nutrientes útiles para las plantas y el suelo y ayudando a reducir su acumulación en el ambiente. También, la presencia de insectos necrófagos en cadáveres humanos ha permitido, a lo largo de los años, utilizarlos como

evidencia en investigaciones forenses.

La entomología forense es una rama de la Biología que estudia los insectos y otros artrópodos asociados a un cadáver como pruebas científicas en materias legales, en especial en casos que llegan a un tribunal de justicia. En un contexto medicolegal, la entomología forense utiliza a los insectos como evidencia en la investigación de una muerte dudosa o un crimen. Su aplicación más conocida es la estimación del intervalo *post mortem*, o sea el tiempo transcurrido desde la muerte hasta el hallazgo del cuerpo. También, esta disciplina puede aportar evidencia útil para responder otras preguntas de relevancia en el campo forense, como ser, la posibilidad de un traslado *post mortem* del cadáver, el ocultamiento del cuerpo o la presencia de sustancias tóxicas.

Para poder abordar estos interrogantes en el marco de una causa judicial, es fundamental conocer el ciclo de vida de los insectos, sus tiempos de desarrollo y los cambios morfológicos que atraviesan las especies de interés forense a lo largo de su metamorfosis, es decir, los cambios que se suceden desde que salen del huevo hasta llegar a adultos. Pero, además, resulta indispensable conocer su comportamiento, sus funciones ecológicas y la forma en que estas especies se distribuyen en el tiempo (según las estaciones del año) y en el espacio (según los distintos ambientes), ya que estos factores determinan cuándo, dónde y de qué manera los insectos colonizan un cuerpo en descomposición.

Palabras clave: criminalística, insectos necrófagos, pericias, reporte de casos, sucesión cadavérica.

Ana Julia Pereira¹

Dra. en Ciencias Biológicas
pereira.ana@conicet.gov.ar

¹Centro de Investigaciones en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología del Comahue (CITAAC), Universidad Nacional del Comahue-CONICET

Las primeras en llegar: las moscas

Cuando una persona o cualquier animal vertebrado muere, comienza un proceso de descomposición que atraviesa diferentes fases: fresca, hinchada, descomposición activa, descomposición avanzada y, finalmente, la reducción esquelética. A medida que avanza esta degradación, diferentes compuestos químicos se liberan en cada una de estas etapas, lo que genera una atracción por diferentes grupos de insectos que van arribando al cadáver según sus preferencias alimenticias y respuestas a estos compuestos. Por lo

Recibido: 19/09/2025. Aceptado: 28/10/2025.

tanto, el cuerpo se convierte en una nueva fuente de alimento que atrae una diversidad de especies que cambian progresivamente, generando lo que se denomina la sucesión cadavérica.

El principal grupo de insectos de interés forense lo constituyen las moscas, particularmente aquellas pertenecientes a la familia Calliphoridae (ver Glosario). Estas especies son conocidas vulgarmente como moscas verdes o azules y presentan un característico color brillante metalizado. Tienen la capacidad de detectar a gran distancia, a través de estímulos químicos, la presencia de un cuerpo en descomposición. Gracias a su capacidad de vuelo y rápido desplazamiento, son generalmente los primeros organismos en arribar a un cadáver, incluso pocas horas después de la muerte. Esto convierte a las moscas en los mejores "testigos del crimen".

El proceso comienza cuando las moscas hembra arriban al cadáver y depositan sus huevos sobre esta nueva y efímera fuente de alimento, iniciando un nuevo ciclo de vida (ver Figura 1). Al cabo de unas horas, los huevos eclosionan y nacen las larvas, pequeños individuos con apariencia de gusanos. El estado larval presenta tres estadios denominados larva I, larva II y larva III, las cuales se alimentan activamente de los tejidos del cadáver, aumentan su tamaño y adquieren estructuras morfológicas distintivas. Tanto el tamaño corporal como las características externas de cada estadio larval permiten determinar la edad del individuo y, en consecuencia, el tiempo aproximado

transcurrido desde la postura de huevos.

Una vez finalizado el estado larval, y tras abandonar el cadáver, las larvas dejan de alimentarse y buscan un lugar protegido para pasar al próximo estado, el de pupa. Durante esta etapa no se alimentan y permanecen dentro de una estructura denominada pupario, en cuyo interior se producen grandes transformaciones que conducen a la transición de la forma larval a la adulta como, por ejemplo, el desarrollo de patas, alas, antenas y la madurez sexual. De esta manera, el ciclo de vida completo de estas especies se desarrolla en relación con el cadáver. Por ende, si al momento del hallazgo de un cuerpo se recolectan insectos como evidencia y se logra establecer la edad de esos ejemplares, es posible estimar el tiempo transcurrido sobre el cadáver, es decir, el intervalo post mortem.

Es importante tener en cuenta que, como todos los insectos, las moscas son organismos poiquilotermos, lo que significa que su temperatura corporal interna varía en función de la temperatura externa. A diferencia de aves y mamíferos, los insectos no poseen mecanismos de regulación térmica, por lo que su tasa de desarrollo está directamente determinada por las variaciones de temperatura del ambiente. Por lo tanto, la duración de cada uno de los estados y del ciclo completo, desde la oviposición hasta la emergencia del adulto, está fuertemente influenciado por la temperatura ambiental a la que estuvieron expuestos las moscas y el cadáver. Surge entonces una pregunta clave: ¿Cómo se puede inferir la edad de estos individuos al momento de su

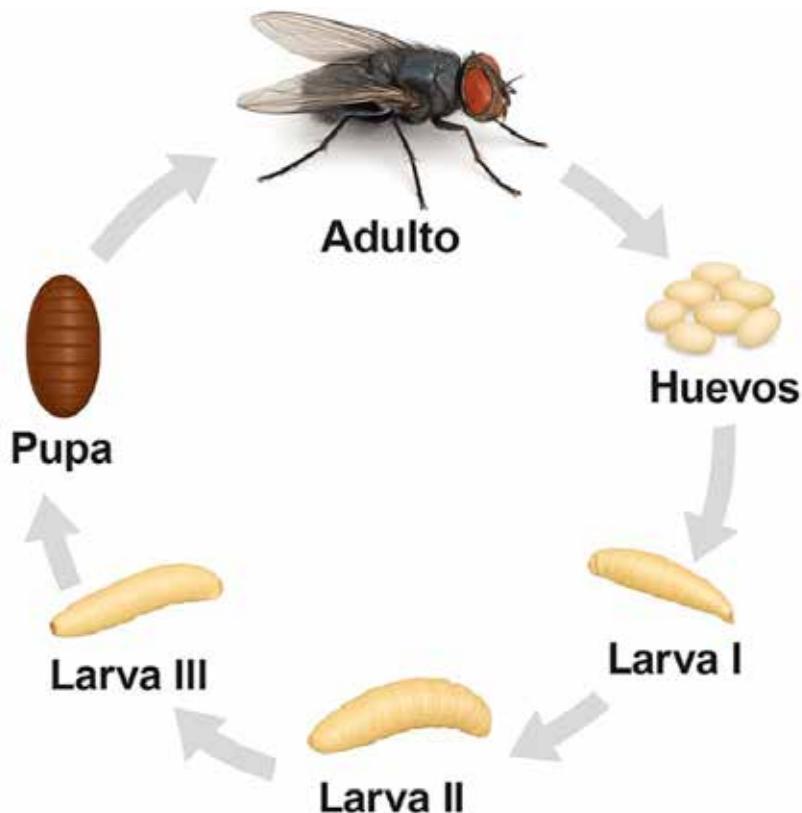


Figura 1. Ciclo de vida de las moscas de la familia Calliphoridae. Estas especies presentan cuatro estados (huevo→larva→pupa→adulto). El estado larval pasa por tres estadios (larva I, II y III). La metamorfosis se completa cuando emerge el adulto.

Imagen: Gentileza de la autora.

recolección? Para responder a este interrogante, es necesario recurrir a herramientas como el análisis de caracteres morfológicos, la duración de los ciclos de vida o, más recientemente, a técnicas de expresión génica (ver Glosario), contemplando siempre diversas temperaturas.

Lo que revelan las formas y los tamaños

El procedimiento más utilizado para estimar la edad de los insectos recolectados en una escena del crimen consiste en el análisis de caracteres morfológicos, es decir, de la observación de sus estructuras corporales. A medida que las larvas crecen, no solo aumentan de tamaño, sino que también experimentan transformaciones estructurales que permiten identificar con precisión el estadio de desarrollo en el que se encuentran. La observación y medición de estas características bajo lupa o microscopio es fundamental para aproximar el tiempo que llevan vivas desde que los huevos fueron depositados sobre el cadáver.

Entre los caracteres más utilizados para estimar la edad de las larvas se encuentran: el número y disposición de espinas en el cuerpo, la forma y el tamaño de los espiráculos (aberturas del sistema respiratorio), la presencia de bandas esclerotizadas (endurecidas) en la cutícula y el tamaño corporal general. Estas características permiten diferenciar con

precisión las tres etapas larvales (larva I, II y III) y, en algunos casos, realizar estimaciones más detalladas dentro de una misma etapa. Sin embargo, no todas las especies presentan el mismo tiempo de desarrollo ni las mismas formas y tamaños, incluso cuando se crían a la misma temperatura. Por lo tanto, resulta fundamental disponer de datos de referencia obtenidos a partir de individuos criados en condiciones controladas de laboratorio, que puedan consultarse como referencia al momento de analizar las especies halladas sobre un cadáver. Obtener esta información requiere un trabajo meticuloso y sistemático que permita registrar cada etapa del desarrollo con precisión.

En el laboratorio, los individuos se crían bajo condiciones controladas de temperatura y humedad. Cada ciclo completo se desarrolla en una cámara de cría a una temperatura constante. Durante el ensayo, se colectan larvas cada 12 horas para registrar y describir su longitud, su peso, sus caracteres morfológicos y su etapa de desarrollo (larva I, II o III). De esta manera, se construyen tablas y curvas que luego son utilizadas por especialistas en entomología en el marco de investigaciones forenses (ver Figura 2). Es necesario que estas herramientas gráficas se elaboren para cada una de las especies de interés forense presente en la zona y para todas las temperaturas características de esa región.

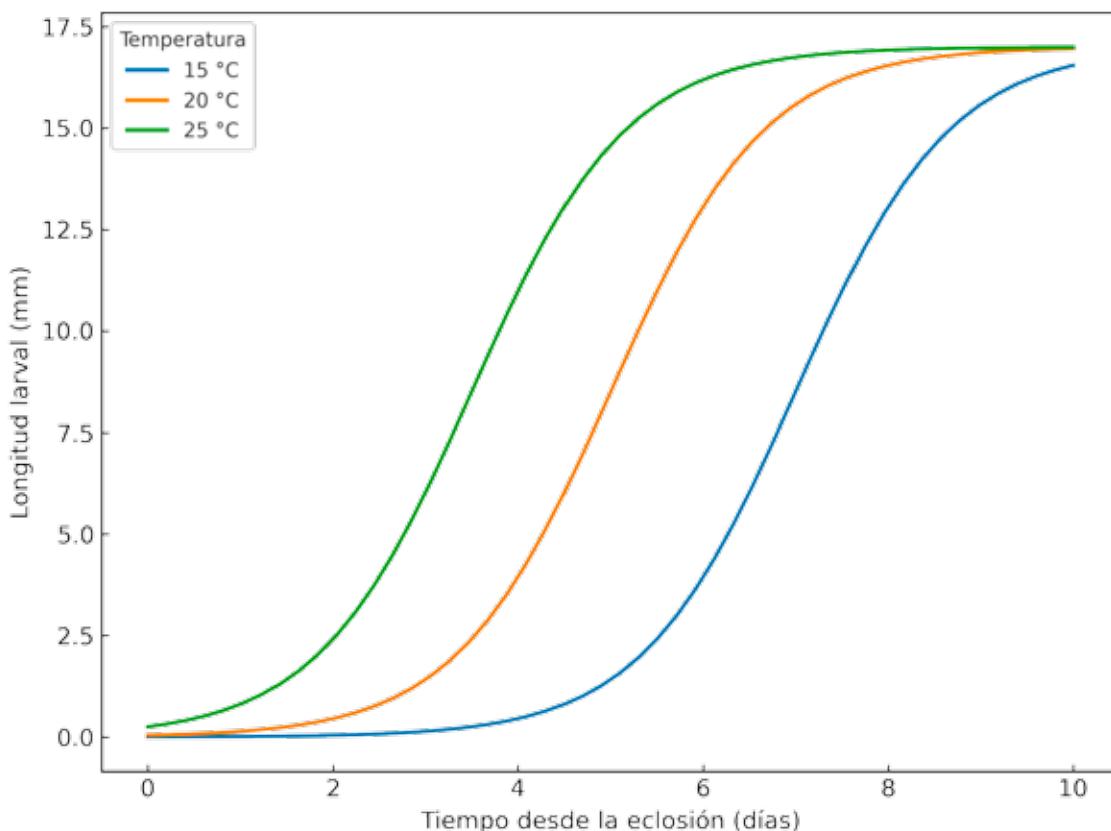


Figura 2. Curvas de crecimiento generadas en laboratorio a diferentes temperaturas. En el eje x, se presenta el tiempo desde el nacimiento de la larva I y todo su desarrollo hasta que se transforma en pupa y en el eje y, la longitud. Se observa cómo a mayor temperatura se acorta el tiempo necesario para alcanzar la máxima longitud larval.

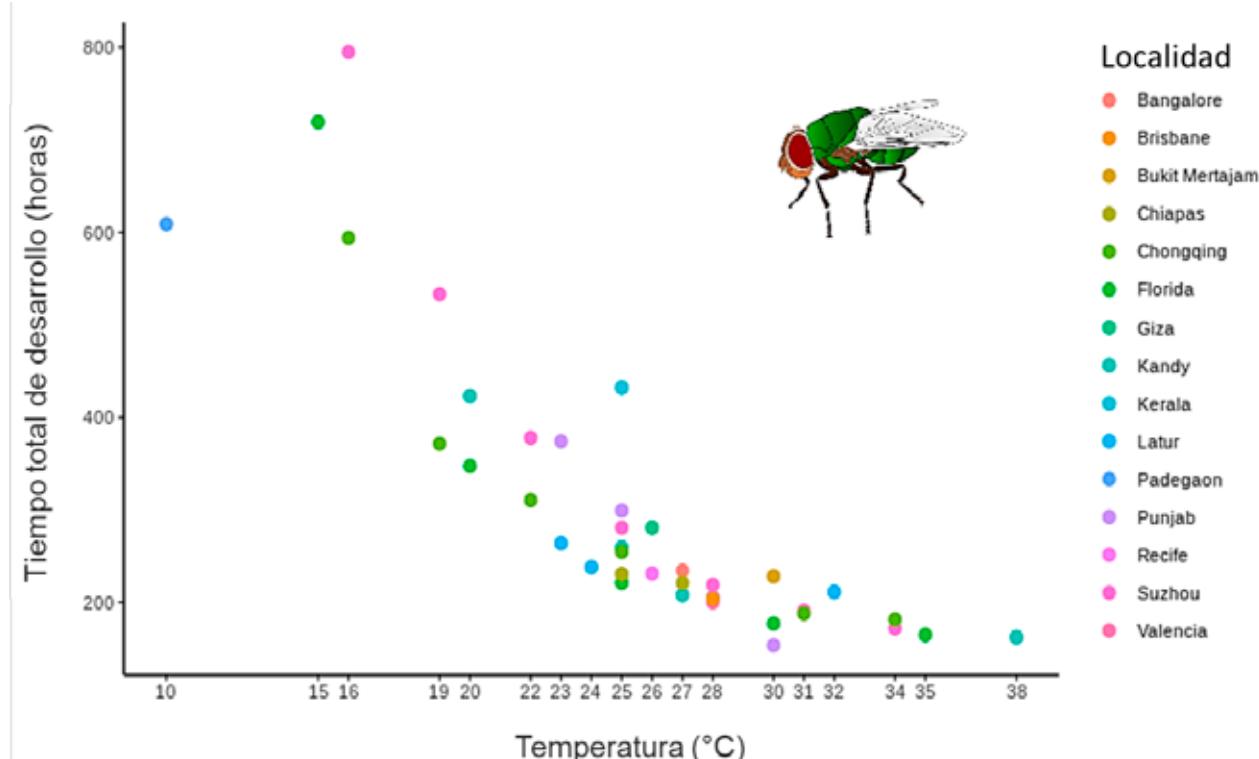


Figura 3. Tiempo de desarrollo de poblaciones de *Chrysomya megacephala* de diferentes localidades a diversas temperaturas. Los símbolos representan los 15 estudios incluidos en el meta-análisis. Se observa que a la misma temperatura la duración del ciclo de vida difiere según el lugar.

Dime de dónde eres y te diré cómo creces

El uso de herramientas gráficas que permita conocer los tiempos de desarrollo, como curvas o tablas, presenta algunas limitaciones. Por ejemplo, las descripciones morfológicas detalladas no siempre están disponibles para todas las especies de interés forense, especialmente en regiones poco estudiadas. Pero, además, algunos trabajos han demostrado que la duración de los estados y del ciclo de vida puede variar significativamente entre poblaciones de una misma especie distribuidas en distintas regiones geográficas. En este contexto, los estudios regionales sobre ciclos de vida y curvas de crecimiento resultan fundamentales para mejorar la precisión de las conclusiones periciales en investigaciones judiciales.

En este sentido, en un estudio que llevamos adelante con investigadores del Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP) en Tapachula (Méjico), analizamos el ciclo de vida de una mosca de interés forense, *Chrysomya megacephala*, bajo condiciones de laboratorio y de campo, y comparamos estos datos con los reportados en la literatura científica mediante un meta-análisis (análisis comparativo y sistemático de toda la bibliografía publicada sobre el mismo tema). Los resultados demostraron que, además de la temperatura, la ubicación geográfica de las poblaciones de moscas, aun siendo de la misma especie, influye en la duración del ciclo de vida. Por ejemplo, a 25 °C, el ciclo completo de *Chrysomya megacephala* en Tapachula fue de 231 horas,

mientras que en otras regiones, como India o China, se han reportado tiempos entre 254 y 299 horas bajo la misma temperatura (ver Figura 3).

Estos hallazgos resaltan la necesidad de contar con información local sobre las especies de interés forense. La aplicación de datos generados a partir de poblaciones de otras localizaciones podría conducir a errores significativos en la estimación del intervalo *post mortem*. Este es uno de los objetivos centrales de los trabajos que desarrollamos en Patagonia Norte en el Centro de Investigaciones en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología del Comahue, un instituto de bipertenencia entre el CONICET y la Universidad Nacional del Comahue (CITAAC, CONICET-UNCo). Particularmente, en Neuquén trabajamos con la mosca verde (*Lucilia sericata*) ya que es la que se encuentra con mayor frecuencia en trampas y en cuerpos en descomposición en el contexto de investigaciones científicas y forenses. Los primeros resultados fueron presentados en la XXX Reunión Argentina de Ecología que se llevó a cabo en Bariloche en el año 2023. Se compararon el tiempo total de desarrollo y el tamaño larval de cuatro poblaciones de la mosca verde de distintas ecorregiones (ver Glosario) de Neuquén, criadas en condiciones controladas de laboratorio (Figura 4). En este caso, los análisis mostraron que no existen diferencias significativas entre poblaciones de la misma especie. Estos resultados constituyen los primeros datos de la Patagonia sobre el desarrollo de esta especie de importancia forense, y sugieren que, en

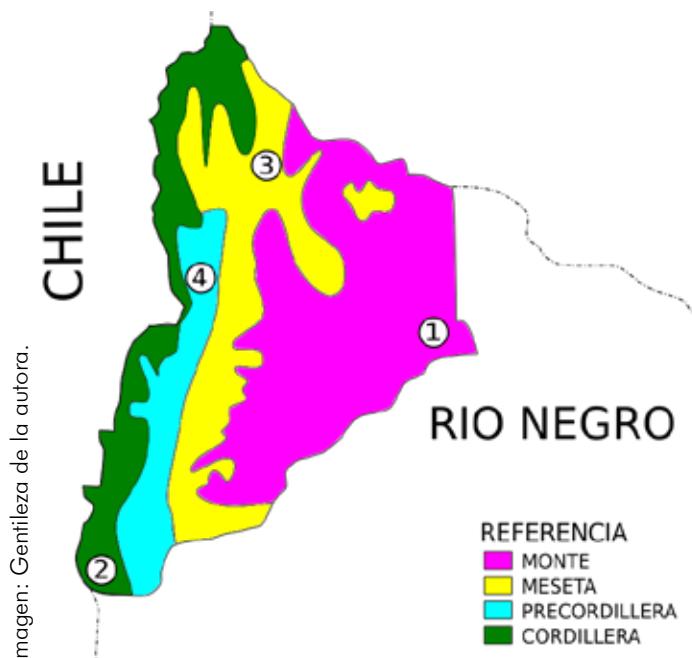


Figura 4. Mapa de las ecorregiones de la provincia de Neuquén, adaptado de Bran et al. (2002). Se indican las localidades donde se recolectaron las muestras de *Lucilia sericata* correspondientes a las cuatro poblaciones analizadas: 1) Neuquén capital 2) San Martín de los Andes 3) Rincón de los Sauces y 4) Loncopué.

investigaciones criminales de la provincia de Neuquén, la información obtenida puede emplearse sin importar el lugar de recolección de la fauna cadavérica.

Cuando los genes cuentan la historia

Durante la metamorfosis de una mosca, desde el estado de huevo hasta la emergencia del adulto, ocurren complejas transformaciones celulares, morfológicas y fisiológicas que están reguladas por el ADN a través de la activación y desactivación de distintos genes (ver Glosario). Estas modificaciones se producen de manera ordenada a lo largo del tiempo y permiten a los organismos avanzar en su desarrollo hasta alcanzar la

madurez. En este contexto, la medición de la expresión génica diferencial, es decir cuánto se expresa un gen en determinado momento del desarrollo, se ha convertido en una herramienta prometedora para estimar la edad de un insecto, especialmente durante el estado de pupa en el que ya no se producen cambios morfológicos externos fácilmente observables. A diferencia de las larvas, que pueden ser observadas, medidas y clasificadas por sus estructuras o su tamaño, las pupas presentan un aspecto uniforme desde el exterior. Por lo tanto, la estimación de la edad de los individuos durante este estado pierde precisión. Sin embargo, en su interior ocurren grandes transformaciones. El estudio de la expresión génica permite acceder a esa información "invisible" a través del análisis del ADN y su mensajero, el ARN (ver Glosario), el cual refleja qué genes están activos en un momento determinado.

Con el fin de generar información que nos permita estimar con mayor precisión la edad de las pupas, en el laboratorio del CITAAC desarrollamos un estudio centrado en el análisis de la expresión de seis genes que cumplen un rol importante durante esta última etapa de la metamorfosis. Trabajamos con pupas de la mosca verde durante ocho días consecutivos, cubriendo así el período completo del desarrollo pupal a 23°C, temperatura controlada en una cámara de cría. Los resultados, publicados en 2025 en la revista *International Journal of Legal Medicine*, muestran que es posible distinguir con alta sensibilidad diferentes momentos del desarrollo en función del patrón de expresión de estos genes. Algunos de los genes que estudiamos fueron el gen *actina*, relacionado con la estructura del citoesqueleto (ver Glosario), el gen *wingless* (*Wg*), involucrado en el patrón de desarrollo corporal y alar y el gen *regucalcin* (*Reg*), que cumple varias funciones como regular la concentración de calcio dentro de las células. Estos genes presentaron niveles de expresión significativamente diferentes según el día de desarrollo (ver Figura 5). Por ejemplo, los primeros días, el gen

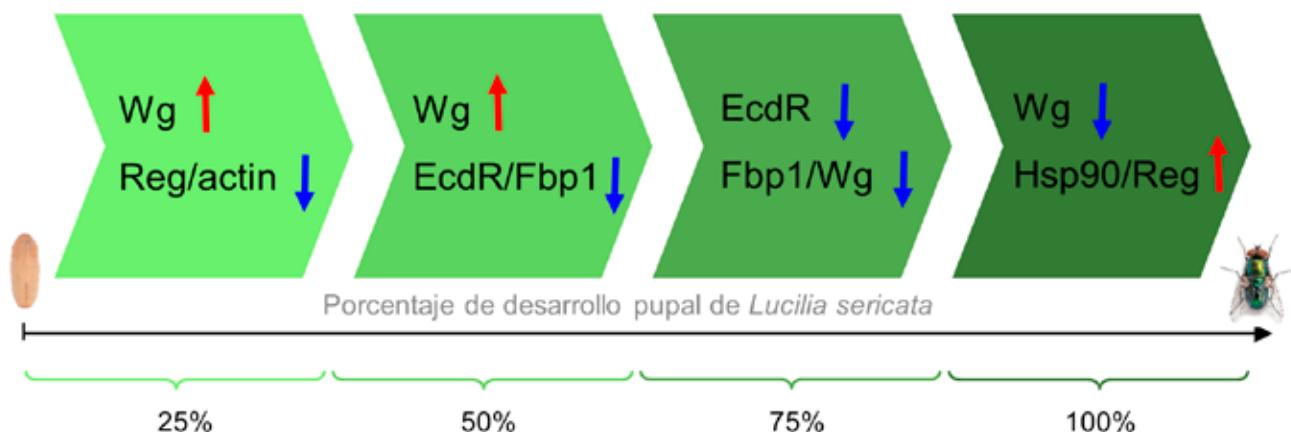


Figura 5. Cambios en la expresión génica durante el desarrollo pupal que permite estimar el tiempo de desarrollo desde que comienza el estado de pupa hasta la emergencia del adulto. Las flechas rojas muestran genes que tienen una alta expresión y las flechas azules genes con baja expresión. Las siglas hacen mención a los siguientes genes: Wg = wingless, EcdR = ecdysone receptor, Fbp1 = fatbodyprotein 1, Hsp90 = heat shock protein 90, Reg = regucalcin, actin = actina.

wingless presentó una alta expresión mientras que actina y regucalcin mostraron una baja expresión. Esto se revierte al final del desarrollo. Esta dinámica permite construir modelos matemáticos que posibilitan a las y los investigadores predecir la edad de una muestra en base a su perfil de expresión génica. Además, al analizar múltiples genes de manera simultánea, se incrementa la precisión de la estimación.

La aplicación de estos estudios genéticos en entomología forense representa un gran avance hacia métodos de estimación de la edad del insecto de forma más precisa y objetiva, capaces de superar algunas de las limitaciones de las técnicas morfológicas, particularmente en etapas donde los cambios externos son mínimos o inexistentes. Dado que el periodo de pupa representa aproximadamente la mitad del ciclo de desarrollo de las especies en estudio en nuestra región, estos hallazgos resultan especialmente relevantes cuando este estado constituye la evidencia entomológica con mayor grado de desarrollo recuperada en una escena del crimen o durante la autopsia.

De la ciencia al tribunal: casos patagónicos

En Argentina, el uso de insectos como evidencia forense tiene antecedentes formales desde hace tres décadas. Uno de los primeros casos documentados en el país fue el del soldado Omar Carrasco, en 1994 en la provincia de Neuquén. En esa oportunidad, la Dra. Adriana Oliva del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, ubicado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, utilizó la fauna entomológica colectada en la autopsia para estimar el intervalo post mortem. Este dato fue clave para ubicar el momento de la muerte del soldado dentro del establecimiento, contradiciendo las versiones oficiales de sus superiores. El gran impacto social de este caso generó un repudio generalizado que condujo a la eliminación del Servicio Militar Obligatorio en nuestro país. Desde entonces, la disciplina ha experimentado un crecimiento sostenido en el país, y en la región de Patagonia norte el uso de la entomología forense ha adquirido una relevancia creciente dentro del ámbito judicial. A lo largo de los últimos años, esta herramienta ha sido aplicada en causas de homicidios, aportando elementos de prueba valiosos para el desarrollo de las investigaciones.

En mi experiencia profesional, he intervenido como perito en diversas causas penales donde el análisis de la fauna cadavérica permitió responder interrogantes con relación al tiempo de muerte o aportar elementos adicionales sobre la dinámica del crimen, traslado, ocultamiento y descarte del cuerpo en escenas secundarias. A modo de ejemplo, se destacan tres casos en los que la información entomológica resultó clave.

Caso 1: El femicidio que impulsó la Ley Cielo López

En septiembre de 2019, la desaparición y posterior hallazgo del cuerpo de una joven de 18 años de la ciudad de Plottier (Neuquén), conmocionó a la opinión pública. Según el análisis entomológico realizado en el laboratorio del CITAAC, se identificaron huevos y larvas recién nacidas de *Calliphora vicina*, lo cual permitió, considerando las temperaturas ambientales, estimar un intervalo post mortem entre 38 y 62 horas. Esto acotó la ventana temporal de la muerte, aportando pruebas clave en la investigación. Mediante un jurado popular, el 12 de noviembre de 2020 el acusado de este femicidio fue declarado culpable. El estricto análisis pericial y entomológico fue uno de los sustentos científicos del fallo. El 16 de diciembre del mismo año, se le impuso prisión perpetua, en un fallo respaldado por pruebas contundentes y una deliberación rápida y unánime del jurado.

El caso generó una enorme repercusión social y política en la provincia. Por iniciativa de la familia y con amplio respaldo legislativo, se sancionó la Ley Provincial 3250, conocida como "Ley Cielo", en consideración del nombre de la víctima. Esta normativa establece la obligatoriedad de impartir Educación Sexual Integral y contenidos de prevención de la violencia de género en todos los niveles del sistema educativo de Neuquén. En resumen, la entomología forense no solo fue determinante en el esclarecimiento técnico de este caso, permitiendo una estimación precisa del intervalo post mortem, sino que formó parte de un proceso que derivó en una condena ejemplar y en un cambio legislativo con impacto educativo y cultural Neuquén y en la región.

Caso 2: Un hallazgo bajo tierra

En enero de 2022, en las afueras de General Fernández Oro (Río Negro), la policía descubrió un vehículo utilitario completamente enterrado. En su interior, envuelto en una gruesa lona plástica, yacía el cuerpo de un hombre que había estado desaparecido durante más de tres meses. La autopsia reveló que la víctima había muerto por disparos en la cabeza, pero el avanzado estado de descomposición y las condiciones del entierro dificultaban establecer la fecha de muerte con métodos medicolegales tradicionales. Por esta razón, se incorporó el análisis entomológico. Se recolectaron insectos presentes en el cuerpo y en la lona que lo envolvía, tanto en el lugar del hecho como durante la autopsia. Entre ellos había especies de moscas y escarabajos en sus estadios inmaduros (larvas y pupas), puparios vacíos e individuos adultos.

El análisis de estas muestras, llevado a cabo en el laboratorio del CITAAC, permitió estimar el tiempo transcurrido desde que los insectos colonizaron el cuerpo y el momento de su hallazgo. Especies como

el escarabajo *Necrobia rufipes* y *Dermestes maculatus*, que llegan en etapas avanzadas de la descomposición, indicaron que la muerte había ocurrido al menos 70 días antes del hallazgo. Dado que estas especies no arriban al cuerpo al momento de la muerte, este intervalo datado por este método *post mortem* era el mínimo. Además, la presencia en baja cantidad de *Calliphora vicina*, una mosca característica de climas fríos y una de las primeras en colonizar un cuerpo expuesto, sugirió que el cadáver estuvo accesible para los insectos solo por un breve período después de la muerte, antes de ser enterrado. También, esta especie nos indicó que el homicidio había ocurrido en una estación fría como el invierno o en los inicios de la primavera patagónica. Esto era coincidente con la fecha de desaparición.

Debido a su relevancia, ya que fue el primer caso documentado en el que se utilizaron insectos como evidencia en un cuerpo hallado dentro de un vehículo enterrado, los resultados de la pericia entomológica fueron publicados en la revista *Forensic Science, Medicine and Pathology*. Este trabajo demostró que, incluso en escenarios complejos y con acceso limitado de los insectos al cadáver, la fauna cadavérica puede aportar información clave para estimar el intervalo *post mortem* y reconstruir la secuencia de hechos.

Caso 3: El frío como cómplice

En agosto de 2024, un hombre muerto fue hallado en un descampado en la localidad de Plaza Huincul (Neuquén). El cadáver estaba boca abajo y cubierto con mantas. La autopsia reveló que en la parte delantera del tórax presentaba lesiones compatibles con el ingreso de proyectiles de arma de fuego. Durante la inspección que realizó Criminalística de la Policía en el lugar del hecho, se recolectaron muestras entomológicas de una de las lesiones. Estas fueron trasladadas y analizadas en el laboratorio del CITAAC. Los resultados demostraron la presencia exclusiva de huevos de *Calliphora vicina*, una de las primeras especies en colonizar un cuerpo expuesto, atraída especialmente para poner huevos en cavidades naturales (como ojos, boca o nariz) y heridas sangrantes. Un dato muy importante fue que todos los huevos presentaban un grado de desarrollo similar y estaban muertos al momento de la recolección.

La ubicación de los huevos en las lesiones indicaba que las moscas tuvieron que ser atraídas y arribar al cuerpo cuando las heridas aún sangraban, es decir, poco después de la muerte. Sin embargo, la ausencia de otros estados de desarrollo y de otras especies sugirió que, tras la colonización inicial, el cuerpo fue ocultado en un lugar inaccesible para las moscas, interrumpiendo colonizaciones posteriores por otros insectos. Además, el hecho de que los huevos no

eclosionaran reveló que el sitio de ocultamiento presentaba condiciones desfavorables para el desarrollo de la especie, como temperaturas extremas o falta de oxígeno, pero favorables para el crecimiento de hongos, observados en distintas zonas del cadáver. Estas características, sumadas a las bajas temperaturas que tolera *Calliphora vicina* y la presencia de hongos, permitieron plantear la hipótesis de que el cuerpo pudo haber permanecido en un ambiente húmedo y muy refrigerado, como una heladera o un freezer, antes de ser trasladado al lugar donde finalmente fue hallado.

Por último, la presencia de huevos en la zona del tórax indicaba que el cuerpo debía estar en otra posición a la encontrada, ya que resulta imposible que las moscas pongan huevos en la herida cuando el cuerpo se encontraba boca abajo. Estos hallazgos permitieron inferir que el lugar del hecho era una escena secundaria, de descarte, y que el cuerpo permaneció oculto durante un período posterior a la muerte, limitando la colonización por insectos. Aunque no fue posible estimar el intervalo *post mortem* con precisión debido a la muerte de las muestras, la entomología forense aportó información clave para reconstruir la secuencia de hechos y comprender el manejo del cuerpo tras el homicidio.

Una disciplina que avanza en Patagonia

La aplicación de la entomología a las ciencias forenses demuestra que esta disciplina es mucho más que una herramienta para estimar el tiempo transcurrido desde la muerte. El análisis de la fauna cadavérica, junto con el estudio de su biología, fisiología y comportamiento, permite reconstruir escenarios, inferir condiciones ambientales y aportar indicios sobre la manipulación o el traslado de un cuerpo. En Patagonia norte, la generación de datos científicos locales, sumada al trabajo interdisciplinario y a la articulación con el sistema judicial, ha consolidado esta disciplina como un recurso esencial para esclarecer casos complejos. Dado que la presencia y composición de especies puede variar entre regiones del país, e incluso las poblaciones de una misma especie pueden presentar diferencias en su biología y en sus tiempos de desarrollo según el lugar, resulta indispensable producir datos con especies locales y bajo las condiciones ambientales propias de la zona. La investigación desarrollada en la región no solo mejora la interpretación de la evidencia en contextos específicos, sino que también fortalece la capacidad de respuesta ante nuevos desafíos en el ámbito judicial.

Glosario

ADN: molécula que contiene la información genética de todos los seres vivos.

ARN: copia del ADN que lleva información para la síntesis de proteínas.

Calliphoridae: familia de moscas verdes o azules, de importancia en la descomposición y en la entomología forense. En biología, una familia agrupa varias especies relacionadas que comparten características comunes.

Citoesqueleto: estructura interna de la célula formada por filamentos proteicos que le dan forma y permiten el movimiento celular.

Ecorregión: territorio geográficamente definido que se distingue por el carácter único de su ecología, clima, geomorfología, suelos, hidrología, flora y fauna.

Expresión génica: proceso por el cual la información contenida en un gen se activa y produce moléculas útiles para la célula.

Gen: fragmento de ADN, unidad básica de la herencia, que contiene información que se transmite a la descendencia.

Plaga: conjunto de organismos que, al aumentar su abundancia, generan daños económicos, ambientales o sanitarios en los recursos utilizados por el ser humano, como cultivos, animales domésticos o productos almacenados.

Resumen

Los insectos, además de cumplir funciones esenciales en los ecosistemas, también se convierten en aliados de la justicia. La entomología forense utiliza el conocimiento sobre su ciclo de vida y comportamiento para estimar el intervalo post mortem y aportar información en casos de homicidios y femicidios. En este artículo se presentan investigaciones en Patagonia norte, donde la producción de datos locales sobre moscas de interés forense se combina con herramientas morfológicas y genéticas, consolidando una disciplina que no solo contribuye a la ciencia, sino también al sistema judicial.

Para ampliar este tema

Ayón, M. R. (2019). Entomología Forense. En: M. R. Ayón (Ed.), *Biología Forense* (pp. 92-117). Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Bran, D., Ayesa, J. y Lopez, C. (2002). Areas ecológicas de Neuquén. Informe Laboratorio De Teledetección-SIG 4-INTA-EEA Bariloche.

Pereira, A. J., Breglia, G. A., and Uzal, M. H. (2024). Forensic entomology in homicide cases: study of a corpse found inside a buried vehicle. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 21(1): 358-365.

Pereira, A. J., Sonzogni, S. V., Centeno, N. D., and Guinazú, N. L. (2025). Differential gene expression during intra-pupalial period of *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) for improving minimum postmortem interval estimation. *International Journal of Legal Medicine*, 139: 2457-2466.

Universidad Nacional de Río Negro. [UNRN]. (7 de agosto de 2020). *Uso de entomología forense en la investigación criminalística*, Video en YouTube. [Disponible en Internet]

PLANTAS MEDICINALES DE LA PATAGONIA

EL PODER DE LAS APIÁCEAS

En la Patagonia crecen plantas emparentadas con las zanahorias que podrían ser herramientas prometedoras en nuestra batalla contra los microorganismos patógenos.

Santiago Reyes y Ariadna Tripaldi

Las personas, en su mayoría, están familiarizadas con las plantas pertenecientes a la familia de las apiáceas, también llamadas umbelíferas, por su uso cotidiano en la gastronomía, aunque no necesariamente por este nombre. Alimentos frecuentemente utilizados como la zanahoria (*Daucus carota*), el perejil (*Petroselinum crispum*) y el apio (*Apium graveolens*) pertenecen a esta familia de plantas. Además, algunas personas la conocemos por el fatídico final de Sócrates, quien fue condenado a consumir la tóxica cicuta (*Conium maculatum*). Sin embargo, no hay tantas personas que conozcan a sus contrapartes patagónicas, el neneo (*Azorella prolifera*) característico de la estepa, o el cacheo de cabra (*Osmorhiza berteroii*) tan abundante en nuestros bosques (ver Figuras 1A y 1B). Si bien las apiáceas suelen ser hierbas y arbustos que se distribuyen principalmente en el hemisferio norte, existe una amplia diversidad de especies en el hemisferio sur.

Como indica el nombre original de esta familia de plantas, Umbelliferae, sus flores usualmente inconspicuas (es decir, poco evidentes) suelen estar agrupadas en umbelas (derivado de *umbella*, paraguas en latín). Las

apiáceas que se encuentran en la Patagonia (las yaretas - *Azorella* spp. - y otras especies menos conocidas, ver Recuadro 1), habitan en regiones abiertas, áridas y semiáridas, como la estepa y la alta montaña, por lo cual poseen características que les permiten tolerar las condiciones extremas de estos ambientes. Por ejemplo, son típicas las hojas reducidas y coriáceas (es decir, de textura dura y flexible), a veces tomando la forma de espinas como en el neneo. Otra característica común son los frutos alados, que podrían facilitar la dispersión mediada por los fuertes vientos de la región o por las aguas de deshielo (ver Figura 1). Asimismo, la forma de "cojín" que presentan muchas de estas especies, como las yaretas (ver Figura 1E), ayudan al establecimiento de otras plantas al crear microhábitats favorables bajo su superficie (por esto se las conoce como "plantas nodrizas", es decir, que protegen como una cuidadora), lo cual es particularmente importante en ambientes extremos, como los de alta montaña. Por este motivo, muchas veces se considera a estas plantas como

Un poco de taxonomía

Los biólogos acostumbramos agrupar y subagrupar a los organismos en, a veces, impronunciables categorías, y las apiáceas no son la excepción. Si bien ya reconocemos que Apiaceae representa una familia taxonómica que agrupa a varios géneros (las yaretas en el género *Azorella*, los apios en *Apium*, etc.), existen además subfamilias que nos permiten agrupar a estos géneros en subgrupos, de acuerdo a su historia evolutiva. Decimos entonces que, en la Patagonia, la mayoría de las especies nativas corresponden a la subfamilia Azoreloideae, mientras que de la subfamilia Apioideae predominan las especies exóticas naturalizadas del hemisferio norte. Una forma sencilla de recordar estos nombres complicados es pensar que derivan de especies tipo, es decir, especies que por haber sido las primeras descritas se eligieron para nombrar a toda la familia (o subfamilia). En el caso de Azoreloideae, el género tipo es *Azorella* (el género de las yaretas), mientras que para Saniculoideae, este es *Sanicula* (que incluye al cilantro silvestre). ¿Podés imaginarte cuál es el género tipo de Apioideae? (spoiler: es el mismo que para la familia Apiaceae).

Palabras clave: antimicrobianos, apiáceas patagónicas, medicina, microorganismos patógenos, plantas nativas.

Santiago Reyes^{1,2}

Lic. en Ciencias Biológicas

santiagoreyes@comahue-conicet.gob.ar

Ariadna Tripaldi^{1,3}

Lic. en Ciencias Biológicas

aritripaldi@comahue-conicet.gob.ar

¹Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo).

²Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas (IPATEC, CONICET-UNCo).

³Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA, CONICET-UNCo).

Recibido: 02/09/2025. Aceptado: 22/10/2025.

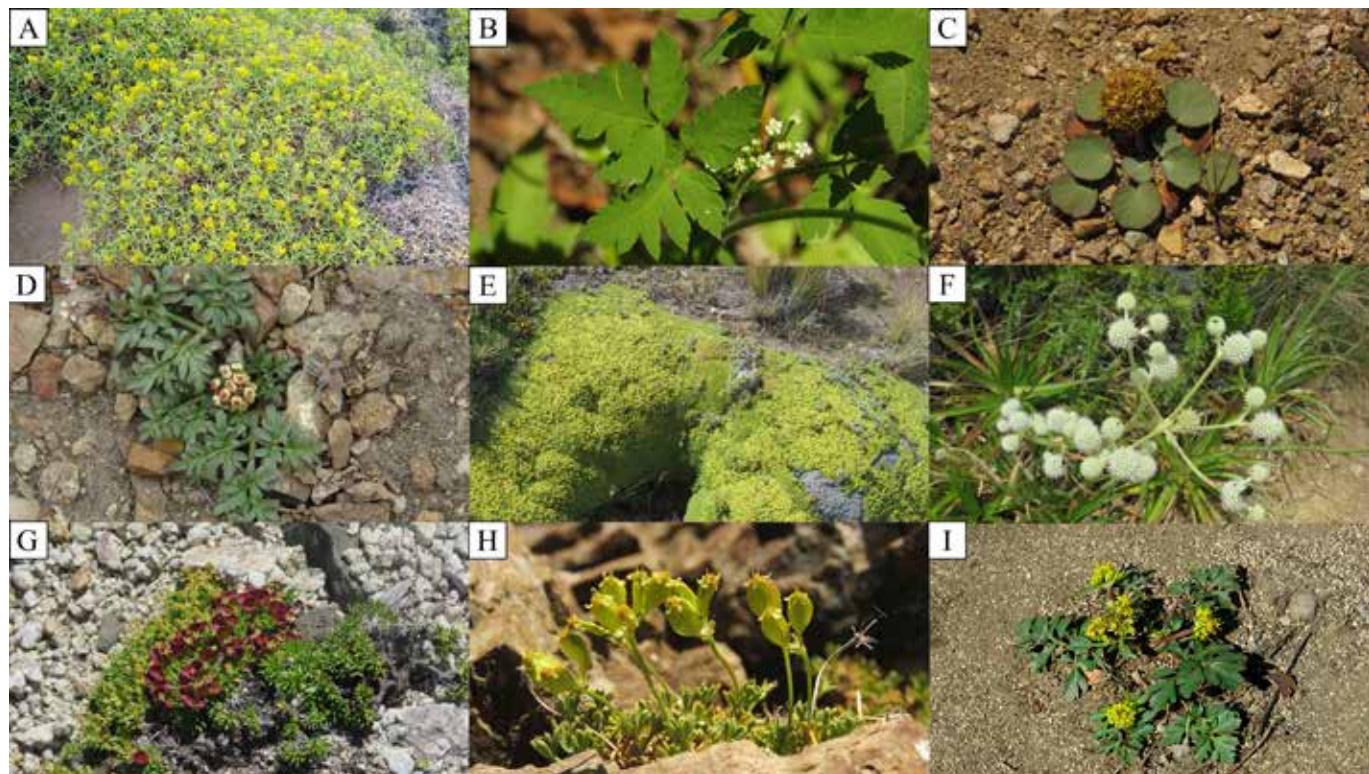


Figura 1. Diversidad de apiáceas en la Patagonia. A) Neneo (*Azorella prolifera*), B) cacho de cabra (*Osmorhiza bertero*), C) anislao (*Pozoa coriacea*), D) yocón (*Diposis patagonica*), E) yareta (*Azorella monantha*) exhibiendo la característica forma de cojín, F) cardoncillo (*Eryngium paniculatum*), G) yareta (*Azorella nivalis*), H) yareta (*Azorella microphylla*) mostrando frutos alados, I) cilantro silvestre (*Sanicula graveolens*).

indicadoras de la salud de sus ecosistemas, ya que su pérdida afectaría negativamente al resto de las especies que se asocian con ellas.

La veta medicinal de las apiáceas

Las apiáceas, más allá de su importante rol en los ecosistemas patagónicos, también han sido aprovechadas por los pueblos originarios de la región en su vida cotidiana. Las partes de varias especies han sido utilizadas, y aun lo son, con fines alimenticios (raíces de yaretas y tubérculos de yocón - *Diposis patagonica* - como alimentos nutritivos, hojas de cacho de cabra y cilantro silvestre - *Sanicula graveolens* - como condimentos) y medicinales. Distintas yaretas se usan para tratamientos de bronquitis y asma, como antiinflamatorio, como urinaria y antitusiva (ver Glosario); el cardoncillo - *Eryngium paniculatum* - para trastornos digestivos y hepáticos. En épocas precolombinas, la savia del mogote (*Bolax gummifera*) también se usaba para curar heridas. El apio silvestre (*Apium sp.*) se utiliza en ciertas comunidades con fines terapéuticos y digestivos. En las últimas dos décadas han surgido múltiples estudios que aislaron por primera vez los principios activos de estas plantas, confirmando sus propiedades medicinales (por ejemplo, el uso de extractos de yaretas como antiinflamatorios).

Estos usos locales son solo una parte de una historia mucho más amplia. Muchas especies de esta familia son importantes en la medicina oriental,

particularmente en la tradicional china, debido a sus actividades farmacológicas. De hecho, es considerada una de las familias de plantas más importantes en cuanto a su función medicinal, principalmente debido a su producción de aceites esenciales, fitoquímicos (ver Glosario) y metabolitos secundarios. Entre estos últimos se encuentran las sustancias denominadas bioactivas que pueden presentar un beneficio para la salud humana. Estas incluyen desde compuestos antioxidantes o antihiperglucémicos hasta sustancias antimicrobianas (principalmente antifúngicas y antibacterianas), que pueden ser una herramienta prometedora en nuestra batalla contra los microorganismos patógenos.

Las sustancias antimicrobianas

Los distintos organismos (microorganismos, plantas, hongos y animales) se enfrentan continuamente a múltiples desafíos en la naturaleza, por lo que poseen diversos mecanismos de defensa que les permiten sobrevivir y tolerar los distintos ambientes, ya sea enfrentando factores físicos (condiciones extremas) o biológicos (por ejemplo, herbivoría o depredación). Entre estas estrategias se encuentra, en las plantas, la producción de metabolitos secundarios que, a diferencia de los primarios, no son esenciales para el crecimiento, aunque presentan funciones de gran importancia, por ejemplo, desempeñando un papel en la defensa. Esto provoca que la naturaleza se convierta en lo que comúnmente en biología se llama una "carrera armamentística". En esta

Imágenes: E. Racker (A); A. Tripaldi (B - F y H - I); C. Calviño (G).

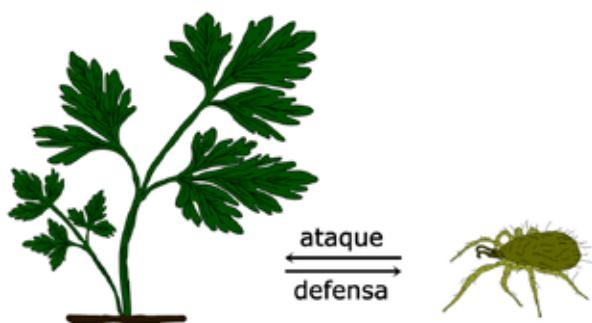


Figura 2. Esquema que representa la dinámica de la carrera armamentística entre organismos, en este caso, plantas e insectos.

carrera, diversos organismos pueden desarrollar mejores estrategias de ataque y, a su vez, mejores defensas para sobrevivir. Esta dinámica puede ocurrir entre las distintas especies, ya sea dentro de un mismo reino o entre reinos. Por ejemplo, una planta puede producir toxinas para que sus hojas sean desagradables o tóxicas y evitar así ser consumida (defensa), pero algún insecto herbívoro puede desarrollar la capacidad de tolerar esa toxina o utilizarla para su propia defensa, permitiéndole comer esas hojas (ver Figura 2).

Es así como, a pesar de que las plantas no tienen un sistema inmunológico como tal, sí poseen mecanismos de defensa complejos y sofisticados. Justamente, al ser organismos permanentemente anclados al suelo, usan lo que tienen a su alcance. No solamente tienen barreras físicas que dificultan en primera instancia el acceso de sus enemigos (como una cutícula gruesa o pelos), sino que también pueden atacarlos directamente al generar metabolitos secundarios en sus tejidos, los cuales usan para sintetizar sustancias que afectan negativamente a sus patógenos y herbívoros, como las antimicrobianas. Un ejemplo es el del guisante (*Pisum sativum*) de la familia de las leguminosas, que al ser atacado por ciertos hongos se defiende produciendo compuestos antimicrobianos capaces de frenar su avance, en una batalla química por la supervivencia.

Las sustancias antimicrobianas se pueden definir como compuestos químicos naturales, sintéticos (producidos artificialmente), o semisintéticos (derivados de compuestos naturales que han sido modificados químicamente), que presentan la capacidad de eliminar o inhibir el crecimiento de microorganismos, tales como bacterias, hongos, virus y parásitos (llamados antibióticos, antifúngicos, antivíricos y antiparasitarios, respectivamente). Si bien estas sustancias son ampliamente conocidas y utilizadas, su descubrimiento no lleva más de un siglo. En 1928, el médico escocés Alexander Flemming al volver de sus vacaciones, observó que un hongo (*Penicillium notatum*) no permitía el crecimiento de una bacteria (*Staphylococcus aureus*), lo que dio origen al primer antibiótico: la penicilina. Este hallazgo revolucionó la medicina, y en las décadas

siguientes, hubo un gran interés en el descubrimiento de nuevos compuestos antimicrobianos, sean producto de hongos, como lo descubrió Flemming, o de otros organismos como las plantas. A pesar de este gran avance, hoy el uso excesivo e inadecuado de estos medicamentos ha generado un problema mundial para la salud pública: las bacterias y otros microorganismos se han vuelto resistentes. Frente a este panorama preocupante, se ha vuelto urgente y crucial la búsqueda de nuevas fuentes de donde obtener sustancias que puedan combatir estos microorganismos. Es acá donde las plantas emergen como una alternativa llena de posibilidades.

Potencial biotecnológico de las apiáceas

Como se mencionó anteriormente, algunas especies de la familia Apiaceae se emplean en remedios desde la antigüedad. Hoy en día sabemos que esta familia es una fuente importante de metabolitos secundarios con un gran valor medicinal. Por ejemplo, producen compuestos químicos orgánicos como terpenoides y compuestos fenólicos que poseen actividad antioxidante y antimicrobiana, siendo explorados para el desarrollo de nuevos antibióticos y antifúngicos. También producen poliacetilenos, los cuales presentan alta toxicidad contra bacterias y hongos. De particular interés nos parecen los estudios realizados en yaretas andinas (*Azorella compacta*, *Azorella cryptantha*, *Azorella trifurcata*, entre otras), en los cuales se han logrado extraer compuestos con eficaz acción antimicrobiana, o cuyos derivados poseen propiedades similares. Además, algunos de estos compuestos son efectivos contra bacterias de importancia médica para los seres humanos, como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* o *Pseudomonas aeruginosa* (capaces de causar infecciones de variable gravedad, desde cutáneas hasta sanguíneas), confirmando el potencial de esta familia de plantas en la producción de nuevos medicamentos. A pesar de estos avances, todavía sabemos muy poco sobre la composición química de muchas apiáceas patagónicas. De los 15 géneros nativos presentes en la Patagonia argentina, solo dos –*Azorella* y *Apium*– han sido estudiados hasta ahora. Investigar las especies de los géneros restantes podría revelar nuevas sustancias con propiedades antimicrobianas y aportar recursos valiosos para la medicina actual.

Balanza entre riesgos y beneficios

Además de la capacidad de algunas apiáceas nativas para producir compuestos antimicrobianos, también se ha explorado la de varias especies introducidas, muchas de las cuales no solo presentan compuestos con valiosos beneficios medicinales, sino que también tienen relevancia económica. Por ejemplo en el país, principalmente en Santiago del

Estero y Mendoza, existen grandes producciones de zanahorias (especie originaria de Asia central), cuyo principal destino es el consumo en fresco, pero también se ha estudiado que esta planta produce aceites esenciales con acción antimicrobiana. Esto presenta un posible doble beneficio de este recurso, si se utiliza correctamente. Sin embargo, no hay que dejar de lado que las especies introducidas también pueden representar un riesgo ecológico, dado que pueden alterar los ecosistemas locales al competir y desplazar las especies nativas, modificando la estructura de las comunidades vegetales y animales, reduciendo la biodiversidad y disminuyendo los servicios ecosistémicos (ver Glosario) que ofrecen. Este es el caso del apio cimarrón (*Ammi majus*), la cicuta y el hinojo silvestre (*Foeniculum vulgare*), entre otras, que según la lista oficial de especies exóticas invasoras y potencialmente invasoras de la Argentina (aprobada por Resolución 109/21) se consideran como “especies restringidas y de control obligatorio” (es decir, que está prohibida su introducción al país y movimiento entre provincias, así como su cultivo, compra y venta) debido al alto impacto ambiental y efecto negativo sobre la vegetación natural que producen. Esta arma de doble filo resalta la importancia de regular y manejar correctamente a las especies exóticas en nuestro territorio, y contrasta con la escasa información disponible sobre la producción de estos compuestos en especies nativas. Por esto, no solo es importante obtener más información sobre estas últimas para explorar sus capacidades en cuanto a la producción de compuestos antimicrobianos, sino también para su conservación en ambientes que se encuentran cada vez más vulnerables, ya sea por el impacto antrópico, por la invasión de otras especies o por el cambio climático. En este contexto, la escasa información disponible sobre la producción de estos compuestos en especies nativas en comparación con las introducidas refuerza la necesidad de explorar su potencial, y a su vez protegerlas.

Una receta para buscar antimicrobianos

Al igual que para probar una nueva receta de cocina se debe seguir una serie de instrucciones paso a paso,

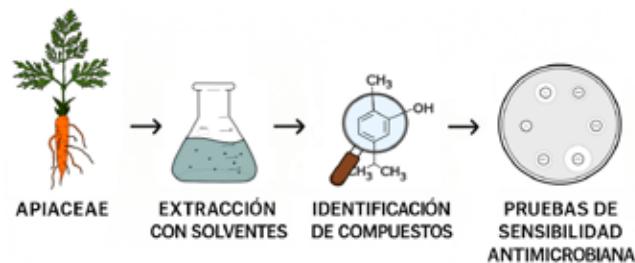


Figura 3. Resumen gráfico de los principales pasos a seguir para extraer y probar extractos con potencial antimicrobiano. Desde la preparación de la planta, la extracción de los metabolitos con solventes, la identificación de los mismos hasta las pruebas de sensibilidad antimicrobiana para probar su eficacia.

en el caso de la ciencia para responder una pregunta se requiere una metodología precisa y replicable. Para determinar si una planta presenta compuestos con actividad antimicrobiana, se puede seguir un procedimiento que puede resumirse en las siguientes tres etapas principales (ver Figura 3). Primero, se realiza la extracción de los metabolitos secundarios utilizando solventes (ver Glosario) como por ejemplo cloroformo, metanol, ácido acético o ácido sulfúrico, con el fin de aislar estos metabolitos presentes en distintas partes de la planta, sean inflorescencias, hojas, ramas, tallos, raíces o hasta incluso semillas, todo puede servir! Se suelen emplear distintos solventes, ya que cada uno permite obtener diferentes tipos de extractos, y de este modo, se maximiza la posibilidad de recuperar la mayor variedad de compuestos con posible acción antimicrobiana. Luego, los extractos obtenidos se pueden analizar mediante técnicas cromatográficas (ver Glosario), las cuales permiten identificar los metabolitos con potencial antimicrobiano. Por último, se procede a evaluar la actividad antimicrobiana mediante pruebas de sensibilidad (ver Recuadro 2), las cuales se realizan utilizando guías internacionales que se encuentran estandarizadas. Estas pruebas consisten, en términos sencillos, en poner en contacto los extractos vegetales con bacterias u hongos y observar si son capaces de detener o impedir su crecimiento. Si el extracto logra esto, se considera que contiene compuestos con actividad antimicrobiana.

Técnicas de sensibilidad

Entre las pruebas de sensibilidad más frecuentes se encuentran la prueba de antibiograma por difusión en disco y la determinación de la Concentración Inhibitoria Mínima (CIM). Estas pruebas tienen como objetivo evaluar la eficacia del extracto frente a distintos microorganismos de importancia clínica, determinando si logra inhibir su crecimiento. En el caso del antibiograma por difusión en disco, se suele utilizar el agar Müller-Hinton como medio de cultivo sólido para el crecimiento bacteriano, es decir, todo el alimento y los nutrientes que necesita la bacteria para crecer. Se utilizan discos de filtro los cuales se impregnan con el extracto vegetal obtenido y se colocan en la placa con el medio. La presencia de un halo de inhibición (zona donde no crece la bacteria) alrededor del disco indica actividad antimicrobiana y por ende eficacia del extracto. Por otro lado, la CIM corresponde a la menor concentración del extracto capaz de inhibir visiblemente el crecimiento bacteriano, el cual consiste en una serie de tubos con medio de cultivo líquido (ej. caldo Müller-Hinton) inoculados con la bacteria y diferentes concentraciones del extracto. En esta prueba la ausencia de turbidez (sin crecimiento bacteriano) indica inhibición del crecimiento y por lo tanto acción antimicrobiana del extracto vegetal obtenido.

Conocer, conservar y aprender

El cambio climático está generando una crisis de biodiversidad a nivel global, y ciertos ambientes como los áridos o de altura se ven particularmente amenazados tanto por la falta de protección a nivel gubernamental como por su susceptibilidad a cambios en los patrones de precipitación y temperatura. Se ha estimado, a través de modelos predictivos, que algunas especies andinas de yareta reducirán su área de hábitat disponible (es decir, áreas con características ambientales favorables para esas especies) para el año 2040, bajo escenarios de cambio climático, tanto optimistas como pesimistas. Una disminución en la abundancia y distribución de estas especies tendrá un gran impacto sobre las demás especies que dependen de ellas. Si bien el estudio de las características de las apiáceas, como sus capacidades antimicrobianas, ha avanzado muchísimo en los últimos años, es necesario continuar investigando en zonas poco evaluadas, y particularmente en aquellas más vulnerables.

Por otro lado, la resistencia a los compuestos antimicrobianos es una situación preocupante a nivel mundial, y desde hace décadas se reconoce como un problema creciente dado que provoca la muerte de millones de personas al año, genera pérdidas económicas importantes y su proyección futura resulta aún más alarmante. Por lo tanto, es fundamental explorar estrategias innovadoras donde la bioprospección (ver Glosario) en plantas como las apiáceas adquiere mucha relevancia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, cuando se trata de la búsqueda de nuevos compuestos antimicrobianos, los estudios de laboratorio representan apenas el primer paso, aunque uno muy importante! Estas pruebas permiten detectar compuestos prometedores, pero todavía queda un largo camino por recorrer: deben ser evaluadas en detalle y atravesar rigurosos procesos de validación antes de transformarse en medicamentos seguros y efectivos.

Aprender más de esta familia de plantas nos ofrece así un doble beneficio: por un lado, desde su rol socioecológico y los servicios ecosistémicos que ofrece; por otro, por su potencial biotecnológico en el campo de

Resumen

En tiempos en los que los antibióticos están perdiendo eficacia contra bacterias cada vez más resistentes, creemos necesario volver a las raíces de la medicina y reconsiderar a una de las principales aliadas de la humanidad en el combate contra estos minúsculos seres: las plantas. En este artículo exploramos la capacidad de la familia Apiaceae (que incluye especies como la zanahoria, el perejil y el apio) para producir diversos compuestos efectivos contra microorganismos, siendo que algunas especies patagónicas nativas sorprenden por su potencial oculto.

la medicina. Reconocer especies con estas propiedades es clave para impulsar futuras innovaciones en el ámbito de la salud, y es aquí donde el conocimiento local tiene un rol fundamental. Muchas apiáceas han sido, durante siglos, componentes esenciales de la medicina tradicional de pueblos originarios y comunidades locales. Este conocimiento ancestral, comúnmente transmitido de generación en generación, representa una guía invaluable para la bioprospección moderna. Por lo tanto, es fundamental enriquecernos no solo de nuevas investigaciones asociadas a la búsqueda de plantas productoras de compuestos antimicrobianos, sino también de estas sabidurías culturales. Enriquecernos tanto de la ciencia como de la tradición nos permitirá comprender que el verdadero potencial de las apiáceas no solo brota de los áridos suelos del sur, sino también de las raíces culturales que las acompañan.

Glosario

Bioprospección: búsqueda en la naturaleza de componentes, organismos y productos con valor comercial.

Fitoquímicos: compuestos químicos que producen las plantas de manera natural.

Servicios ecosistémicos: beneficios que los ecosistemas brindan a la sociedad humana.

Solvente: sustancia líquida que se utiliza para disolver preferentemente un componente de una mezcla, separándolo de los otros componentes no solubles en dicha sustancia.

Técnica cromatográfica: técnica que se utiliza para separar componentes de una mezcla e identificarlos.

Tratamiento antitusivo: sustancia o medicamento que se utiliza para calmar la tos.

Para ampliar este tema

Ciampagna, M. L. y Capparelli, A. (2012). Historia del uso de las plantas por parte de las poblaciones que habitaron la Patagonia continental argentina. Cazadores-Recolectores del Cono Sur, 6: 45-75. [Disponible en Internet]

Díaz, P. L., Suárez, P. Y., Rubio, O. A. y Travieso, N. M. C. (2021) Actualidad y perspectivas de los antimicrobianos naturales. Revista Cubana de Farmacia, 54: 1-22. [Disponible en Internet]

Domingo, D. y López-Brea, M. (2003). Plantas con acción antimicrobiana. Revista Especializada de Quimioterapia, 16: 385-393. [Disponible en Internet]

Tibaldi Bollati, M. L., Rodríguez Ristau, E., Recio Basells, A., Contessi, Y. S., Condat, F., Nicotra, V. E., Casero, C. N. y García, M. E. (2023). Productos naturales en la búsqueda de compuestos antimicrobianos: Estrategias actuales. Bitácoradigital, 10: 38-62. [Disponible en Internet]

RESEÑA DE LIBRO

Históricamente. Claves para pensar (y contar) otras versiones del pasado

Mario Carretero

2024.

ISBN 978-987-801-315-2

Siglo XXI Editores, Buenos Aires, Argentina, 256 pp.

En español.

Reseña realizada por Rocío Ivanissevich

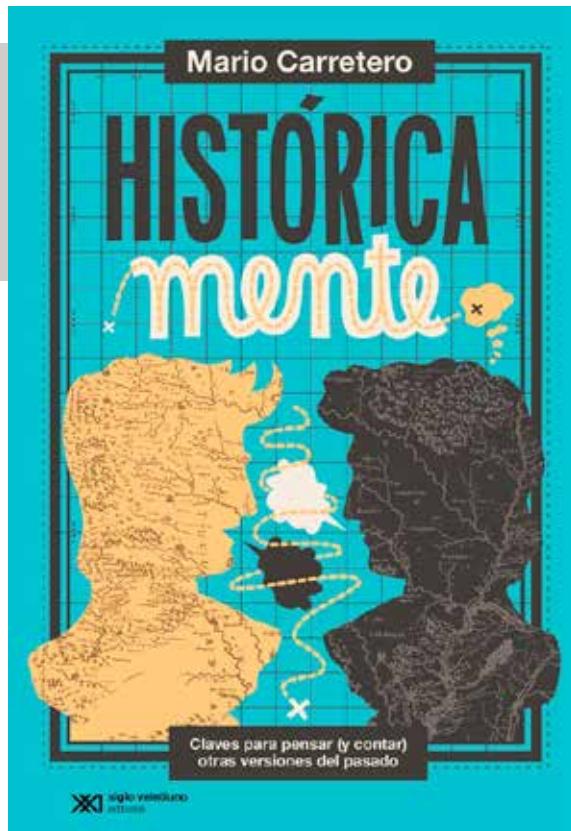
Docente de la Carrera de Historia, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue.

rocioiva@gmail.com

“Históricamente” se pregunta por la construcción del conocimiento histórico y por los sentidos de la enseñanza de la historia. El autor aborda problemas en los que se entrecruzan el análisis de las tradiciones de enseñanza de la historia escolar, la historiografía, la cultura histórica, la memoria y la identidad. Parte del desafío que implica la formación del pensamiento histórico que permite cuestionar versiones simplificadas, romanticizadas y estereotipadas del pasado, haciendo foco en el presente y en los usos públicos de la historia como obstáculos para el desarrollo de sociedades democráticas y participativas.

El libro está destinado a docentes y a todo aquel que se proponga enseñar los ecos del pasado. Está escrito con la impronta del constructivismo situado, con el fin de comprender el lugar de las identidades individuales y colectivas en las representaciones y los sesgos cognitivos que construyen la mente histórica. Carretero entiende que la mayoría de los imaginarios sobre el pasado tiene su génesis en el marco de la historia escolar y de la historia popular que decodifican los procesos en función de un grupo nacional que determinó intereses presentes y futuros. Este tipo de interpretaciones no admite relatos alternativos y obstaculiza la multiperspectividad, que es una de las dimensiones fundamentales del pensamiento histórico.

En cada capítulo se ocupa de revisar algunas representaciones problemáticas a partir del abordaje de análisis de ejemplos concretos. Así, en el primero se aborda la importancia de la relación pasado, presente y futuro. Revisa conflictos y disputas por el pasado y el poder performativo que suponen las narrativas maestras en los discursos políticos del presente. Recorre algunos ejemplos de las tensiones que genera la incorporación de las voces de sujetos históricos que han



sido invisibilizados, así como también de los mecanismos que se han utilizado para la instalación de narrativas canónicas. En el capítulo dos se pregunta para qué enseñar historia y allí se abordan las tradiciones de su enseñanza, desde el paradigma romántico hasta el ilustrado. Reflexiona acerca de la necesidad de entramar los conceptos de primer orden (procesos históricos), segundo (epistemológicos) y tercero (ontológicos) para explorar los vínculos entre cognición y emoción. El capítulo tres propone analizar las dimensiones que componen las tramas de las narrativas maestras como construcciones discursivas. Parte de la narración como elemento central del desarrollo cognitivo y organizador de la mente humana, para comprender las marcas indelebles que dejan las narrativas maestras desde la niñez. En el cuarto se examinan las representaciones de la colonización de América a partir de la interpretación y el trabajo con fuentes primarias de carácter iconográfico.

El capítulo cinco desarrolla el problema epistémico-didáctico de la prefiguración teleológica de los territorios nacionales y de los sujetos sociales, que obstaculizan el pensamiento histórico. El capítulo seis está dedicado a las reflexiones finales e incorpora sugerencias para la educación.

En tiempos aciagos de combates por la historia, se analiza el poder inigualablemente simbólico y performativo de las narrativas del pasado. Se trata de una lectura reveladora que, sin duda, transformará nuestra manera de ver el pasado, pensar el presente y proyectar futuros posibles.

FAUNA EXÓTICA

MEDUSA INVASORA EN PATAGONIA

Una medusa de agua dulce proveniente de aguas cálidas asiáticas es avistada durante el verano en lagos templado-fríos andino patagónicos.

Sharon Allen Dohle, Mariana Reissig, Patricia E. García y María del Carmen Diéguez

La presencia de especies exóticas en ambientes terrestres y acuáticos se ha vinculado a cambios en el clima y al aumento de las actividades antrópicas. El incremento de las temperaturas debido al calentamiento global facilita que especies de climas cálidos logren colonizar ambientes de climas templados y templado-fríos. Además, la globalización y el transporte masivo de mercancías y organismos incrementa el flujo de fauna y flora hacia nuevos destinos geográficos. La modificación de los ecosistemas naturales debido al cambio climático y la intensificación de las actividades humanas favorecen el establecimiento de especies exóticas que modifican las dinámicas naturales de las comunidades nativas a través de interacciones bióticas como la depredación y la competencia. Estas especies también pueden ser vectores de otros organismos, algunos patógenos, con potencial de propagarse y afectar a las comunidades nativas. Sin embargo, la

probabilidad de éxito de una especie que coloniza un nuevo ambiente depende en gran medida de sus capacidades para sobrevivir al “viaje”, adaptarse a las nuevas condiciones y reproducirse.

Un caso exitoso es el de la medusa de agua dulce, *Craspedacusta sowerbii*, un cnidario (ver Glosario) originario de aguas cálidas de Asia (Río Yangtze, China), que ha colonizado ecosistemas acuáticos continentales en diversas regiones del mundo, desafiando las barreras geográficas y climáticas. Las características y plasticidad de su ciclo de vida y sus formas de resistencia le permiten dispersarse a largas distancias y establecerse en diversos ambientes de regiones con climas contrastantes.

Dispersión y distribución actual

Los primeros avistamientos de estas medusas ocurrieron en Europa a comienzos del siglo XIX, coincidiendo con la inauguración de los jardines botánicos de Londres y París. Esto sugiere que las actividades humanas como el transporte y el comercio de plantas y animales acuáticos, tuvieron un papel importante en la dispersión de esta especie. Sin embargo, factores naturales como el transporte pasivo por parte de peces y aves migratorias, son vehículos de dispersión y mecanismos clave en su expansión global. A tal punto que esta especie es considerada actualmente como “cosmopolita”, ya que está presente en ambientes dulceacuícolas de todos los continentes, excepto en la Antártida. Aunque habita principalmente regiones tropicales y subtropicales también se ha establecido, en menor medida, en ambientes templados y templado-fríos. Su expansión geográfica y establecimiento en cuerpos de agua distantes de su centro de dispersión, han sido facilitados por el incremento de las temperaturas debido al cambio climático global (ver Figura 1A). En América, la presencia de esta especie alcanza desde los 50°N a los 42,5°S, con una mayoría de registros en cuerpos de agua de Norteamérica, desde hace más de 100 años. En Centroamérica, fue registrada por primera vez en 1950 en Panamá, y desde entonces ha colonizado

Palabras clave: *Craspedacusta sowerbii*, depredación, invasión, lagos someros, Patagonia argentina.

Sharon Allen Dohle¹

Lic. en Ciencias Biológicas
sharon.allend@gmail.com

Mariana Reissig¹

Dra. en Ciencias Biológicas
mreissig@comahue-conicet.gob.ar

Patricia E. García¹

Dra. en Ciencias Biológicas
garciape@comahue-conicet.gob.ar

María del Carmen Diéguez¹

Dra. en Ciencias Biológicas
dieguezm@comahue-conicet.gob.ar

¹ Grupo de Ecología de Sistemas Acuáticos a escala de Paisaje (GESAP), Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA, CONICET-UNCo).

Recibido 30/07/2025. Aceptado: 30/10/2025.

sistemas acuáticos subtropicales y templado-fríos de Sudamérica, alcanzando los 42,5°S.

En la región austral de Sudamérica, la presencia de la medusa dulceacuática ha sido documentada a ambos lados de los Andes. En Chile, se ha encontrado en lagunas costeras, embalses y lagos ubicados entre los 32°S y los 42,5°S. En Argentina, se ha registrado su presencia en varios lugares como el lago artificial General San Martín de la ciudad de Mendoza (1950), el dique La Florida de la provincia de San Luis (1979), el embalse de Río Tercero en Córdoba (1980), en Horco Molle en Tucumán (1984) y en Misiones en los arroyos Saltito (2022) y Cazadores (2023). También se ha observado esta medusa en otros cuerpos de agua de la provincia de San Luis, y Río Negro (zona del Valle Medio, aproximadamente a los 39°S), aunque no existen registros formales de estas observaciones.

De pólipos a medusa

La medusa de agua dulce presenta un ciclo de vida fascinante que alterna una fase nadadora, la medusa, que se desplaza en la columna de agua, y una fase sésil (ver Glosario) en forma de pólipos, que vive adherida a superficies de rocas y plantas (ver Figura 2). Los pólipos son muy pequeños, de apenas un milímetro, y a diferencia de las medusas maduras (que pueden verse a simple vista), son difíciles de observar por habitar sobre rocas y troncos, entre la

vegetación acuática. Estos pólipos se reproducen de forma asexual produciendo pequeñas estructuras llamadas frústulas, que son como "clones" que pueden formar nuevas colonias. Además, generan estructuras de resistencia denominadas podocistos que pueden tolerar condiciones adversas como la desecación, y facilitar la dispersión pasiva (ver Glosario) de la especie a nuevos lugares. Estos podocistos pueden permanecer en estado latente (es decir, que están presentes pero inactivos e invisibles), y regenerar pólipos cuando las condiciones medioambientales mejoran. A temperaturas cálidas y buena disponibilidad de alimento, los pólipos desarrollan "brotes", que se liberan a la columna de agua como medusas jóvenes, dando inicio a la fase libre del ciclo de vida. Las medusas se reproducen sexualmente, liberando gametos (óvulos y espermatozoides) al agua, donde se produce la fecundación externa que origina una larva plánula ciliada (ver Glosario). Esta larva nada libremente antes de adherirse a un sustrato, donde se desarrollará un nuevo pópulo (ver Figura 2, panel superior). En algunos lagos se han hallado poblaciones formadas únicamente por individuos de un solo sexo (hembras o machos). Esta característica sugiere que la reproducción sexual es poco frecuente y que la especie se mantiene principalmente mediante la reproducción asexual del pópulo, que permite su persistencia en el ambiente y la expansión de su distribución geográfica.

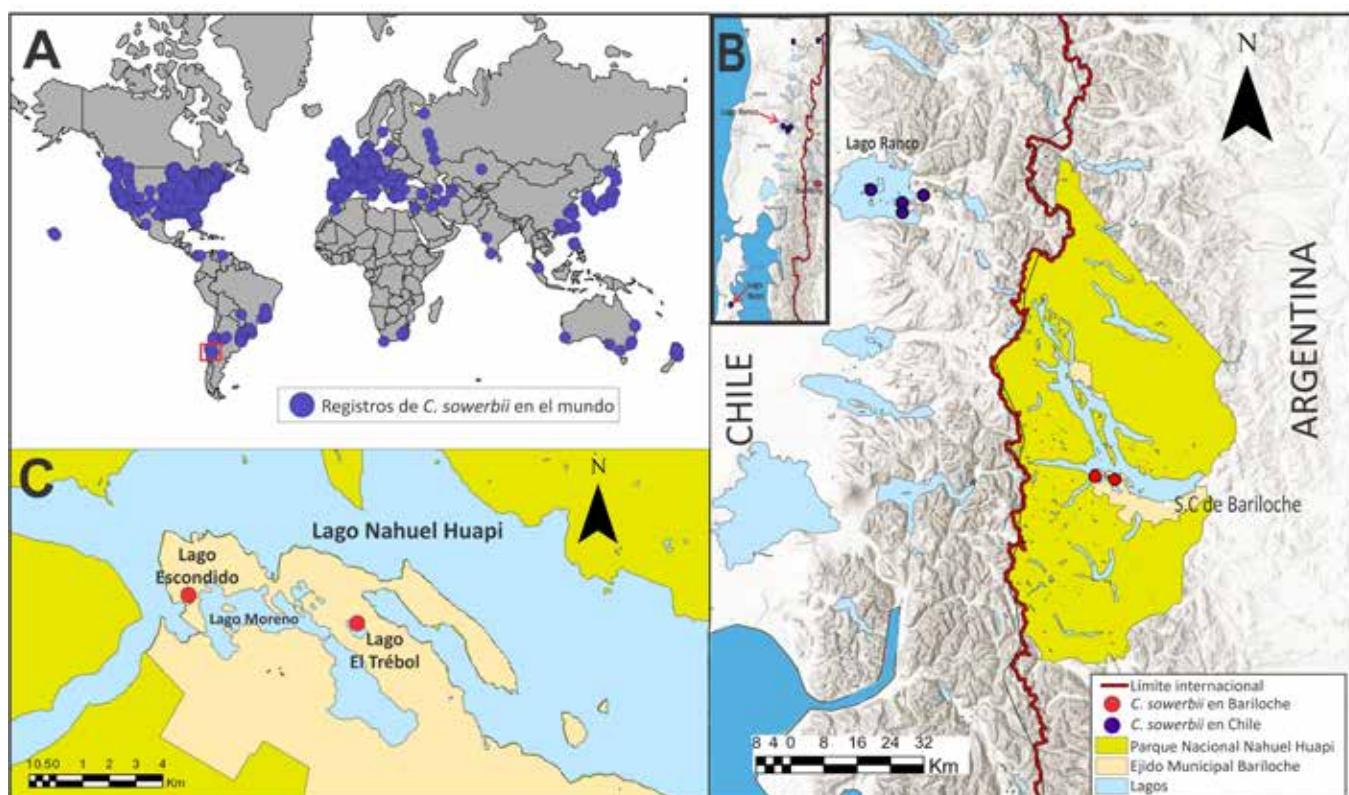
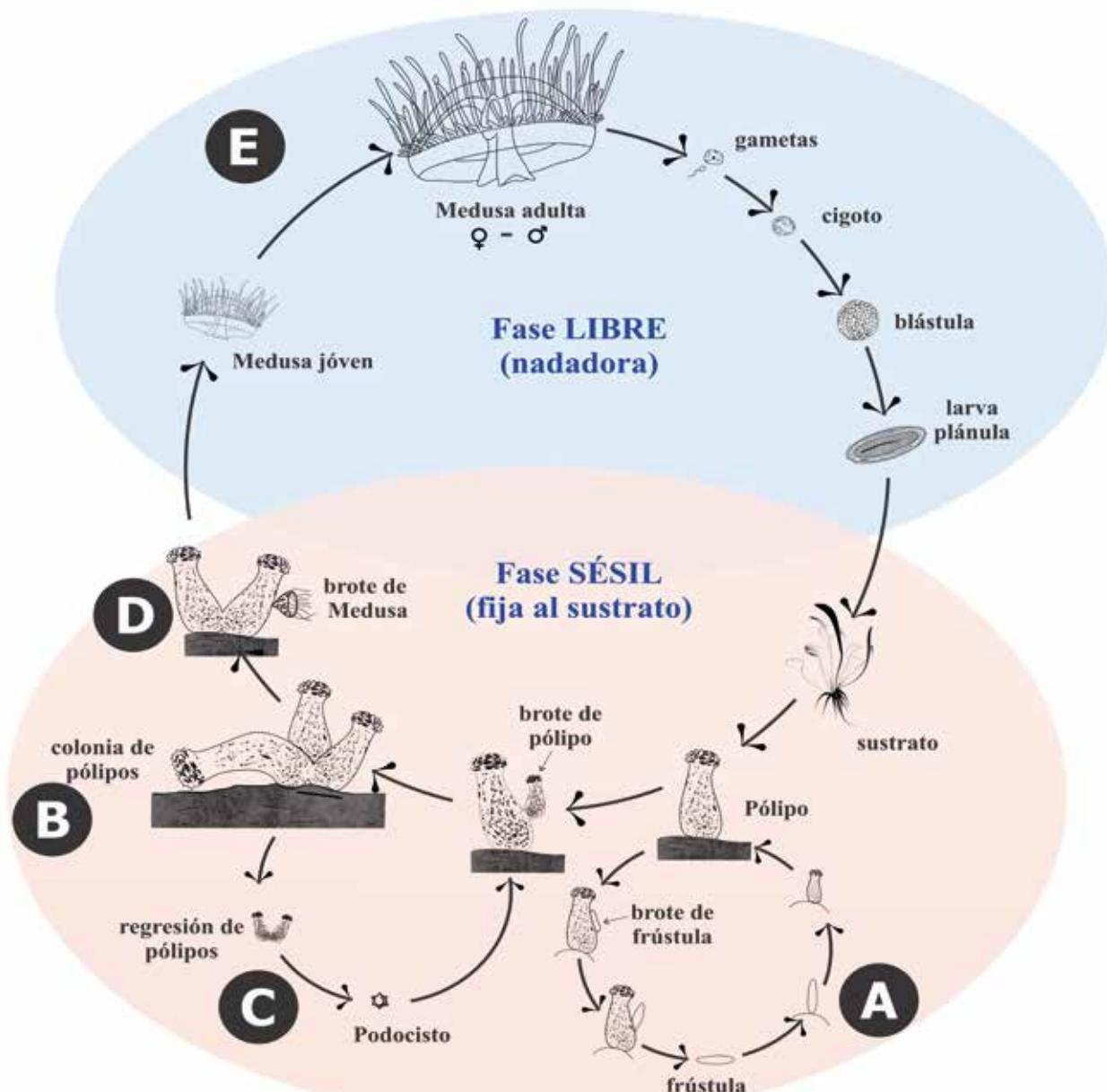


Figura 1. A) Registros de la medusa (*Craspedacusta sowerbii*) en el mundo (puntos violetas). B) Área de estudio dentro del ejido municipal de San Carlos de Bariloche (en amarillo), rodeada del Parque Nacional Nahuel Huapi (en verde claro). Se indican los nuevos registros de la medusa (puntos rojos). A la derecha, en el recuadro superior, se muestran registros previos en lagos del sur de Chile (puntos violetas). C) Ubicación de los lagos Escondido y El Trébol dentro del ejido municipal de S. C. de Bariloche.



Dibujos: M. Reissig.

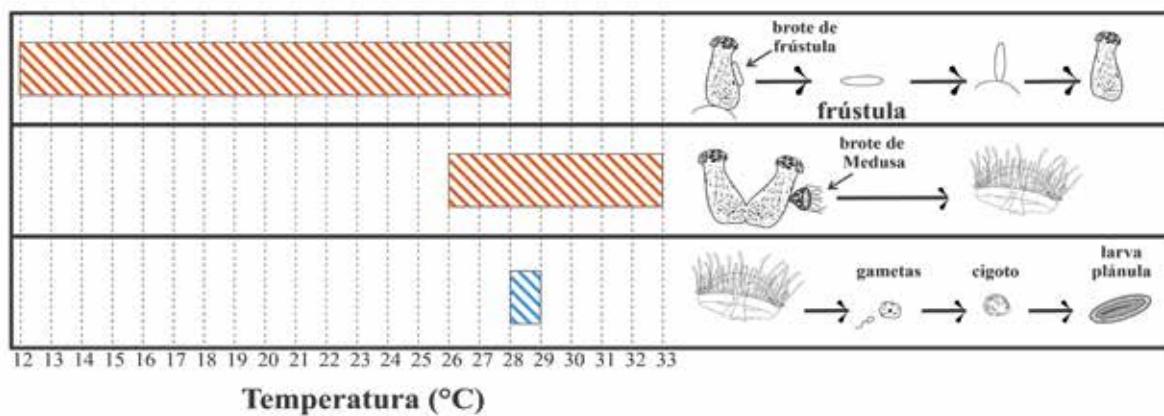


Figura 2. Panel Superior: Ciclo de vida de la medusa de agua dulce, que alterna una fase libre nadadora (medusa) y una fase fija al sustrato (pópilo). A) Reproducción asexual de pólipos por gemación, generando frústulas que se liberan y continúan el ciclo formando nuevos pólipos; B) Formación de colonias de pólipos; C) Regresión de pólipos y formación de podocistos, estructuras de resistencia que quedan latentes durante períodos desfavorables; D) Brotes de medusas jóvenes; E) Las medusas adultas producen gametas que, tras la fecundación (ver Glosario), forman un cigoto. Éste desarrolla una blástula y luego una larva plánula que se fija al sustrato formando un nuevo pópilo. **Panel Inferior:** Rangos de temperaturas (°C) en los que ocurre cada etapa del ciclo de vida.

Tanto la reproducción como el desarrollo de esta especie dependen de la temperatura del agua. En la literatura especializada se menciona que los pólipos pueden reproducirse asexualmente (formando frústulas) entre los 12 °C y los 28 °C, mientras que la formación de medusas jóvenes tiene un rango térmico más acotado entre los 26 °C y los 33 °C. La reproducción sexual en la fase medusa se limita a temperaturas entre los 28 °C y los 29 °C (ver Figura 2, panel inferior). Por otro lado, se ha observado que cuando la temperatura baja de los 6 °C, los pólipos se contraen y forman podocistos para resistir al frío.

El menú de las medusas

En general, las medusas (ver Figura 3A) se alimentan activamente capturando presas con sus tentáculos, que están cubiertos de células especiales cargadas de sustancias urticantes llamadas cnidocistos (ver Figuras 3D, 3E y 3F). Estas células funcionan como pequeños arpones que inmovilizan a las presas al contacto. Una vez atrapada, la presa es conducida mediante los tentáculos hacia la cavidad gástrica (ver Glosario), donde se produce la digestión. Las medusas se alimentan principalmente de zooplancton,

consumiendo pequeños crustáceos (cladóceros y copépodos), rotíferos y larvas de insectos y, ocasionalmente, larvas de peces. Los pólipos son depredadores pasivos que esperan a que sus presas se acerquen para capturarlas. Estos se alimentan de pequeños organismos, como crustáceos, rotíferos, oligoquetos, nematodos, larvas de insectos y otros invertebrados del fondo, y también pueden consumir partículas orgánicas suspendidas en el agua.

Hasta el momento, la característica más estudiada de la medusa de agua dulce es su hábito depredador. Ésta puede consumir una amplia variedad de presas y tiene una gran capacidad natatoria, pudiendo impactar sobre diferentes comunidades acuáticas, tanto pelágicas (ver Glosario) como del fondo. En cuanto a la alimentación de los pólipos y su rol en la red alimentaria, se sabe poco debido a su pequeño tamaño y a que habitan en el fondo, lo que dificulta su detección y estudio en los ambientes colonizados (ver Figura 4).

Hallazgos en la Patagonia

En el noroeste de la Patagonia argentina, se han observado medusas en forma esporádica y eventual

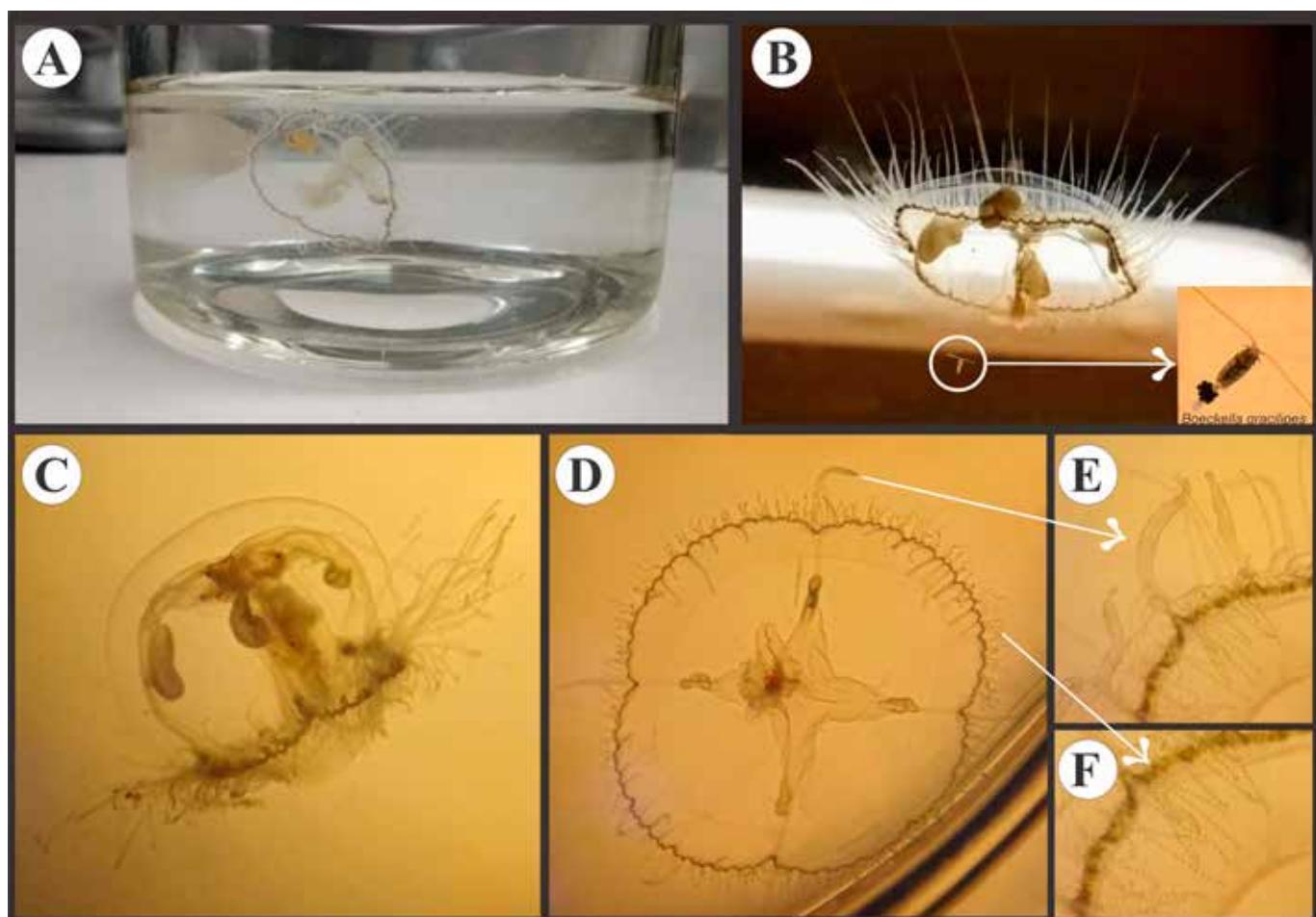
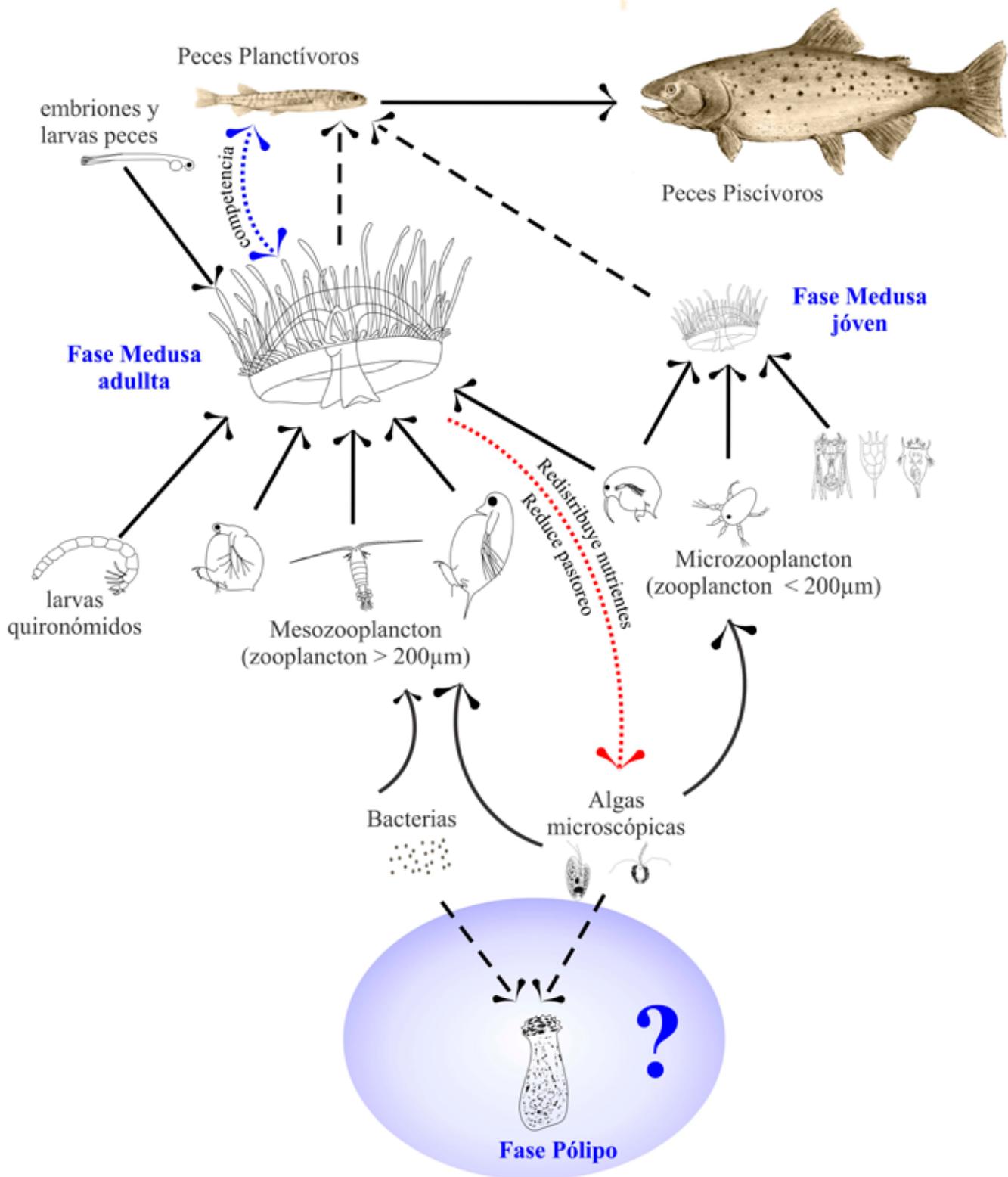


Figura 3. Fotos de la medusa: A) Medusa nadando en un recipiente, tal como se ve a simple vista; B) Tamaño de la medusa, junto a una de sus presas habituales (el pequeño crustáceo *Boeckella gracilipes*); C) Medusa nadando, se observan presas en su cavidad gástrica. D) Vista ventral bajo lupa, donde se aprecian sus delicados tentáculos y su cuerpo transparente; E) y F) Detalle de los tentáculos, donde se observan las baterías de cnidocistos (aglomeraciones visibles bajo lupa) que participan en la captura de las presas.

Imagenes: M. Reissig.



Dibujos: M. Reissig.

Figura 4. Esquema simplificado del rol potencial de la medusa en la trama trófica de los lagos Escondido y El Trébol, tanto en la columna de agua (fase medusa) como en el fondo (fase pólipo). Flecha negra continua: lo que consume; Flecha negra discontinua: consumos posibles; Flecha roja: efectos beneficiosos para el fitopláncton (como la redistribución de nutrientes y la reducción de pastoreo); Flecha azul: competencia por recursos compartidos.

en dos lagos someros próximos entre sí: El Trébol y Escondido (ver Figuras 1B y 1C). Estos cuerpos de agua se encuentran separados por aproximadamente 6,3 km y presentan profundidades máximas de 12 y 8 metros, respectivamente. Ambos se encuentran en dos áreas protegidas dentro del ejido de la ciudad

de San Carlos de Bariloche: las reservas municipales Laguna El Trébol y Llao Llao, rodeadas por el Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH). Durante las colectas de muestras de agua realizadas en los veranos de los años 2023 y 2024, se detectó la presencia de medusas en estos lagos, y se la informó a través de

Tabla 1. Rango de valores medidos en febrero de 2023 en los lagos Escondido y El Trébol. Se incluyen la transparencia del agua (profundidad del disco de Secchi), la temperatura (T), el carbono orgánico disuelto (COD) y la concentración de clorofila a (Cl a). Los valores muestran los mínimos y máximos medidos a lo largo de toda la columna de agua; en el caso de la temperatura, el valor más bajo corresponde al fondo y el más alto a la superficie.

Lago	Secchi (m)	T (°C)	COD (mg L ⁻¹)	Cl a (μg L ⁻¹)
Escondido	7	16,4 – 21,7	4,7–5,1	1,5 – 1,7
El Trébol	4	16,9 – 17,1	3,6 – 3,7	3,1 – 3,6

la plataforma digital de ciencia ciudadana *iNaturalist*, un espacio donde cualquier persona puede registrar sus observaciones de flora y fauna, contribuyendo así al conocimiento y conservación de la biodiversidad local (ver Recuadro).

En este artículo nos proponemos describir algunos aspectos de la fase medusa de *Craspedacusta sowerbii* en el lago Escondido, incluyendo su tamaño, abundancia, distribución espacial y dieta natural. Esta información constituye un primer paso en el conocimiento de esta especie en la región y de su impacto potencial en los ecosistemas acuáticos patagónicos.

¿Cómo estudiamos a las medusas?

La colecta de muestras en el lago Escondido se realizó en febrero de 2023, recorriendo 33 puntos distribuidos desde la orilla este hasta la oeste del lago. La captura de las medusas se realizó mediante barridos con una red de plancton (con una abertura de poro de 50 micrones), desde una profundidad de dos metros hasta la superficie. Las medusas capturadas en cada redada se colocaron en una bandeja para contarlas en el momento, y luego se transfirieron a un recipiente para su transporte y posterior estudio en el laboratorio. También se recolectaron muestras con la misma red para estudiar la composición de la comunidad del zooplancton y así conocer las proporciones de las potenciales presas. Al mismo tiempo, se recolectaron muestras de agua con una botella limnológica (ver Glosario) para medir algunas características físico-químicas del lago. En el laboratorio, observamos las medusas vivas bajo lupa, en placas de vidrio con agua del lago, medimos el diámetro de sus campanas (ver Figura 5; Glosario) y analizamos el contenido de sus cavidades gástricas para identificar las presas ingeridas (ver Figuras 3B y 3C) y así caracterizar su dieta natural.

Dos lagos, dos mundos

Aunque cercanos uno del otro, los lagos Escondido y El Trébol presentan características distintivas. El agua del lago Escondido es de color ámbar debido a que contiene una mayor cantidad de sustancias orgánicas disueltas, pero es más transparente que el agua del lago El Trébol

(ver Tabla 1). La menor transparencia de El Trébol se debe a que, aunque contiene menos compuestos orgánicos, tiene niveles más altos de nutrientes que favorecen el crecimiento de algas microscópicas, lo que se refleja en concentraciones más altas de clorofila y menor penetración de la luz.

Ambos lagos tienen tramas tróficas (ver Glosario) relativamente simples, con comunidades de productores primarios dominadas por organismos de pequeño tamaño, entre ellos flagelados, diatomeas, dinoflagelados, algas verdes y verde-azules. El zooplancton que se alimenta de estas algas, los pastoreadores, está compuesto por rotíferos (*Polyartha vulgaris*, *Keratella cochlearis* y *Synchaeta* spp., entre los más frecuentes), crustáceos pequeños como los cladóceros *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia dubia* y ocasionalmente *Daphnia* sp. en el lago El Trébol, y los copépodos *Boeckella gracilipes*, *Tropocyclops* sp. y *Mesocyclops* sp. Los consumidores secundarios (ver Glosario) incluyen al puyen chico (*Galaxias maculatus*), un pez nativo presente en ambos lagos que se alimenta de zooplancton, larvas de insectos y otros organismos pequeños. En el lago Escondido también aparece la perca (*Percichthys trucha*), otro pez nativo que consume macroinvertebrados y peces de menor tamaño. Además, ambos lagos cuentan con poblaciones de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), una especie introducida que se alimenta de invertebrados y pequeños peces. Aunque el zooplancton de los dos lagos tiene especies en común, se observan algunas diferencias que son importantes, como por ejemplo la presencia del gran pastoreador *Daphnia* sp. en El Trébol. Este cladócero es muy eficiente filtrando el agua y reteniendo las algas mientras se desplaza, convirtiéndose en un competidor muy fuerte para otros cladóceros y rotíferos pastoreadores.

¿Dónde están, cuántas son y qué tamaño tienen?

La temperatura del agua parece ser un factor clave para explicar la aparición de las medusas en los lagos Escondido y El Trébol. En ambos ambientes, durante el muestreo realizado en febrero de 2023, se registraron

temperaturas cercanas a los 20°C en la capa superficial y alrededor de 16°C en las zonas más profundas (ver Tabla 1).

Si bien encontramos medusas en ambos lagos, los estudios para conocer su abundancia, lugares preferidos y su dieta se realizaron únicamente en la población del lago Escondido. Sin embargo, tanto en el lago Escondido como en El Trébol, observamos que las medusas tienden a agruparse, y que esos grupos son más frecuentes en los sectores expuestos a la luz. Según la literatura, la luz influye en su comportamiento, registrándose mayor actividad y abundancia de medusas cerca de la superficie y durante la mañana en días soleados, posiblemente en relación con la presencia de presas.

En el lago Escondido encontramos, en promedio, unas 24 medusas por metro cúbico, aunque ese número fue bastante variable (entre 4 y 67 medusas) debido a su tendencia a agruparse. En cuanto a su tamaño, en el período estudiado medían en promedio 7,1 milímetros de diámetro y las más grandes alcanzaron los 12 milímetros. Observamos además que predominaban las medusas de tamaño intermedio (ver Figura 5), lo que sugiere que el muestreo se realizó durante una etapa intermedia del desarrollo de la población.

¿Qué comen en el lago Escondido?

La comunidad del zooplancton del lago Escondido estuvo dominada por rotíferos, que representaron el 92,6% del total de individuos encontrados. Las especies más abundantes fueron *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* y *Synchaeta* sp. Los crustáceos constituyeron el 7,4% restante, con el cladócero *Bosmina longirostris* como el más representado, seguido por el copépodo *Boeckella gracilipes* y larvas nauplii (ver Figura 6).

Para conocer la dieta de las medusas capturadas en el lago, realizamos un análisis de su contenido gástrico bajo lupa. Cada medusa se examinó cuidadosamente

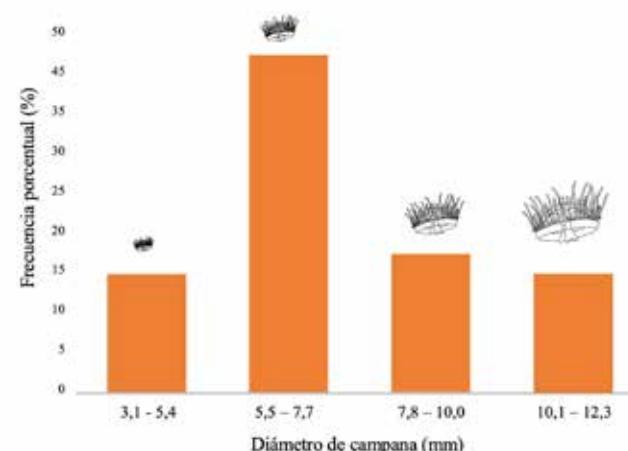


Figura 5. Distribución de tamaños de las medusas en el lago Escondido, utilizando el diámetro de la campana (mm).

para poder observar el contenido de su cavidad gastrovascular, que luego se identificó y cuantificó. Este análisis reveló que su dieta está compuesta mayoritariamente por crustáceos, especialmente el cladócero *Bosmina* (96,6% del número total de presas) y en menor proporción por el copépodo *Boeckella* (1,7%). También encontramos rotíferos como *Keratella* y larvas de quirónómidos (aproximadamente 0,8% cada uno). Estos resultados indican una clara preferencia de las medusas por el cladócero *Bosmina*. Aunque esta especie no es la más abundante en el zooplancton (dominado por rotíferos), es el crustáceo más común en el lago y una de las presas de mayor tamaño, lo cual explicaría su alta representación en la dieta de las medusas.

Possible impacto en comunidades nativas

La rápida dispersión de la medusa de agua dulce y su establecimiento en cuerpos de agua a nivel global ha motivado estudios para evaluar su potencial para modificar las comunidades nativas, especialmente

Imágenes: M. Reissig.

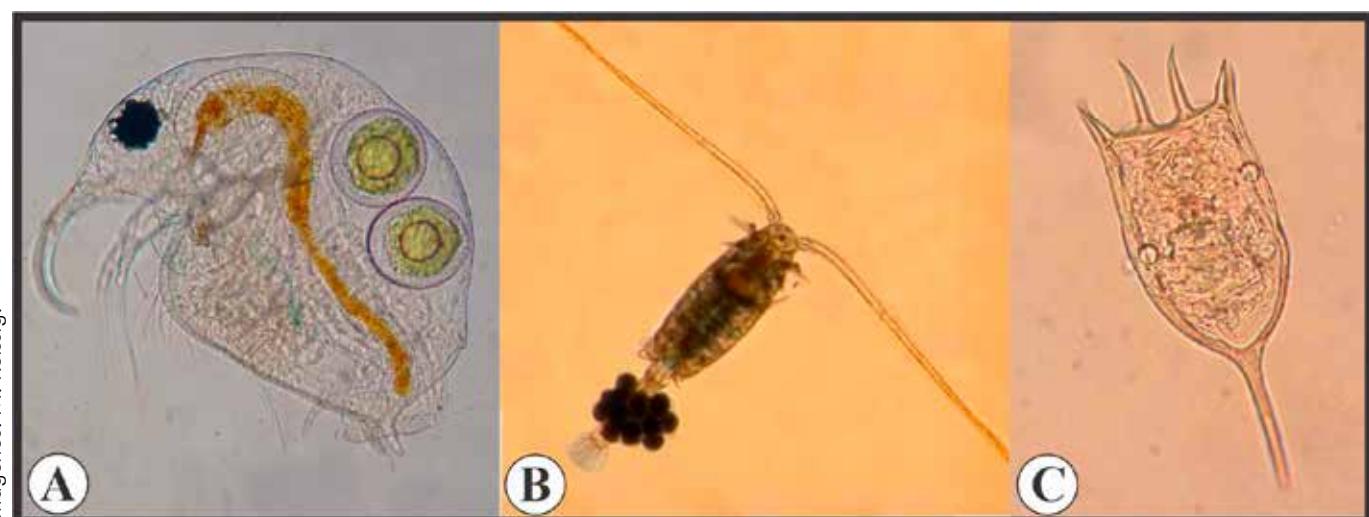


Figura 6. Especies de zooplancton encontradas en la cavidad gástrica de las medusas del lago Escondido: A) *Bosmina longirostris*; B) *Boeckella gracilipes*; C) *Keratella cochlearis*.

porque no se conocen depredadores naturales que puedan controlar sus poblaciones. Es importante tener en cuenta que mientras la aparición de medusas en un ambiente asegura la presencia de pólipos, pueden existir pólipos sin que se observen medusas. Por eso, aunque su distribución aún no esté bien documentada, es probable que la fase pólico de esta especie esté más extendida geográficamente que la medusa, cuya aparición depende de condiciones ambientales más acotadas. Asimismo, debido a la estacionalidad y brevedad de la fase medusa, su detección también resulta difícil y, por lo tanto, es probable que la distribución efectiva de la especie esté subestimada.

Dado que ambas fases del ciclo de vida de esta especie poseen un hábito depredador, su impacto a través del consumo de diversos organismos afectaría tanto la comunidad pelágica como la del fondo. Las medusas nadan activamente hacia arriba y luego descienden pasivamente, lo que facilita la captura de presas a lo largo de la columna de agua (ver Figura 7). De acuerdo a la literatura, las medusas al alimentarse pueden incidentalmente incrementar la mortalidad de las larvas de peces (lo que se conoce como ictioplancton), que compiten con las medusas por las presas del zooplancton. El consumo preferencial de las medusas sobre los crustáceos pastoreadores incrementaría la abundancia de los rotíferos al reducir la competencia por el alimento. También favorecería al

fitoplancton, al disminuir la presión de pastoreo de los crustáceos, y aumentar la disponibilidad de nutrientes. En este sentido, existen evidencias experimentales que indican que el movimiento de las medusas, impulsando agua a chorros, favorece el transporte de nutrientes desde el fondo hacia las capas superiores de la columna de agua y su redistribución (ver Figuras 4 y 7). Además, las medusas excretan desechos de fósforo y nitrógeno directamente al agua, dos nutrientes fundamentales para los productores primarios. En lagos andino-patagónicos, las medusas afectarían, al menos transitoriamente, las tramas tróficas pelágicas, dado que su aparición suele ser breve y acotada a una parte del período estival. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los pólipos se alimentan de una gran variedad de presas, incluyendo protozoos, nematodos, rotíferos, anélidos, zooplancton y quirónomidos, entre otros, y por lo tanto intensificarían la depredación sobre los ensambles de organismos en contacto con sus sustratos. En la Patagonia, numerosas especies introducidas han desplazado a especies nativas alterando las tramas tróficas de las comunidades naturales.

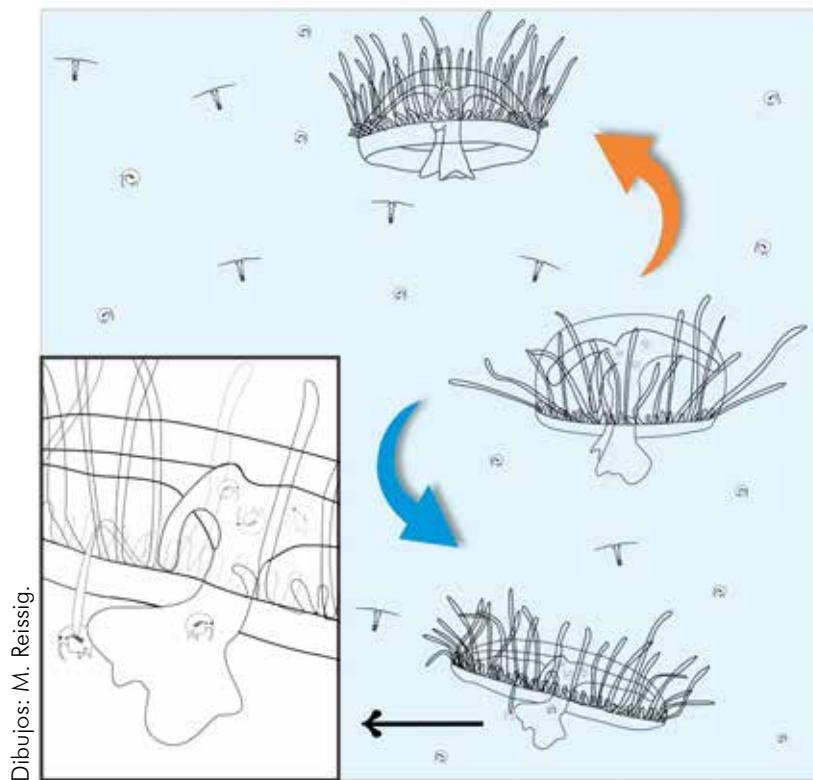


Figura 7. Secuencia del comportamiento alimentario de las medusas en la columna de agua. La medusa nada activamente mediante contracciones rítmicas de la campana (flecha naranja) y luego desciende pasivamente (flecha azul), lo que le permite aumentar el encuentro con las presas. Durante el nado, sus tentáculos se extienden y capturan el zooplancton. Una vez atrapada, la presa, es transportada hacia la cavidad gástrica por el brazo oral. En el recuadro ampliado se muestra el proceso de captura, ingestión y digestión de las presas.

Escanear el código QR para poder acceder a las filmaciones de las medusas nadando:



Ciencia ciudadana: Ayudanos a monitorear la medusa invasora *Craspedacusta sowerbii*:**¡Ayudanos a monitorear la medusa invasora
Craspedacusta sowerbii!**

¿Viste medusas en lagos y ríos de tu región?
¡Queremos saber! Esta medusa originaria de Asia, está expandiéndose en Sudamérica y puede impactar las comunidades acuáticas locales.

¿Cómo podés ayudar?

- Si visitás lagos, lagunas o ríos y ves medusas nadando ¡sacáles una foto!



- Subí tu observación a iNaturalist



- Registrá la ubicación del sitio.



- Si no estás seguro cómo identificarlas, ¡no te preocupes! La comunidad de iNaturalist te ayudará a confirmar tu observación.

¿Por qué es importante?

- Contribuís a conocer y monitorear la expansión de la medusa.
- Cada observación cuenta. ¡Aportá a la ciencia!
- Ayudáis a proteger los ecosistemas acuáticos.

¡Aportá a la ciencia con tus observaciones!

Escaneá aquí para entrar a iNaturalist
y sumá tu observación



¿No usás iNaturalist o preferís otro medio?

¡También podés enviarnos tu observación por Instagram!



@fotolab.gesap



Participación ciudadana y monitoreo

Las poblaciones de medusas de los lagos Escondido y El Trébol podrían actuar como núcleos de dispersión regional. La gran cantidad de ambientes disponibles (lagos profundos, someros y humedales) y la existencia de una fuerte conectividad hidrológica (arroyos y ríos) y biológica (aves acuáticas, anfibios, peces, macroinvertebrados, etc.), son factores que favorecerían la expansión de esta especie invasora en la región. Por eso, es fundamental monitorear su presencia y evaluar su impacto ecológico. En este sentido, es importante la participación de la comunidad en la observación y el registro de las medusas en diferentes ambientes utilizando plataformas de ciencia ciudadana, como por ejemplo iNaturalist.

Glosario

- Botella limnológica:** dispositivo que permite obtener muestras de agua a distintas profundidades en los lagos, evitando que se mezcle con el agua de otras capas.
- Campana:** parte superior, transparente y gelatinosa de la medusa, con forma de sombrilla, que se expande y se contrae para ayudarla a moverse.
- Cavidad gástrica:** espacio interno de la medusa, donde se acumulan y digieren las presas capturadas.
- Cnidarios:** grupo de animales acuáticos que incluye medusas, corales, anémonas de mar e hidras. Tienen células especiales como "arpones microscópicos" que utilizan para capturar presas y defenderse.
- Consumidores secundarios:** animales que se alimentan de otros animales. En la cadena alimentaria se encuentran por encima de los organismos que comen plantas o algas.

Resumen

La medusa de agua dulce *Craspedacusta sowerbii* es un cnidario depredador originario de China que ha colonizado sistemas acuáticos en todo el mundo. Presenta un ciclo de vida con una fase fija (pólipo) y otra libre (medusa), que emerge en algunos lagos en el verano, cuando las temperaturas son más cálidas. Por su pequeño tamaño y transparencia puede pasar inadvertida. Es una especie que se alimenta de zooplancton y aún no se le conocen depredadores en las tramas tróficas nativas. Este trabajo informa su presencia en los lagos Escondido y El Trébol, próximos a Bariloche. Obtener registros de esta especie invasora permite conocer su expansión en la Patagonia y evaluar el posible impacto sobre las comunidades acuáticas nativas.

Dispersión pasiva: forma de transporte de un organismo o una parte del mismo (como, por ejemplo, huevos o estructuras de resistencia) que se mueve de un ambiente a otro sin valerse de sus propios medios. La dispersión pasiva puede ocurrir por el viento, el agua o por adhesión a otros animales y/o plantas.

Fase sésil: etapa de un organismo en la que vive fijo a un sustrato, como una roca, una planta o sobre el sedimento, sin poder desplazarse activamente.

Fecundación: proceso en el que se unen las células reproductivas del macho y la hembra para formar un nuevo organismo. Puede ocurrir en el agua o dentro del animal.

Larva plánula ciliada: fase muy temprana en el ciclo de vida de las medusas y otros cnidarios. Tiene forma ovalada y está recubierta de pequeños "pelitos" (cílios) que le permiten nadar.

Pelágico: organismos que viven flotando o suspendidos en la columna de agua.

Tramas tróficas: conjunto de relaciones alimentarias que se establecen entre los organismos de un ecosistema y describen cómo circula la energía de un nivel a otro.

Para ampliar este tema

Casafús, M. G., Gritti, M. A., Miranda, C., Guimarães, P., Montalvo, L. y Peichoto, M. E. (2025). Freshwater jellyfish in northeastern Argentina: a risk to human health. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 119(1): 48-57.

DeVries, D. R. (1992). The freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbyi*: A summary of its life history, ecology, and distribution. *Journal of Freshwater Ecology*, 7(1): 7-16.

Marchessaux, G., Lüskow, F., Sarà, G. y Pakhomov, E. A. (2021). Predicting the current and future global distribution of the invasive freshwater hydrozoan *Craspedacusta sowerbii*. *Scientific Reports*, 11(1): 23099. [Disponible en Internet]

Richard, E. (2005). *Craspedacusta sowerbyi*: La curiosa medusa de agua dulce y su presencia en Argentina. En: E. Richard (Ed.). Cátedra de Zoología General: Materiales de Estudio. Carrera de Ingeniería Ambiental, Escuela Militar de Ingeniería. CD ROM interactivo. Escuela Militar de Ingeniería y Editorial Theratos Multimedia. La Paz, Bolivia. D.L. 4-4-1196-05, ISBN 99905-0-829-1. [Disponible en Internet]

Yan, H., Wang, Y., Wu, M., Li, Y., Wang, W., Zhang, D., et al. (2025). Feeding behavior and ecological significance of *Craspedacusta sowerbii* in a freshwater reservoir: Insights from prey composition and trophic interactions. *Biology*, 14(6): 665. [Disponible en Internet]

CUANDO LA CIENCIA ES PASIÓN DE MULTITUDES

Reportaje a Martín Brogger

por Gustavo Viozzi, Rocío Vega y Jorgelina Franzese

En el Cañón Submarino de Mar del Plata, dentro de la plataforma continental argentina, convergen dos poderosas corrientes, una es cálida y la otra fría y muy rica en nutrientes. Estas corrientes sustentan increíbles ecosistemas en los cañones submarinos que aún no han sido muy estudiados. ¡Hasta ahora! En 2012 y 2013, un grupo de científicas y científicos argentinos realizaron las primeras expediciones en esta región utilizando redes de arrastre. Aun con estas herramientas de baja tecnología, descubrieron nuevas especies y publicaron más de 60 artículos en revistas especializadas. Estas expediciones proporcionaron evidencia de jardines de corales y esponjas de aguas frías que albergan abundantes peces e invertebrados. Sin embargo, la distribución y función de las especies que forman parte de estos ecosistemas son todavía poco conocidas.

Durante casi tres semanas, un equipo argentino constituido por 25 científicos realizó una campaña a bordo del buque *Falkor* (too), una embarcación dedicada a la investigación oceanográfica, propiedad del Schmidt Ocean Institute, equipado con la última tecnología (ver Recuadro). Utilizando un robot submarino no tripulado que se controla a distancia desde el barco, reconocido por todos como el ROV *SubBastian* (por sus siglas del inglés Remotely Operated Vehicle y cuyo nombre alude a Bastian, el niño protagonista de "La historia sin fin"), los científicos realizaron las primeras observaciones in situ de esta maravillosa formación del fondo marino y documentaron su enorme biodiversidad. Esta expedición, dirigida por el Dr. Daniel Lauretta del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" de Buenos Aires, no solo sentó una base sólida para futuras investigaciones, conservación y gestión de recursos, sino que produjo un fenómeno inesperado. Transmitida en vivo desde la oscuridad más absoluta del fondo marino, hasta casi los 4.000 metros de profundidad, no solo el país, sino el mundo entero, siguió en vivo la expedición, participando en simultáneo con los científicos a bordo del *Falkor* (too).

La campaña, denominada Oasis Submarinos del Cañón de Mar del Plata: Talud Continental IV, se transmitió por streaming, alcanzando por momentos más de 92.000 espectadores en vivo. Los videos, almacenados en la página del Schmidt Ocean Institute, acu-

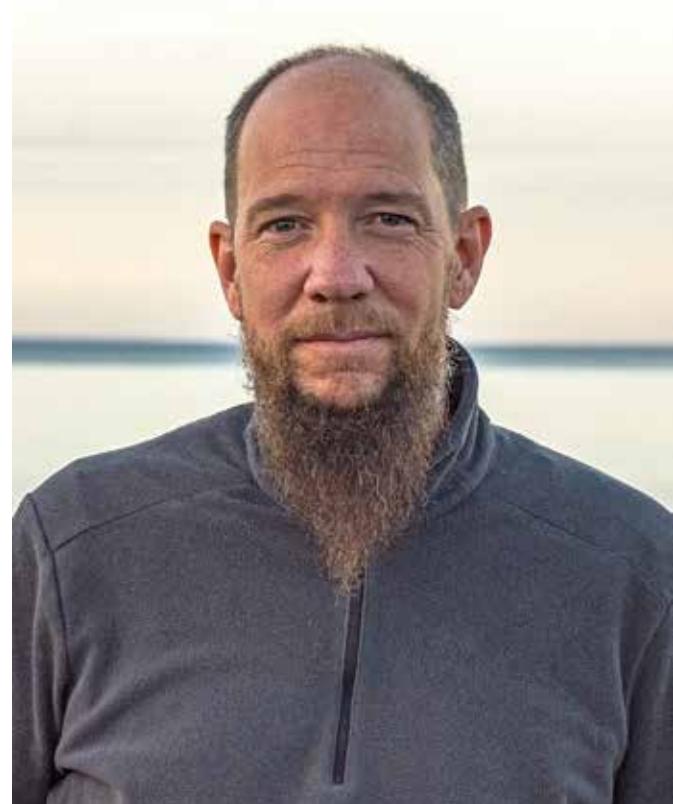


Imagen: Gentileza de M. Brogger.

Martín Brogger es Doctor en Biología por la Universidad de Buenos Aires, es investigador del CONICET en el Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR) en Puerto Madryn, Argentina. Su investigación se centra en la taxonomía, la biología reproductiva y la biodiversidad de los equinodermos, en particular las especies de aguas profundas del Atlántico Sudoccidental. En sus investigaciones incorpora nuevas tecnologías en la toma de datos ambientales naturales y antrópicos. También le apasiona la divulgación de la ciencia.

mulan más de 17 millones de visitas y el más visto ya supera el millón seiscientos mil reproducciones (y este número sigue aumentando). El fenómeno combinó alta calidad técnica con la relevancia de conocer el mar argentino. Pero quizás lo más importante desde este punto de vista, es que la audiencia acompañó a los científicos mientras estaban "haciendo su trabajo", descubriendo el fondo del mar en el mismo momento que ellos. Esto generó una sensación de ser parte del proceso, de esa expedición. Los científicos, además, comenzaron a ser conscientes de la audiencia que te-

nían, lo que enriqueció la experiencia, demostrando una gran habilidad divulgativa, presentando las distintas especies y explicando lo que veían, e incluso reconociendo el desconocimiento cuando había cosas que no podían responder. Esta honestidad contribuyó a la construcción colectiva de la expedición basada en la tecnología de streaming, logrando acercar la ciencia a la sociedad de una manera inédita.

Escuelas primarias y secundarias de los lugares más remotos del país establecieron contacto con la expedición a través de las redes sociales, realizando entrevisas virtuales, compartiendo preguntas y también dibujos de todo tipo. Los científicos del equipo forman parte actualmente del Grupo de Estudios Mar Profundo de Argentina (GEMPA), una red de científicos y científicas de distintas provincias e instituciones dedicada al estudio de la biodiversidad de las profundidades marinas del Mar Argentino. Tres de ellos trabajan en el Centro Nacional Patagónico (CENPAT), un centro dependiente del CONICET, que nuclea a investigadores referentes en la Patagonia argentina. Las investigaciones que se desarrollan allí abarcan diversas áreas, tales como la biología y el manejo de recursos acuáticos y terrestres, la oceanografía y meteorología, las ciencias sociales, la geología, la paleontología, y los estudios de diversidad, sistemática y evolución. Para conversar sobre su experiencia a bordo del Falkor (too) y de todo lo que significó para CONICET, para las Universidades argentinas, las escuelas, las nuevas generaciones y para la ciencia en general, Desde la Patagonia conversó con Martín Brogger, un barilochense actualmente radicado en Puerto Madryn.

Desde La Patagonia (DLP): Hola Martín, gracias por darnos un rato de tu tiempo. Contanos un poco de tu trayectoria académica: cómo, dónde y por qué estudiaste biología.

Martín Brogger (MB): Trabajo en biología marina desde hace 25 años. Empecé cuando era estudiante, simplemente por curiosidad: golpeé la puerta de un laboratorio en la Universidad de Buenos Aires para ver qué se hacía ahí. En ese momento no tenía muy claro hacia dónde iba, sólo quería aprender y aprovechar cualquier oportunidad de usar una lupa o un microscopio. Empecé la carrera en 1996, motivado por un

gusto personal. En esa época se decía que, estudiarias lo que estudiarias, ibas a morirte de hambre, así que decidí elegir algo que realmente me apasionara. La biología siempre me gustó, un poco contagiado por mi hermano mayor. Solíamos ir a pescar en Bariloche: mi hermano sacaba las truchas y las abría para ver qué habían comido; también agarraba las egagrópilas¹ de las lechuzas, las desarmaba, y ponía los huesitos en orden. Él terminó siendo abogado, y yo, biólogo. En esos campamentos empezó mi gusto por la biología, y el contacto con la naturaleza.

El laboratorio en el que golpeé la puerta era el de biología marina, y ahí descubrí lo que eran las estrellas de mar. Empecé ayudando, más que trabajando realmente, y en ese tiempo me di cuenta que había muy poca gente estudiando equinodermos en el país, y me pareció un grupo súper interesante. El grupo de investigación se dedicaba principalmente a la malacología –una rama de la zoología que se dedica al estudio de los moluscos, que incluye especies como caracoles, pulpos, calamares y almejas– pero a mí no me llamaban mucho la atención y, además, ya había mucha gente trabajando en eso. Entonces dije: vamos a trabajar con algo distinto. Y yendo por lo distinto fue que llegué a trabajar con equinodermos. Cuando te dedicás por completo a un tema poco explorado, te terminás convirtiendo en un referente. Con el tiempo formé un grupo de investigación en equinodermos. Me esforcé en contactar gente en todo el país e incentivar a quienes se interesaban por estudiar estos organismos. De a poco empecé a vincularme con colegas de Latinoamérica y esa interacción fue muy enriquecedora. Básicamente, ya son 25 años dedicados a la investigación de los equinodermos en la Argentina.

DLP: ¿Vos te recibiste en la UBA?

MB: Sí, estudié y me recibí en la UBA. Hice ahí casi todo el doctorado, en el laboratorio de Invertebrados 1, y otra parte la hice en el laboratorio del Museo Argentino de Ciencias Naturales, donde también hice mi postdoc. Empecé trabajando con estrellas de mar de Necochea y de Quequén, con erizos de mar y con los

¹Bolas de restos de alimentos no digeridos que algunas aves, especialmente las rapaces, regurgitan. Contienen partes indigeribles como huesos, pelo, plumas y dientes, y su análisis es valioso para estudiar la dieta de las aves y la biodiversidad de los ecosistemas.

Falkor (too)

Según se puede leer en la página oficial del Schmidt Ocean Institute, el buque tiene 110,6 metros de eslora y 20 metros de manga. La cubierta de popa tiene 960 metros cuadrados y dispone de 70 literas. Está equipado con ocho laboratorios, incluido un laboratorio principal de 105 metros cuadrados, laboratorios húmedos, un laboratorio científico de agua de mar, un laboratorio de electrónica informática, un laboratorio de robótica y un laboratorio frío para trabajo biológico. Asimismo, cuenta con tres conjuntos de ecosondas multihaz, 15 sensores acústicos, cinco kilómetros de circuitos de agua de mar para muestreo científico, más un sistema especial para la evaluación de la presencia de microplásticos en el agua marina. También posee siete sistemas de manejo de lanzamiento y recuperación sobre el costado para equipo científico y una de las grúas más grandes en un buque de investigación.

A bordo del *Falkor* (too) viaja un vehículo que puede ser operado remotamente, el ROV *SubBastian*. Se trata de un robot submarino controlado por pilotos a bordo del barco. Está conectado al barco mediante un cable, llamado umbilical, que contiene líneas que conectan el vehículo con las comunicaciones y la alimentación.

El ROV *SubBastian* mide 3,1 m x 2,1 m x 1,9 m, aproximadamente el mismo tamaño que una minivan. En el aire pesa 3.200 kg, y aunque parezca mucho, la mayor parte del peso es de flotación y se convertirá en flotabilidad positiva o peso neutro en el agua. Está equipado con cinco potentes propulsores (similares a hélices) que mueven el vehículo: un propulsor lo mueve lateralmente, dos lo mueven hacia adelante y hacia atrás, y otros dos se utilizan para el movimiento vertical. El ROV *SubBastian* puede descender a una profundidad operativa máxima de 4.500 metros y navegar a una velocidad de 0,5 a 3 nudos (entre 1 y 5,5 kilómetros por hora), dependiendo de la profundidad y las corrientes. Posee numerosas cámaras de video que permiten monitorear lo que sucede alrededor del vehículo en tiempo real. Esto incluye una cámara piloto que utiliza el operador al "volar" el vehículo, una cámara móvil que utilizan los científicos para observar características interesantes, una cámara de observación superior para monitorear el cable y una cámara de observación trasera para asegurar que la parte trasera esté despejada. También hay varias cámaras para facilitar las operaciones del manipulador y los sistemas de monitoreo del vehículo.



Imagen: Schmidt Ocean Institute.

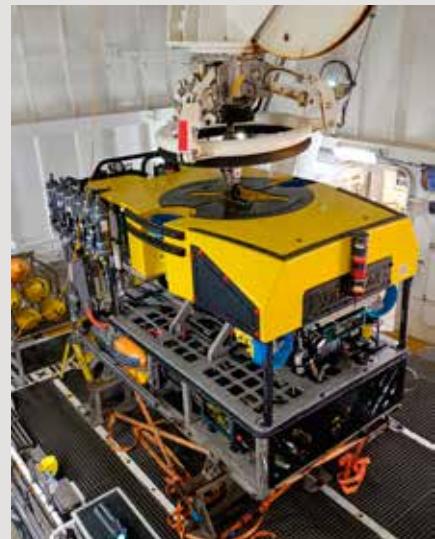


Imagen: Gentileza de M. Brogger.

"dólares de la arena" –un tipo de erizos de mar aplastados adaptados a la vida en la arena– de Mar del Plata. Después descubrí los erizos de mar en Patagonia, en Puerto Madryn, e hice mi licenciatura con ellos. Y a la hora de hacer el doctorado, como ya había trabajado con estrellas y con erizos, decidí trabajar con ofiuros. Elegí una especie del Golfo San José, en Península Valdés, y completé el doctorado con este grupo de invertebrados que prácticamente nadie había estudiado antes en el país. Mi gusto por la Patagonia también viene de las experiencias de campo. Durante mi formación con el doctor Pablo Penchaszadeh, él nos brindó mucha libertad para explorar y formular nuestras propias preguntas. Fomentaba especialmente el trabajo de campo, lo que nos permitió participar en campañas de hasta 15 días en el sur. A lo largo de este tiempo, siempre trabajé con equinodermos, ya fuera en Buenos Aires o en colaboración con colegas que juntaban las muestras en Patagonia.

DLP: Contanos qué son los equinodermos.

MB: Los equinodermos son un grupo de invertebrados muy particular. Son exclusivamente marinos, con lo cual mis ganas de volver a Bariloche se fueron diluyendo, porque trabajar con este grupo allá habría sido complicado (risas). Los equinodermos son un grupo muy interesante desde el punto de vista evolutivo, son deuterostomados, es decir, cercanos a los vertebrados, y su capacidad de regeneración es impresionante. Siempre me atrajo eso, la parte loca de que una estrella de mar pueda regenerar todo su cuerpo, reproducirse dividiéndose por la mitad, o que algunos ofiuros, con su disco central y brazos, tienen la capacidad de incubar a sus crías en un espacio tan reducido dentro de su cuerpo. Todo el ciclo de energía de estos bichos tiene que estar muy regulado y todas estas cosas llamativas son las que me llevan a plantear muchas preguntas divertidas. A veces pueden parecer triviales, pero al investigar, he descubierto que son aspectos



Imagen: G. Bigatti.

Ofiuro *Ophioplocus* sobre algas.

Imagen: ROV SubSebastian/Schmidt Ocean Institute.

que casi nadie ha explorado en otros lugares. Es en esos momentos cuando uno valora la universidad pública: sobre todo enseña formas de pensar, y eso es lo que resulta verdaderamente valioso.

Trabajamos siempre en las costas de Mar del Plata, embarcados en las pesquerías de arrastre, colectando los equinodermos que salían como fauna acompañante. Entre las estrellas de mar hay dos grupos: el grupo de fondos duros y otro de fondos arenosos. Las de fondos arenosos no tienen ventosas, como sí tiene "Patricia", ni pueden sacar el estómago para afuera: comen toda la presa de una vez, así que hay que estudiarlas para ver qué están comiendo. Este grupo me pareció muy interesante así que empecé a trabajar con las estrellas de mar de fondos arenosos.

DLP: Claro, y es interesante que los equinodermos hagan todo eso con un sistema nervioso muy sencillo.

MB: Lo interesante es que aun así les alcanza para hacer todo lo que hacen. Además, tienen un sistema vascular acuifero², que es un sistema particular que evolucionó a partir de estructuras asociadas al modo de alimentación de los crinoideos, que es otro grupo que no les mencioné, pero que por suerte se vio un montón en la expedición. Es raro de reconocer, la gente suele confundirlos con plantas. En la expedición del Cañón de Mar del Plata vimos muchos organismos que no sabíamos ni qué eran; por ejemplo, los corales eran un *flash*, pero los crinoideos llamaron mucho la atención: son como la estrella de mar al revés, tienen la boca en la parte de arriba y pies ambulatorios que agarran el alimento, llevándolo a la boca. El origen del sistema vascular acuifero está justamente ligado a esta forma de alimentarse. Los crinoideos son el grupo más antiguo de los equinodermos. También están los pepinos de mar, con formas de cuerpo muy distintas, pero igual de exito-

sas, sobre todo en aguas profundas y fondos arenosos. Los pepinos son un *flash*, ¿los vieron?

DLP: Sí, sí, no se podía creer lo que estábamos viendo.

MB: Sí, cualquiera puede estar mirando y quedar maravillado, incluso los científicos de otras ramas, viendo otra forma de investigar. Es como una ventana por donde ves cómo trabaja otra gente en tiempo real, y es muy divertido. Y más allá de tecnología, éramos un grupo de 25 personas, cada una trabajando en cosas distintas. En cada campaña hay objetivos claros y hay que priorizar qué recolectar. Yo quería juntar todos los equinodermos posibles, pero había muchísimos organismos que veíamos y que no podíamos colectar. El jefe científico, que trabajaba con anémonas y corales, podría haber pasado 24 horas recolectando. Al hacer zoom con esa cámara espectacular, se podían ver los organismos más chiquitos, mientras los compañeros estaban desesperados tratando de atraparlos. También estaba Cristina Damborenea, de La Plata, que trabaja con gusanos planos -que también son raros-; al ampliar la imagen, aparecían esos bichos. Había que encontrar un equilibrio dentro de todo el grupo, para lo cual ayudó comprender la perspectiva general de la investigación y de la campaña.

DLP: ¿Y cómo fue que se dio esta campaña? ¿Se presentaron a una convocatoria? ¿Cómo fue que llegaste a estar en el barco?

MB: En 2010 o 2011, CONICET abrió una convocatoria pública para que sus investigadores pudieran disponer de tiempo de barco. El directorio planteó: tenemos estos barcos y estas capacidades, y abrió ventanas de enero a diciembre para hacer diez campañas en todo el país. Entonces, armamos un grupo de colaboración de todo el país, de gente interesada en Aguas Profundas, porque los estudios a partir de 200 metros de profundidad eran casi inexistentes, y presentamos

² El sistema vascular acuifero es una red de canales que distribuye agua en el cuerpo de los equinodermos, facilitando el movimiento y otras funciones vitales.

una propuesta para investigar en el cañón submarino frente a Mar del Plata. Pablo Penchaszadeh y Mariano Martínez decidieron la zona porque allí confluyen dos corrientes, de alta diversidad. CONICET aprobó nuestra propuesta, y realizamos campañas en 2012 y 2013. Después, vinieron otras iniciativas como Pampa Azul, pero quedó la idea de conocer un poco más los cañones submarinos de Mar del Plata, como el Ameighino y otras zonas de aguas profundas. Había un acuerdo de realizar estudios a largo plazo de todo lo que es Aguas Profundas en este grupo de GEMPA. En el 2023, Daniel Lauretta, jefe científico de la campaña, vio la oportunidad de usar un barco que pertenece a una organización de Estados Unidos que ofrecía su barco y el ROV, para hacer investigación frente al Atlántico Sur en el 2025. Presentamos una propuesta basada en nuestro conocimiento previo de la fauna del lugar (que sabíamos era muy diversa), respaldado por más de 60 publicaciones científicas realizadas en diez años de investigación. Necesitábamos saber qué estaba pasando en vivo y qué nos estamos perdiendo, qué cosas no estábamos viendo. Nuestra propuesta fue aceptada junto con otros grupos de Argentina y Uruguay. Nuestro objetivo era investigar y recolectar organismos, y ver qué había, pero también había un fuerte componente de divulgación. Queríamos mostrar públicamente los resultados. El Schmidt Ocean Institute, como organización sin fines de lucro, tiene la política de hacer públicas sus expediciones, transmitiéndolas en vivo por YouTube. Ya lo sabíamos, porque habíamos visto expediciones de ellos en Chile, y en otros lados. Y, además, tiene el programa *Ship to Shore*, que conecta con los colegios. Incluir este componente potenció nuestra propuesta y permitió mostrar públicamente los resultados en tiempo real. A los fines prácticos, la parte de comunicación en vivo fue lo que más explotó de la expedición. Fue un trabajo que llevó dos años en total, de armado y organización del proyecto. Por eso nos vieron durante los 20 días trabajando a full y durmiendo poco durante la campaña, porque había que aprovechar el poco tiempo que teníamos arriba del barco.

DLP: Contanos cómo era un día típico en el barco, ¿qué rutinas tenían? También, si vos tenías algún rol específico dentro de la expedición.

MB: Se definieron los roles en función de quién fue tomando la posta en las actividades previas. En el armado del proyecto cada uno contribuyó con su experiencia e intereses. Con toda esa información, el jefe científico, Daniel Lauretta, junto con el grupo de Buenos Aires, armó la propuesta final de las estaciones a explorar con el ROV. También había una propuesta de hacer arrastres y usar redes para juntar más material, sobre todo para estudios de microplásticos, porque hay muchas cosas chiquititas que el ROV no puede



Vehículo operado remotamente (ROV) del Schmidt Ocean Institute durante una maniobra nocturna de descenso al fondo marino.

juntar. Pero una vez a bordo, la descartamos porque el uso del ROV era una oportunidad única que, seguramente no volveríamos a tener. Pero, en el día a día, el objetivo científico era sumergir el ROV, filmar y registrar sobre transectas de tantos metros para tener datos para analizar luego con las imágenes. También se tomaban muestras de sedimentos con el push corer –un dispositivo hidráulico para hacer perforaciones en el suelo–, para estudios de microplásticos, carbono orgánico y sedimentología. Las transectas generalmente estaban ubicadas en pendientes que íbamos subiendo para ver la fauna asociada y analizar diferentes tipos de ambientes dentro del cañón. Éramos 25 personas para cubrir las 24 horas, de modo que nos dividimos en dos grupos de trabajo: de 6:30 a 18:30 y de 18:30 a 6:30. Les llamábamos “grupo mañana” y “grupo noche”. En cada turno hubo especialistas de los diferentes grupos taxonómicos para poder identificar y decidir qué juntar y qué no. Entonces, por ejemplo, de equinodermos estaba Mariano a la noche, y yo en el grupo mañana. El jefe científico estaba todo el tiempo apoyando, iba y venía. Cada uno iba asumiendo roles a medida que la campaña avanzaba. En mi caso, mi rol estuvo asociado a la parte organizativa y logística, porque soy bastante estructurado, me gusta que todo esté ordenado y planificado. Ya había tenido ese rol en campañas anteriores, en las que estuve asistiendo al jefe científico y yo colaboraba en parte para la orga-

nización. Durante el día, mientras el jefe científico descansaba, yo me encargaba de coordinar la logística a bordo. Además, asumí la parte de divulgación y del programa educativo *Ship to Shore*, que conecta a investigadores del barco con escuelas de todo el país. Lo que hice simplemente fue organizar qué investigadores podían hablar con los diferentes colegios. No hicimos un llamado público, pero buscamos colegios interesados, priorizando colegios públicos. Además, la propuesta del *Schmidt Ocean Institute* incluía un subsidio para un colegio público al que le hiciera falta conectividad. Por ejemplo, se necesitaba que el colegio cuente con micrófonos, parlantes, pantalla e internet para que pudiera conectarse. Entonces, ellos nos pidieron un colegio al que le hiciera falta todo eso y nos llegaron propuestas de seis colegios con esas necesidades, por ejemplo, uno en Puerto Iguazú, en Misiones, otro en el Barrio 31, en Buenos Aires, uno en Playas Doradas, en Río Negro, etc. Ellos propusieron enviar el dinero directamente a las escuelas, pero en Argentina el procedimiento administrativo es más complejo. Entonces propusimos recibir los fondos como donación y encargarnos nosotros de las compras. Fue algo inédito para el *Schmidt Ocean Institute*, pero así pudimos equipar a seis escuelas con parlantes, computadoras y conexión a internet, para que participaran en las transmisiones en vivo y obviamente ese equipamiento les quedó para sus actividades futuras. Entonces, no sólo logramos hacerlo con la mayor cantidad de colegios posibles, sino que además pudimos ayudarlos con los requisitos para recibir el equipamiento. En cuanto al trabajo, todo estaba muy organizado, tanto en lo científico como en lo logístico. Y la verdad, trabajar en un barco así fue un placer: tuvimos todo resuelto (comidas, limpieza, horarios), así que pudimos dedicarnos cien por ciento a investigar. Fue una experiencia increíble, porque nuestra cabeza estuvo completamente enfocada en el trabajo, sin distracciones. No estamos acostumbrados a eso.

DLP: Tuviste suerte porque acá a nadie le pasa (risas).
MB: ¡Sí!, es como si te dijera: tenés, tres técnicos para salir al campo, uno que maneja, otro que cocina y uno que ayuda con las muestras. ¡Es excelente! Lo que pasa es que no estamos acostumbrados a trabajar así. Somos nosotros los que estamos, ya saben, escribiendo el proyecto de investigación, mandando el pedido, haciendo las rendiciones, comprando, pidiendo las facturas, manejando, cocinando, lavando, muestreando, cargando nafta.... No estábamos acostumbrados a eso, pero nos acostumbramos enseguida (risas).

DLP: En los videos se los notaba muy relajados, muy amistoso el ambiente ¿Fue así?

MB: Si bien había algunos investigadores que no conocíamos (colegas de Estados Unidos que se sumaron

a la campaña), con el resto venimos trabajando juntos desde hace 12 años. Incluso había investigadores que habían sido estudiantes nuestros, y nosotros mismos, en su momento fuimos estudiantes de quienes hoy son algunos de nuestros colegas. Entonces, como nos conocíamos desde hacía mucho tiempo, fue muy relajado y todo fluyó muy bien. La verdad es que eso de trabajar con un grupo ya organizado, tener que hacer una tarea y saber qué va a hacer cada uno, es muy bueno. Y los nuevos también se sumaron a eso. En ese sentido, la experiencia fue excelente, y según el personal del barco, fue una gran diferencia respecto a otras expediciones en las que se arma un grupo con investigadores de distintos lugares que trabajan en distintos grupos de animales y los juntan. Y claro, después, a la hora de decidir qué juntar o qué no juntar, se están matando. Nosotros veníamos haciendo reuniones previas desde que nos aprobaron la propuesta. Nos reunimos todos los meses para dividir tareas y para resolver qué íbamos a hacer y cómo lo íbamos a hacer. Sumado a que conocernos desde hacía mucho tiempo fue una gran ventaja. Y la tripulación ¡un diez! Imaginate, es gente de distintas partes del mundo, muchos de Estados Unidos, de Gran Bretaña, hay gente de todos lados y ellos están dedicados a ayudarte en lo que haga falta. Cuando veían un grupo como nosotros, que trabajaba como una tromba y los teníamos 24/7 trabajando, para ellos era mejor. Decían el ROV ya está, ¿bajamos? y le seguíamos dando. Para ellos también eso estaba bueno y la verdad estaban muy contentos. Aparte porque, ya lo vieron: la argentinidad... Cuando subimos al barco nos dijeron: no se puede tomar mate, no hay que gritar en la sala de control, no se puede aplaudir, no se pueden hacer un montón de cosas. Aguantamos un día sin hacerlas (risas). A los dos días ya estábamos tomando mate, comiendo ahí, le hacíamos hinchada al piloto, aplaudíamos, y eso les gustaba también. O sea, a la bajada de línea que nos hicieron cuando subimos al barco, nosotros no le hicimos caso. Por ahí, a gente de otros países le dicen lo que hay que hacer y lo hacen; nosotros no les hicimos caso –porque nos salió así–, y les encantó.

DLP: Sí, eso fue lo que se vio en el streaming, porque cuando pasaron las transmisiones de Chile, por ejemplo, eran muy prolíjas y sin sobresaltos (risas).

MB: Y sí, los argentinos somos así, viscerales y con mucho humor. Por ejemplo, podemos tomar de heroína a una estrella de mar y llamarla “estrella culona”. Ellos no esperaban eso pero lo recibieron bien. Es un momento como de irrupción que hacía falta ¿no? Como biólogos no tenemos muchas herramientas para explicar lo que pasó, tal vez es un trabajo para las ciencias sociales... Yo creo que esto va a cambiar un poco lo que es comunicación de la ciencia.

DLP: No sé cómo será el impacto de este evento en el futuro más o menos inmediato, pero ha generado interés en todo tipo de gente. Tomabas un taxi y el taxista te hablaba del *stream* de CONICET. Con todo esto se vio el interés por la ciencia, algo que se estaba poniendo en duda.

MB: Tuve una entrevista con el colegio de mi sobrino en Buenos Aires. Las maestras le habían dado una condición para conectarse, y era que los chicos hubieran visto algún video sobre la expedición en YouTube. Entonces la maestra les mandó de tarea, que vean alguna inmersión. Al final las vieron todas porque todo el mundo estaba mirándolo y la primera pregunta que me hicieron fue, ¿vos trabajás en CONICET?, ¿cuándo un chico te iba a preguntar si vos trabajás en CONICET? Hasta el momento nadie sabía qué era el CONICET. Es muy loco, porque después vas a algún lado y los chicos te dicen: "ah, sos investigador de CONICET", ya tienen una idea más o menos formada de lo que se hace allí. Antes, cuando ibas a una charla a algún colegio, tenías que empezar explicando qué era un pepino de mar. Hoy decís "trabajamos con pepinos de mar", y ya todo el mundo sabe: ¡Batatita! Entonces, es más fácil de explicar. ¿Cuándo la gente se había hecho fan de una estrella de mar o de un erizo de mar? De Amarillín, por ejemplo. Nos llegan muchísimos mensajes, algún día tengo que compilarlos. Hay gente grande que nos escribe cosas como: "Tengo 67 años, quería ser biólogo marino, y ustedes me están haciendo vivir ese sueño". Mensajes de ese estilo, que te llegan mucho. Los colegios también se engancharon, compartieron proyectos creativos, de arte, de música, de poemas. Ayer, por ejemplo, nos mandaron una milonga que hizo un autor de La Plata, una milonga cantada que es espectacular, es tremenda. Y termina hablando del CONICET. Y pienso, ¡iguau!, está buenísimo. Hay gente que se inspira, que se entusiasma, incluso personas de afuera, que estaban desanimadas, y encuentran en esto un poco de esperanza. No hicimos algo particular, no estábamos actuando ahí, íbamos contando lo que estábamos haciendo. Y a la gente le interesó, se conectó y eso está buenísimo.

DLP: ¿Ibas pensando en encontrar algo en particular? ¿Qué fue lo que más te sorprendió?

MB: Sí, teníamos más o menos una idea de lo que podíamos encontrar. Esperábamos encontrar algunos corales duros de aguas frías –sabíamos que estaban allí–, pero nunca pensamos que hubiera tantos, ni que formaran arrecifes tan extensos como los que encontramos. Los jardines de corales blandos también fueron algo sorprendente. El área que exploramos con el ROV era muy chica, de cinco metros a la redonda, y estaba cubierta de corales de aguas frías, formando unos arrecifes tremendos. O sea, si uno lo extrapolara a

toda el área, el panorama es impresionante. Eso me sorprendió mucho, porque los corales son el sustento de otros organismos que viven asociados a ellos. Son hábitats increíbles. Además, buscábamos ejemplares específicos que necesitábamos para describir ciertas especies, como los erizos "panqueque", que yo estaba desesperado por encontrar. En campañas anteriores habíamos conseguido dos ejemplares muy pequeños con redes, pero llegaban rotos, sin las espinas que necesitábamos para completar la descripción. Esta vez encontramos uno en excelente estado, e incluso parece que podría tratarse de otra especie distinta. O sea, estoy totalmente contento con los ejemplares, la parte morfológica que podemos describir ahora es impresionante. Nos encontramos con el Amarillín, un erizo irregular que no esperábamos ver. Sabíamos que podía haber especies irregulares que aún no habíamos registrado, pero creímos que estarían enterradas en la arena, fuera del alcance del ROV. Y, de hecho, casi no removimos el fondo, así que estoy seguro de que todavía hay mucho más por descubrir.

Previo a la campaña, Cristina Damborenea, una investigadora de la Universidad de La Plata y Adriana Menoret, del Instituto de Biodiversidad y Biología Experimental y Aplicada de la UBA, hicieron una guía de campo donde cada uno de nosotros anotó las especies que esperábamos o deseábamos encontrar. Esta guía de todos los taxones fue clave como referencia rápida: si veíamos algo que no reconocíamos, consultábamos para decidir si valía la pena recolectarlo o no. Por ejemplo, la "estrella culona" ya había aparecido en campañas anteriores, ya estaba identificada, así que solo la observamos, la fotografiamos y seguimos adelante. Algunas personas se interesaron mucho en el tema de la colección: hubo cierto debate sobre si convenía o no recolectar material. Pero el impacto fue mínimo. Comparado con lo que genera una red de arrastre, lo que hicimos con el ROV fue prácticamente inocuo.

DLP: Entonces, ¿encontraste especies nuevas?

MB: Sí, en realidad, para describir especies nuevas primero tenemos que hacer un estudio detallado en el laboratorio. Ahora nos toca justamente esa etapa: confirmar qué especies son realmente nuevas y cuáles, aunque nunca se hayan registrado allí, ya están documentadas en otras partes del mundo. Por lo que yo ya manejo en los grupos que estudiamos, estoy casi seguro de que encontramos al menos cinco especies nuevas de erizos de mar. En cuanto a las estrellas de mar hay unas de la familia Brisingidae, que todavía no estoy seguro si es la misma especie conocida, más cosmopolita, o si representa un registro completamente nuevo para la ciencia. Lo que sí sabemos es que es el primer registro de esta especie para la región. Es muy frágil: cuando sale del agua se destroza fácilmen-



Imagen: Gentileza de M. Brogger.

Muestras obtenidas mediante el ROV.

te. En una campaña anterior habíamos conseguido un ejemplar completamente destruido, que no nos servía para identificarlo; ahora tenemos dos ejemplares intactos. En total, estimamos que hay unas 40 especies nuevas entre todos los grupos que recolectamos. La próxima etapa es la identificación genética y taxonómica, que lleva un poco más de tiempo.

DLP: ¿Cómo es que un bicho que está viviendo a 4.000 metros de profundidad no se destroza cuando sale afuera del agua?

MB: Depende del organismo. Los que están a más de 1.000 metros están adaptados justamente a soportar esos ambientes de alta presión y por eso no tienen aire en el cuerpo, son todo fluidos. Entonces no se expanden con el aire. Por ejemplo, de los peces que vimos en aguas profundas, pocos presentan vejiga natatoria. Son peces adaptados justamente a ese tipo de ambiente. Los peces que se sacan con redes de 600 metros de profundidad salen reventados, pero los que sacamos en esta campaña llegaban enteros. Algunos, inclusive, llegaban moviéndose.

DLP: ¿Piensan hacer algún material de divulgación con lo que encontraron en esta campaña?

MB: Tenemos varias cosas en mente. Primero, hay que tener en cuenta que todas las imágenes son proprie-



Imagen: Gentileza de M. Brogger.

Martín Brogger observa una estrella de la familia Brisingidae recolectada durante la expedición.

dad del Schmidt Ocean Institute. Si bien las comparte libremente, porque uno puede verlas en YouTube, para cualquier uso comercial hay que pedir permiso. Todo lo que sea no comercial, ellos están dispuestos a cederlo, siempre que cites la fuente: ROV SuBastian, tomado por el Schmidt Ocean Institute. Porque por más que sea el streaming de CONICET, la realidad es que el material depende del Schmidt Ocean, que los pone a disposición para divulgación o clases. CONICET, por su parte, recibió un montón de propuestas: para hacer juegos, figuritas oficiales, remeras, llaveros o stickers. Muchos emprendedores ya aprovecharon este material para pequeños productos, lo cual está genial. Si alguien quisiera usar los videos sin marcas para un documental o un proyecto más formal de divulgación, eso dependerá de un acuerdo entre el CONICET y el Schmidt Ocean Institute. Actualmente hay reuniones en curso con el jefe científico de CONICET para coordinar estos usos. Con respecto a la divulgación, estamos haciendo un póster de divulgación del Cañón Submarino, los hábitats y todas esas cosas que nosotros hacemos, para compartirlo. La gente también va al Museo Argentino de Ciencias Naturales de Buenos Aires a ver el material que juntamos, pero les que explicamos que ahora no están expuestos los bichos que juntamos en esta campaña, aunque si lo estarán eventualmente. Sería ideal que el museo invirtiera en una

sala de aguas profundas y modelos 3D de Batatín, por ejemplo, porque hay mucho interés del público. Nosotros estamos totalmente abiertos a colaborar en eso; nos encanta la idea de acercar la ciencia a la gente, aunque muchas decisiones dependen de CONICET y Schmidt Ocean.

DLP: ¿Cómo viviste esta campaña con tecnología más avanzada?

MB: Tengo la suerte de ser biólogo marino y de participar en varias expediciones. Viajar y trabajar bastante en campo, es lo que realmente me gusta. Ese es mi placer, no sentarme en la computadora a escribir artículos científicos, que es algo que también tengo que hacer, obviamente. Cuando estás en campaña, estás cien por ciento dedicado a observar, pensar y formular preguntas... no estás en tu casa pensando si el gato tiene comida. Para mí los momentos de creación, los momentos de lucidez, ocurren cuando estás en campo trabajando, porque es cuando te surgen las preguntas. Obviamente, trabajar con tecnología avanzada es mucho mejor. Ya había estado en otros barcos, me invitaron a trabajar en barcos de Greenpeace en aguas profundas usando ROVs y cámaras remolcadas para ver el fondo en los lugares de pesca de arrastre. Con las técnicas de arrastre la estructuración vertical se pierde, se rompe, no se recupera, son animales que tardan mucho en crecer. La tecnología, en esos casos, sirve para confirmar lo que uno ya espera según la experiencia previa. Por ejemplo, si los arrecifes de coral tardan cien años en crecer, y la rastra la vienen pasando desde hace 50 años, uno sabe que no los va a encontrar. Seguramente, va a haber un mayor componente de depredadores, carroñeros, cangrejos, caracoles. Entonces, ese desbalance que ocurre en el fondo, uno lo puede predecir. La tecnología lo que hace es eso, mostrar. Nosotros teníamos la predicción de que había gran diversidad en ese cañón por ser una zona de confluencia de dos corrientes, y esperábamos que hubiera distintos hábitats, porque era muy heterogéneo. También esperábamos que hubiera diferentes organismos en función del tipo de ambiente. Bueno, eso fue exactamente lo que pasó. Incluso, encontramos mucha más diversidad de la que esperábamos. La tecnología nos permite demostrar lo que predijimos. Y eso es increíblemente valioso, porque cuando escribís un libro o un artículo científico, podes respaldar tus conclusiones con evidencia directa.

DLP: ¿Van a presentar algún informe con recomendaciones de uso de hábitat?

MB: Nosotros nos dedicamos a generar el conocimiento, darlo a conocer y publicarlo. Las políticas ambientales tanto como el uso de los recursos, no nos corresponde a nosotros como biólogos. Para eso hay gente que se dedica a eso. Uno puede dar a conocer

el ambiente y explicar si es frágil o valioso para la conservación. Si encontramos un arrecife de corales que sostiene muchas especies, podemos destacar que es una zona importante para proteger. En cambio, si se trata de una zona arenosa donde los organismos son más comunes y se repite en muchos lugares, quizás no sea una prioridad para conservación. Pero las decisiones sobre conservación y el uso de los recursos, corresponden a las políticas ambientales o del Estado. Nosotros podemos aportar información científica, pero no ejecutar las medidas. Por ejemplo, con relación a la basura, encontramos muy poca basura, tanto plástica como de otro tipo. Apenas unas botas de plástico y algunos restos de otras cosas en el pequeño tramo que exploramos. Si llega la basura, puede ser de origen pesquero, de un barco que está ahí arriba. No está llegando basura desde la costa, es importante tener en cuenta que a esas profundidades podría llegar la basura. Para mí, fue una buena noticia, porque no había la cantidad de basura que se ve en otras partes del mundo.

DLP: Hablando de basura... ¿hicieron algún estudio del contenido de microplásticos?

MB: Recolectamos muestras de sedimento, agua y organismos para determinar presencia de microplásticos. Pero todavía no tenemos los resultados, porque son estudios que llevan más tiempo. No se trata solo de analizar la presencia de microplásticos en el agua o en el sedimento, sino también en los organismos. Que haya microplásticos en el ambiente es una cosa; que estos lleguen a los organismos y se acumulen en sus tejidos, es otra. Por eso estamos comenzando un estudio específico sobre microplásticos en organismos de aguas profundas.

DLP: ¿Qué le podrías aconsejar a un chico, una chica que tiene ganas de estudiar ciencias biológicas en Argentina?

MB: Más allá de que tenga ganas de estudiar ciencias biológicas o no, le diría que se encariñe con estas cosas, ¿no? Porque mañana puede ser abogado como mi hermano, pero la curiosidad, de ir a abrir un pez y analizar qué comió, esa curiosidad que no la pierda, que no la pierda respecto al mar, a los lagos, a la naturaleza que lo rodee. Puede ser abogado, puede ser científico, puede ser maestro, puede ser barrendero, no importa lo que sea, puede ser político. Pero sería ideal no perder esa curiosidad o ese amor por lo que existe. Esa sensibilidad que te genera ver el ambiente natural, o la fascinación que te genera ver un organismo en el fondo del océano, que está viviendo en un ambiente totalmente distinto al que conocés. Que no pierda esa curiosidad o esa sensibilidad. ¿Al que quiere estudiar biología? Sí, excelente, le recomiendo que estudie biología porque es una carrera absoluta-

mente apasionante y que hay muchísimas cosas para hacer, muchísimas cosas para investigar. Podés trabajar con el fondo de un lago andino, podés trabajar con plagas, podés trabajar con plantas. La ciencia que vos hagas va a ser interesante siempre que la encares con curiosidad y con amor, con pasión. Esto que charlamos al principio de todo: lo hacemos porque nos gusta. Nosotros estamos acá charlando para la revista o investigando porque nos gusta. Eso fue lo que me propuse en el 1996: hacer lo que me gustara.

DLP: Como siempre, invitamos a quienes entrevistamos a cerrar con lo que quieras decir.

MB: Básicamente lo que les comentaba recién: hoy nos toca a nosotros estar en el foco de atención, recibir las preguntas, y creo que no hay que desaprovechar este momento para reconocer el valor de la Universidad pública, que es la que nos formó, y del Estado que apoya la investigación científica. Sin ese apoyo, nada de esto hubiera sido posible. No es que de repente nos subimos al barco y tuvimos suerte. Esto es el resultado de más de doce años de trabajo, de formular preguntas, de insistir con propuestas, de sostener líneas de investigación ambiental que llevan tiempo. La ciencia no da respuestas inmediatas, y a veces se nos critica por eso. Pero es así: si querés estudiar la contaminación de un río, tenés que muestrear, analizar, comparar, y todo eso lleva tiempo. Hay que tener paciencia, y confianza en el trabajo científico. El apoyo del Estado y de las Universidades públicas es fundamental. El Schmidt Ocean Institute financió el barco, el ROV, la logística y la comida, sí, pero el Estado argentino financió 25 años de formación y de investigación. Y no sólo la mía: también la de los otros 24 investigadores que estaban a bordo. Eso multiplícalo por las personas que trabajaron desde tierra, y por los miles de científicos cuyos artículos leímos para llegar hasta acá. En ese barco no estábamos sólo 25 personas. Estábamos representando a todos ustedes: a la Universidad pública, al sistema científico argentino y a toda la sociedad que lo hizo posible.

DLP: ¡Muchísimas gracias por tu tiempo y tu pasión!



Imágenes: ROV SuBastian/ Schmidt Ocean Institute.

Ejemplares fotografiados durante la expedición al Cañón submarino de Mar del Plata.

DESDE LA PATAGONIA

LA ODISEA DEL 2001

Un viaje fantástico por la nanociencia y nanotecnología.

por Rodolfo D. Sánchez

En 1966 se estrenó la película *Viaje Fantástico* (*Fantastic Voyage*) cuyo argumento se enmarca en el contexto de la Guerra Fría. Las dos potencias en pugna han desarrollado la tecnología necesaria para disminuir los objetos de tamaño, pero solo por una hora. El científico Jan Benes encontró cómo conseguir que la duración de la miniaturización se extienda en el tiempo, pero antes de transmitir su saber sufre un intento de asesinato y como consecuencia queda en coma con un coágulo en el cerebro. Para salvar la vida de Benes, un pequeño submarino oceanográfico nuclear, el Proteus, junto a su tripulación y personal médico son reducidos e introducidos en su torrente sanguíneo para destruir el coágulo con rayos láser. Esto debe ocurrir antes que se cumplan los 60 minutos: salvar la vida del científico y conseguir el secreto para que lo reducido en tamaño permanezca así en el tiempo. Probablemente esta película haya sido la primera que introdujo en el cine ideas de la nanotecnología, sin mencionarlas explícitamente. Estas ideas surgirán con fuerza en el ámbito científico y en la sociedad 40 años después.

Pero ¿qué tan pequeñas pueden ser las cosas? Esta pregunta viene de muy atrás en el tiempo, en el siglo V a.C., ya los filósofos griegos Leucipo y Demócrito se habían cuestionado: ¿qué ocurre si dividimos la materia, y a una de estas divisiones la volvemos a partir, y así sucesivamente seguimos las particiones o divisiones? Los griegos concluyeron que se llegaría a algo muy pequeño e indivisible, y a esa parte la llamaron átomo. La humanidad iba a tardar unos 2.300 años para retomar este concepto y de la mano de un químico británico, John Dalton, en la primera década de 1800. Desde allí comenzó una carrera donde se identificaron diferentes clases de átomos, se midieron

sus masas, se pudo saber qué tamaño tienen, cómo se combinan entre sí y se los clasificó según sus propiedades, construyéndose la Tabla Periódica. También aprendimos que son divisibles en partículas subatómicas llamadas electrones, protones y neutrones, pero los átomos son la última parte más chiquita que mantiene su identidad, sus propiedades y que asociándose con otros átomos diferentes forman compuestos (o moléculas) formando todos los materiales que se conocen, los que brindó la naturaleza y un sinfín de materiales diseñados y construidos por la humanidad. Todo este saber explosivo de los últimos 200 años revolucionó la química, la física y la biología. Utilizando estos pequeños ladrillos, como un juego de bloques, se puede llegar a cualquier ser vivo u objeto material inanimado que nos rodea. No solo en este planeta, en todo el universo formando parte de estrellas, planetas y satélites.

A los físicos nos gusta tomar como origen de la nanociencia la famosa charla *There's Plenty of Room at the Bottom* (Hay mucho espacio allá abajo) del carismático Richard Feynman donde, en 1959, planteó la idea de manipular átomos individuales. Pero no utilizó el término nanotecnología. Quién acuñó por primera vez el término nanotecnología fue Norio Taniguchi, un ingeniero japonés, de la Universidad de Tokio. En 1974 publicó un artículo titulado "On the Basic Concept of Nano-Technology" (Sobre el concepto básico de la nanotecnología). Taniguchi trabajó en las décadas de 1960 y 1970 con películas delgadas de semiconductores y su fresado utilizando haces de iones, proceso que ayudó a la miniaturización de transistores en electrónica y de los dispositivos electrónicos que hoy usamos a diario. El verdadero boom comunicacional surge a mediados de los '80 de la mano de un ingeniero del MIT, Eric Drexler y su libro de 1986 "Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology" (Motores de creación: La era venidera de la nanotecnología). Influenciado por los avances en el campo de la biología molecular y en el desarrollo en 1981 de la microscopía de túnel de barrido (STM) que permitió "ver y mover átomos". Drexler definió la nanotecnología como la manipulación controlada de estructuras a escala nanométrica (de 1 a 100 nanómetros) para

Rodolfo D. Sánchez¹

Dr. en Física, Director del INN entre 2021 y 2024
sanchezrodolfo@bariloche@gmail.com

¹ Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN),
CNEA-CONICET, Centro Atómico Bariloche, Comisión
Nacional de Energía Atómica.

DESDE LA PATAGONIA

fabricar materiales, dispositivos o sistemas funcionales, planteando una revolución industrial a escala atómica, donde la materia se podría programar como software.

¿Y qué es un nanómetro?

El nanómetro se simboliza como "nm" y es una medida de longitud. "Nano" es un prefijo del metro, lo mismo que en la palabra milímetro (mm), "mili" y "m" son los prefijos de metro. Un milímetro, es el resultado de dividir un metro en 1.000 partes iguales. Si seguimos "dividiendo" como propusieron los filósofos griegos, el resultado de dividir un milímetro un millón de veces en partes iguales es un nanómetro. Claro que no lo podemos ver con el ojo como vemos las rayitas los milímetros en una regla, ni siquiera con las lentes o con los microscopios ópticos se pueden ver. Necesitamos lentes más potentes como los microscopios electrónicos o los de efecto túnel. Sería muy engoroso escribir en notación decimal 0,000000001 m y probablemente nos equivocaríamos fácilmente al contar los ceros. Esto se simplifica con la notación exponencial 10^{-9} m donde en el exponente (-9) el signo negativo indica que se trata de ceros luego de la coma decimal y el 9 es cantidad de ceros (incluyendo el que está antes de la coma). Pero lo más fácil es usar prefijos y cada vez que nos referirnos al nanómetro lo escribimos como "nm" sabiendo que 1 nm equivale a 0,000000001 m, es decir 10^{-9} m). La idea que nos tiene que quedar es que la nanotecnología es la disciplina en la que se trabaja y manipula la materia a escala de los nanómetros. El dominio de la materia a escala nanométrica no solo implica acceder a la miniaturización, sino que, además, permite encontrar nuevas propiedades en los materiales al reducir su tamaño. Por ejemplo, cuando se hacen partículas de un imán a escala nanométrica, el material deja de ser un imán. También, podemos mencionar como otro ejemplo, cuando un metal es fabricado en la nanoescala se convierte en un semiconductor y en algunos casos (como el oro), cambia su color (el oro deja de ser amarillo). Como decía Richard Feynman, hay todo un mundo allá abajo y ciertamente nos abrió a los científicos una puerta a un mundo prácticamente inexplorado.

La aparición del libro de Drexler y el grado de madurez del conocimiento científico y habilidades técnicas, inspiró a científicos, a proponer nuevos temas para tesis doctorales, trabajos científicos y retos tecnológicos. En los años '90, muchos jóvenes argentinos terminamos nuestras tesis doctorales y, siendo épocas de ajuste, se cerraron los ingresos a la carrera de investigador, particularmente de la institución que se encarga

de sostener la producción de conocimiento en todas las áreas, el CONICET. Por eso, esas camadas jóvenes seguimos nuestras carreras en el exterior y algunos tuvimos la posibilidad de realizar posdoctorados en temas de nanociencia y/o nanotecnología. Podemos decir que era uno de los temas "de moda" en la física, la química, la salud, la farmacología, la cosmética y la ingeniería de materiales. Este impulso fue motivando a muchos gobiernos a participar en iniciativas apoyando el área. Una de las más importantes por su volumen de inversión fue la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de EE.UU. en el año 2000.

Volviendo al cine

En 1968 se estrenó la película 2001 Odisea del espacio, de Stanley Kubrick, una película de ciencia ficción que aborda temas como la evolución humana, la tecnología, la inteligencia artificial y la vida extraterrestre. A fines de los '90, se volvió a abrir la carrera de Investigador Científico en CONICET y algunos pudimos volver al país y comenzar nuestras carreras ya con un puesto en planta permanente. El año 2001 en Argentina fue otra odisea, ni la de Kubrick ni la que describe Homero del viaje de Ulises al regresar a Ítaca tras la Guerra de Troya. La ciencia argentina también se vio afectada nuevamente, y ahora por una nueva crisis económica donde aparecieron pseudomonedas, bonos y formas más primitivas de intercambio como el trueque. En ese contexto, los que regresamos a nuestro país y habíamos adquirido algún saber relacionado con la nanociencia, comenzamos a agruparnos. Inicialmente nos reunimos una veintena de investigadores pertenecientes en su mayoría a diferentes Divisiones de la Gerencia de Física del Centro Atómico Bariloche (CAB) en CNEA. Iniciamos reuniones y un recorrido para agruparnos en torno a la temática de Nanociencia y Nanotecnología. Estábamos aportando nuevas líneas de investigación en nuestros laboratorios y tras la idea de generar proyectos comunes, colaboraciones, infraestructura, equipamiento, recursos y actividades relacionadas con la temática. Para formalizar este grupo comenzamos haciendo una reunión para contar nuestras líneas de trabajo e incentivar las conexiones a la cual llamamos "Encuentro de Superficies y Materiales Nanoestructurados" (ver Figura 1). Para su décima edición, estos encuentros empezaron a convertirse en una reunión de carácter nacional y anual, rotando con diferentes centros académicos y geográficos del país donde se realizan actividades de nanociencia.

El contexto mundial de crecimiento de la nanociencia y proliferación de centros de investigación en la te-

DESDE LA PATAGONIA

Imagen: Gentileza del autor.



Figura 1. Participantes del “X Encuentro de Superficies y Materiales Nanoestructurados” que se realizó en San Carlos de Bariloche en 2010.

mática era profundamente motivante para que se desarrollara la experiencia en nuestro país. A nivel local, durante el período 2001 a 2010, hubo varios hechos concretos que impactaron para incorporar equipamiento relevante e infraestructura. Entre ellos podemos mencionar el cierre de la Fundación Antorchas y su último llamado a financiar importantes proyectos de investigación, dentro del cual uno en Física. También aparecieron nuevos instrumentos del Estado como los Proyectos de Modernización de Equipamiento (PME), los Proyectos de Áreas de Vacancias (PAV), de Redes y el llamado a un Proyecto de Área Estratégica (PAE) resultando todos ellos aportes imprescindibles. Hoy, instrumentos discontinuados y sin alternativas.

Al ser un gran número de investigadores de CONICET, con lugar de trabajo en la CNEA, estaba latente la idea de crear un instituto de doble pertenencia CNEA-CONICET. En este marco se originó el germen para comenzar el camino de construcción del Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN) tal como lo conocemos hoy. Sin embargo, este proyecto de doble dependencia debió esperar un tiempo y afianzarse institucionalmente, primero en la CNEA entre 2010 y 2017. De la CNEA se consiguió dar un impulso importante mediante un Proyecto de Inversión para equipamiento y construir una Sala Limpia en Bariloche, inaugurada formalmente en abril de 2012. Esta sala concentra gran parte del equipamiento adquirido,

Imagen: Gentileza del autor.



44

Figura 2. A la izquierda, detalle de la platina del nanomanipulador que va en la cámara del microscopio electrónico de barrido, donde están sus actuadores piezoelectrónicos y las cuatro puntas de prueba. A la derecha, en la Sala limpia del INN-CAB, operando el Microscopio SEM y su nanomanipulador.

DESDE LA PATAGONIA

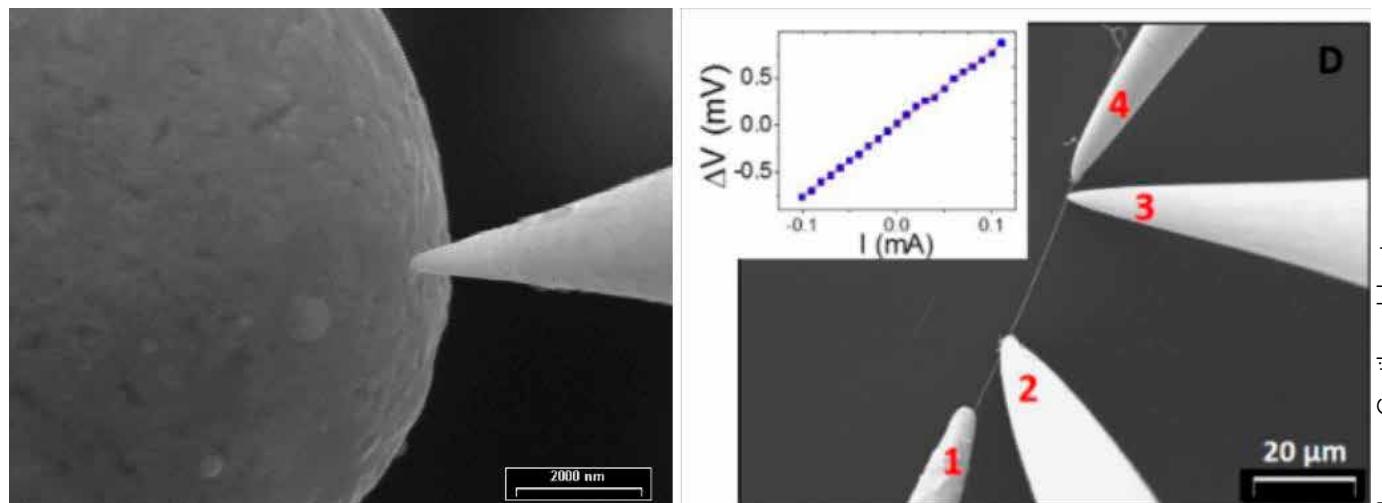


Imagen: Gentileza del autor.

Figura 3. A la izquierda, arrastrando una microesfera de óxido. A la derecha, el contacto con las cuatro puntas de prueba del nanomanipulador sobre un nanohilo de plata. Sobre las puntas número 1 y número 4 pasa la corriente y sobre las puntas 2 y 3 se mide la caída de voltaje eléctrico, graficada en el recuadro.

nuevo equipamiento de fabricación, de caracterización y de química. La transversalidad fundacional del grupo ha permitido la participación y enriquecimiento de los laboratorios tradicionales.

En julio de 2017 se firmó el Acuerdo Específico entre CNEA y CONICET conducente a la creación de la "Unidad Ejecutora Instituto de Nanociencia y Nanotecnología".

En los párrafos anteriores, relaté sucintamente un poco la historia institucional. En lo particular, una de las líneas de trabajo que desarrollamos desde nuestro grupo es la nanomanipulación de objetos y estudio de sus propiedades eléctricas. El nanomanipulador es una herramienta que trabaja dentro de un microscopio electrónico de barrido y que permite colocar nanoestructuras individuales sobre contactos eléctricos o sobre un sensor magnético (por dar un par de ejemplos) y así poder hacer otros experimentos fuera de la sala de preparación.

El nanomanipulador

El nanomanipulador consta de una platina con cuatro pequeños dedos robóticos, basado en piezoelectrónicos formando picomotores y/o actuadores de tipo telescopico, los cuales terminan en puntas de tungsteno (ver Figura 2). El movimiento de cada punta se comanda con un joystick. Estas puntas, a través de una sistemática laboriosa deben ser tratadas para evitar la formación de una capa de óxido en su superficie y evitar resistencias espurias, no deseadas en el contacto. Las puntas tienen entre 10 y 50 nanómetros en su

extremo y permiten tocar, desplazar (ver Figura 3) o ubicar objetos sobre un dispositivo. También, apoyando las puntas, por ejemplo, de un nanohilo (ver Figura 3) y con un equipamiento adicional, podemos medir las propiedades eléctricas de un solo objeto. Se pasa una corriente de un determinado valor desde la punta número 1 al nanohilo y sale de este por la punta número 4. Entre las puntas 2 y 3 se mide la diferencia de potencial eléctrico que se genera tras el paso de la corriente. Para diferentes corrientes eléctricas se obtienen diferentes valores de voltaje y en este caso una respuesta lineal (ver recuadro en el gráfico de la Figura 3). El signo de los valores graficados describe el sentido de circulación de la corriente.

Epílogo

Por los vaivenes político-económicos de la Argentina, este camino desde 2001 de la nanotecnología en la Patagonia, no ha sido fácil y hemos atravesado discontinuidades, crisis y algunos momentos muy satisfactorios. Hasta hoy ha sido una verdadera odisea y, aunque los avances no hayan sido como nos hubiera gustado, sin duda los pocos pasos que hemos logrado dar nos muestra que más allá de las metas y logros que se pueden alcanzar, lo importante es poder transitar el camino. Y este ha sido un viaje fantástico.

DESDE LA PATAGONIA

UN PREMIO A LA CIENCIA QUE ABRAZA LOS SABERES DE LOS AGRICULTORES FAMILIARES PATAGÓNICOS

por Ana H. Ladio

En tiempos que desafían a la ciencia y a la Universidad en nuestro país, la labor de jóvenes investigadores como Catalina Rico Lenta se convierte en un faro de esperanza. Este año, Catalina recibió el prestigioso Premio de Investigación Schultes 2025, otorgado por la Sociedad de Etnobotánica (Society for Ethnobotany). Este galardón, uno de los más importantes en su campo, no solo celebra su labor académica, sino que también marca un hito histórico, ya que es la primera vez que una joven latinoamericana recibe esta distinción.

Esta prestigiosa sociedad científica, con sede en Estados Unidos, es una organización sin fines de lucro dedicada a promover la investigación y la divulgación científica de la etnobotánica, que estudia los vínculos entre las personas y las plantas, en sus usos históricos, contemporáneos y potenciales. Este premio se entrega anualmente desde 2001 a estudiantes o egresados y egresadas recientes cuyas investigaciones se destaque en el campo de la etnobotánica. El Premio Schultes, conmemora a Richard Evans Schultes (1915–2001), un reconocido etnobotánico que estudió a las plantas útiles del Amazonas, destacándose su aporte en el mundo de las plantas alucinógenas y narcóticas de Sudamérica. Se lo ha llamado el “padre de la etnobotánica”.

Catalina nació en Buenos Aires, se licenció en Ciencias Biológicas en la Universidad de Buenos Aires, y realizó una Maestría en Sociedad y Biodiversidad en el Museo Nacional de Historia Natural de París (Francia). En 2022, regresó al país para radicarse en San Carlos de Bariloche y comenzar sus estudios de doctorado en el Grupo de Etnobiología del INIBIOMA (Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente). Catalina es actualmente becaria del CONICET, alumna del Doctorado de Biología de nuestra Universidad. Desde que llegó al grupo, nos inspiró con su espíritu crítico, su calidad humana y su compromiso incluyi-

ble con las comunidades y el territorio. Amante de la montaña y de los gatos, que según ella “son parte fundamental de su vida”, siempre está atenta a las palabras de las personas sobre lo que piensa acerca de la naturaleza (ver Figura 1).

La ciencia que escucha

El trabajo que le valió este premio es parte de su tesis doctoral, una investigación etnobiológica que busca comprender cómo se adaptan al cambio socioambiental los agricultores y agricultoras familiares del Norte de la Patagonia, específicamente en los parajes de El Manso y Villa Llanquín de la provincia de Río Negro. A través de entrevistas, caminatas junto a colaboradores, y talleres participativos, y desde una mirada que une lo biológico y lo social, analiza cómo estas comunidades interpretan los cambios ambientales,



Imagen: Gentileza de la autora.

Figura 1. Catalina Rico Lenta compartiendo semillas locales de la Feria de Agricultores Familiares del Nahuel Huapi, luego de un taller realizado en el INIBIOMA.

Ana H. Ladio¹

Dra. en Biología

ladioah@comahue-conicet.gob.ar

DESDE LA PATAGONIA

¿Qué es el conocimiento ecológico local?

Este concepto se refiere al conjunto de saberes y prácticas sobre el ambiente (plantas, animales, cuerpos de agua, montañas, suelos, etc.) que es específico y único de cada lugar, y que mayormente se aprende en contacto directo con los territorios. Se forja en la experiencia cotidiana y se transmite, principalmente de forma oral, de mayores a jóvenes y niños, a través de historias, canciones, ceremonias y, sobre todo, en la práctica diaria. Este conocimiento no es estático; es un saber vivo que se adapta y enriquece en forma continua con nuevas experiencias y observaciones. A pesar de su inmenso valor, su vitalidad se ve amenazada por múltiples factores sociales, culturales y ambientales.

qué señales utilizan para anticiparse y cómo ajustan sus prácticas de monitoreo, manejo y cuidado del territorio. En este sentido, Catalina ha señalado: "Pensamos a los agricultores como gestores de la biodiversidad local y de la conservación. Son ellos quienes están ahí, poniendo el cuerpo. Nuestro objetivo es romper con la idea de que solo el conocimiento académico tiene valor. El conocimiento local, construido desde la práctica cotidiana, ha sido históricamente ignorado por la ciencia institucional". Su trabajo propone una revalorización del conocimiento ecológico local que poseen los campesinos, usualmente invisibilizado en

los discursos académicos sobre la sustentabilidad.

Catalina ha participado de varios artículos científicos y capítulos de libro, así como numerosas actividades de comunicación de la ciencia. Sus publicaciones abordan los conocimientos ecológicos locales ligados a la soberanía alimentaria, el uso sustentable de plantas comestibles nativas y exóticas, y el estudio de prácticas de manejo de plagas hortícolas, entre otros. También, ha participado en trabajos sobre la aplicación de la etnobiología en la escuela para incentivar la valoración de los saberes ambientales entre niños y niñas.



Figura 2. Catalina Rico Lenta y el equipo de Etnobiología del INIBIOMA junto a agricultores familiares luego del taller participativo titulado ¿Cómo nos preparamos frente a los cambios ambientales que se vienen?

DESDE LA PATAGONIA

Reconocimientos que alientan

Catalina, también fue premiada este año con un subsidio para estudiantes de la Fundación Neotropical Grassland Conservancy (Conservación de los Pastizales Neotropicales), una organización sin fines de lucro, también de Estados Unidos, que desde 2001 apoya la conservación de pastizales y ecosistemas asociados en América Latina. Efectivamente, parte de las familias con las que trabaja Catalina habitan la estepa patagónica, un ambiente atravesado por la vida ganadera y hortícola desde largo tiempo en la región. También, en 2024, la Sociedad Argentina de Agroecología otorgó un subsidio clave para fortalecer los talleres participativos con agricultores (ver Figura 2). Estos encuentros son espacios de trabajo colaborativo donde, a través de un diálogo horizontal y una escucha respetuosa, se fomenta el empoderamiento de los y las participantes. En este marco, el rol del equipo científico es exclusivamente el de facilitar la conversación, asegurando un intercambio equitativo de saberes.

Su premiación es un ejemplo de valentía y esfuerzo. Valentía por adentrarse en una disciplina de complejo abordaje multidimensional, muchas veces incomprendida por las miradas más clásicas de las ciencias ecológicas. Esfuerzo, porque aún en los momentos más crudos, Catalina revindica el trabajo colectivo y empático con sus compañeros y con las comunidades, promoviendo el diálogo de saberes entre el conocimiento académico y el conocimiento ecológico local. Como ella misma argumentó "El premio Shultes 2025 es una palmada en el hombro, porque en este contexto tan complicado para el país en general, y para la ciencia en particular, es un reconocimiento muy importante a la excelencia académica que tenemos en Argentina y todo lo que eso significa. Está bueno tener ese reconocimiento personal y también, obviamente, al grupo de trabajo, ya que sin ellos y ellas no sería posible hacer

este trabajo; así que en un momento donde se desvaloriza tanto a la ciencia, a los científicos y científicas, es muy importante ver que afuera se le da valor a ese trabajo, que sigue siendo muy bueno". Reflejo de su compromiso con una ciencia más accesible, Catalina y sus compañeros y compañeras de equipo publicaron un artículo en 2024 alertando sobre el futuro incierto de la disciplina. En una decisión orientada a superar la hegemonía del inglés y democratizar el conocimiento, el trabajo fue editado en español e inglés. Sus conclusiones, basadas en una encuesta a etnobiólogos y etnobiólogas de toda Argentina muestra la preocupación de los jóvenes sobre los desafíos de poder practicar esta disciplina en el futuro.

En definitiva, el trabajo de Catalina encarna el ideal de una ciencia de calidad y con justicia social, construyendo los puentes necesarios para unir saberes destinados a encontrarse.

Para ampliar este tema

Rico Lenta, C., Ladio, A. H., Rovere, A. (2023). Niñez y conocimientos ecológicos locales de los bosques Andino-Patagónicos de Argentina. Recomendaciones para el trabajo etnobiológico en el aula. *Ethnoscien-
cia*, 8 (3): 30–53. [\[Disponible en Internet\]](#)

Rico Lenta, C., Grimaldi, P. A. y Ladio, A. H. (2025). El futuro de la etnobiología argentina en peligro. *Ethnobiology and Conservation*, 14:03. [\[Disponible en Internet\]](#)

DESDE LA PATAGONIA

CIENCIA Y COMUNIDAD

LA HISTORIA DEL INIBIOMA ABIERTO

Desde sus inicios hasta hoy, el INIBIOMA Abierto se ha consolidado como un proyecto institucional ampliamente participativo que acerca la ciencia a la sociedad, conectando comunidad, ciencia y educación.

por **R. Daniel García, Valeria L. Martín-Albarracín y María Eugenia Ghio**

La ciencia no es ajena a la comunidad: nace, crece y se transforma en diálogo constante con ella. Aunque con frecuencia la asociamos con laboratorios silenciosos, microscopios y artículos académicos, en realidad se construye en un entramado social mucho más amplio. Los descubrimientos y las preguntas que impulsan la investigación surgen de la curiosidad humana, pero también de los desafíos concretos de nuestra vida cotidiana: desde cómo potabilizar el agua hasta cómo conservar la biodiversidad en tiempos de cambio climático.

En este sentido, los espacios de divulgación científica cumplen un rol fundamental: son los puentes que conectan el conocimiento generado en instituciones académicas con la sociedad que los sostiene. El acercamiento de la ciencia a la comunidad, y en particular a los estudiantes, permite romper con la visión estereotipada de la ciencia como algo aburrido y alejado de la cotidaneidad y así, tal vez, estimular vocaciones científicas en niñas y niños. Una experiencia destacable es el INIBIOMA Abierto, organizado por el Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), que se ha consolidado en Bariloche como un ejemplo de cómo la ciencia se involucra con la comunidad.

Roberto Daniel García¹

Dr. en Biología
garciarobertodaniel@gmail.com

Valeria L. Martín-Albarracín¹

Dra. en Biología
valemartinalba@gmail.com

María Eugenia Ghio²

Lic. en Ciencias de la Comunicación
mghio@comahue-conicet.gob.ar

¹ Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (CONICET - Universidad Nacional del Comahue)

² Centro Científico Tecnológico Patagonia Norte (CONICET)

Los comienzos

La primera edición del INIBIOMA Abierto se realizó en 2017, aunque su preparación comenzó un año antes, con un debate sobre la necesidad de abrir las puertas del Instituto. En esa instancia participó el Consejo Directivo y se evaluaron diversas propuestas. Una de ellas fue organizar charlas de divulgación y debate sobre ecología, biodiversidad y medioambiente, fuera de la institución, en un espacio más accesible para la comunidad.

En 2016 se realizaron seis charlas de divulgación en la Biblioteca Sarmiento, a cargo de científicos/as del INIBIOMA sobre distintos temas vinculados a las líneas de investigación del Instituto. Este ciclo constituyó un impulso para desarrollar en el año 2017 una feria de ciencias que involucrara a escuelas, estudiantes y a la comunidad en general. A diferencia de las charlas, que estaban dirigidas a toda la comunidad, la propuesta del INIBIOMA Abierto fue la realización de una muestra que permitiera una participación más activa de toda la comunidad educativa de la ciudad.

Uno de los desafíos principales fue mantener la misma impronta del proyecto: salir de la institución e ir a lugares de fácil acceso. En este sentido, se logró conseguir el Salón Cultural de Usos Múltiples (SCUM) como sede de la primera edición del INIBIOMA Abierto, ubicado en el centro de la ciudad (ver Figura 1).



Figura 1. Primera edición del INIBIOMA Abierto en el SCUM.

Imagen: R. D. García.

DESDE LA PATAGONIA

El proyecto respondió a la intención de visibilizar las actividades del Instituto y de facilitar a la comunidad el acercamiento a investigaciones en disciplinas tan diversas como la botánica, la zoología, la genética, la paleontología y la ecología, entre otras. Para ello, se ofrecieron stands interactivos de recorrido libre, donde los asistentes pudieran experimentar la ciencia con todos los sentidos y dialogar directamente con los investigadores (ver Figura 2). Además, se propusieron talleres para estudiantes y público en general, junto con charlas y recorridos guiados que permitieron profundizar en cómo son los procesos de investigación y fomentar la curiosidad científica.

Una historia de ciencia viva

Desde su primera edición, el INIBIOMA Abierto fue creciendo y consolidándose hasta llegar hoy a su séptima edición, lo cual refleja el creciente interés, tanto de parte de la comunidad educativa como de la comunidad científica, en generar lazos y momentos de encuentro que permitan el intercambio de saberes. Este crecimiento también da cuenta de la consolidación del INIBIOMA como Instituto de referencia en investigación sobre biodiversidad y medioambiente, así como de las limitaciones y desafíos propios de cada contexto histórico.



Imagen: R. D. García.

50

Figura 2. Escolar interactuando en un stand científico.

2017 - Primera edición. El 5 de junio, en coincidencia con el Día Mundial del Medioambiente, se llevó a cabo la primera edición del INIBIOMA Abierto, un evento que se extendió durante una semana en el SCUM de Bariloche. La propuesta fue novedosa: trasladar los laboratorios desde las distintas sedes del Instituto al centro de la ciudad para que estudiantes y familias pudieran experimentar de primera mano cómo se construye el conocimiento científico. El evento se denominó "INIBIOMA Abierto: la Semana de la Biodiversidad y el Medioambiente". En su lanzamiento fue declarado de Interés Municipal por el Concejo Deliberante de Bariloche.

2018 - Segunda edición. Este año la experiencia se repitió también bajo el nombre "INIBIOMA Abierto: Semana de la Biodiversidad y el Medioambiente". El evento, que se iba a extender durante una semana en el espacio cultural SCUM de Bariloche, debió ser reducido a cuatro días dado que el primer día las condiciones climáticas obligaron a la suspensión de actividades. Esta segunda edición fue declarada de Interés Nacional por el Senado de la Nación Argentina, transformando la propuesta en un evento de gran relevancia dentro de la agenda cultural y educativa de la ciudad.

2019 - Tercera edición. En esta oportunidad surgió la necesidad de sumar un lema que acompañe la muestra, con el propósito de visibilizar y potenciar alguna problemática ambiental o social en particular. Ese lema no fue impuesto, sino elegido de manera conjunta, mediante la votación de los más de 250 integrantes del Instituto, un rasgo que refuerza el carácter participativo del proyecto. El evento se llevó a cabo durante la última semana de agosto, buscando que el clima sea más agradable, teniendo en cuenta la experiencia del año anterior. Bajo el lema "Contaminación por plástico", la feria abordó de lleno una problemática global con fuertes resonancias locales. Los grupos de investigación del Instituto adaptaron sus propuestas para mostrar no solo sus trabajos específicos, sino también cómo la ciencia puede contribuir a un cambio cultural en relación con el consumo y los residuos. En esta ocasión, más de 600 estudiantes visitaron la feria de ciencias.

2020 y 2021. La pandemia obligó a suspender las actividades presenciales. Sin embargo, el paréntesis sirvió para repensar nuevas formas de intercambio con la comunidad, valorando aún más la importancia del encuentro cara a cara.

2022 - Cuarta edición. Este año, el INIBIOMA Abierto se realizó durante dos días en la última semana de septiembre en el Gimnasio Alborada de la

DESDE LA PATAGONIA

ciudad de Bariloche. El evento se llevó a cabo con un lema que actuó como mensaje y motor de acciones: "Con Ciencia Ambiental Ciudadana" y tuvo un fuerte énfasis en la participación activa en temas ambientales. También, se brindó un taller sobre problemáticas ambientales destinado a docentes. En esta oportunidad, más de mil estudiantes visitaron la muestra interactiva.

2022 - Inauguración del edificio del INIBIOMA. En agosto de 2022 se realizó la inauguración oficial del edificio del Instituto en Bariloche. Este espacio de investigación, con una superficie total de 1.650 m² distribuidos en tres niveles, cuenta con 16 oficinas, ocho laboratorios, dos salas de reuniones, una sala para seminarios, un salón comedor y un lactario. Actualmente en estas instalaciones trabajan más de 80 personas, entre investigadores/as, becarios/as, personal de apoyo y de gestión. La construcción del nuevo edificio permitió al INIBIOMA resolver la problemática histórica de espacio, desde su creación en 2007. Además, dispone de espacios comunes para la interacción y la generación de conocimiento en una institución cuya comunidad científica es referente, tanto a nivel nacional como internacional, en sus áreas de investigación.

2023 - Quinta edición. En esta oportunidad, el INIBIOMA Abierto se realizó durante dos días en el Centro Municipal de Arte, Ciencia y Tecnología (ex Puerto San Carlos Bariloche) (ver Figura 3). En esta edición los laboratorios itinerantes del Instituto se presentaron en simultáneo en Bariloche y en las sedes del INIBIOMA en Junín y San Martín de los Andes. El lema elegido fue "Biodiversidad: conocer, valorar y conservar", un mensaje pensado como motor de acciones presentes y futuras.



Imagen: R. D. García.

Figura 3. Quinta edición del INIBIOMA Abierto en el Centro Municipal de Arte, Ciencia y Tecnología.

2024 - Sexta edición. Luego de un proceso de debate entre los miembros del Consejo Directivo del Instituto y tras evaluar diversas propuestas, se decidió realizar esta edición en el recientemente inaugurado edificio del INIBIOMA. La particularidad de esta sede permitió una interacción directa entre científicos y visitantes, quienes pudieron ingresar a los laboratorios donde se lleva a cabo gran parte de las investigaciones. El lema elegido fue "Laboratorios abiertos: conocer y valorar nuestra ciencia", en sintonía con el espíritu de abrir por primera vez las puertas del nuevo edificio. Los espacios comunes se transformaron en puntos de encuentro, donde la comunidad pudo recorrer y conocer la infraestructura científica. Además, se incorporó una propuesta innovadora: la figura del/de la científico/a guía, responsable de recibir a cada grupo de estudiantes, darles la bienvenida y acompañarlos durante las dos horas del recorrido. Su rol no se limitó a orientar la visita, sino que incluyó explicar qué es el CONICET, qué representa el INIBIOMA, cómo funciona y cómo se construye ciencia y tecnología en el país.

2025 - Séptima edición. Este año 1.800 estudiantes de más de 30 escuelas de la ciudad participaron de actividades que incluyeron muestras interactivas, talleres, charlas y juegos, diseñados para despertar la curiosidad científica en niñas, niños y jóvenes (ver Figura 4). Debido a la enorme cantidad de inscriptos, fue preciso incluir un día extra. El lema elegido este año fue "La ciencia de hoy, el país de mañana", el cual acompañó una nueva edición especial: por segunda vez, el evento se realizó en el edificio de INIBIOMA, donde los espacios comunes se transformaron en centros de interacción. La comunidad pudo recorrer parte de la infraestructura científica.



Imagen: R. D. García

Figura 4. Séptima edición del INIBIOMA Abierto en el edificio del instituto.

DESDE LA PATAGONIA

Imagen: V. Martín-Albarracín.



Figura 5. Charla interactiva en los laboratorios del INIBIOMA.

¿Por qué son importantes estos eventos científicos?

En primer lugar, porque la ciencia contemporánea enfrenta desafíos globales que requieren comprensión, valoración y compromiso ciudadano: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la gestión del agua, la transición energética. Ninguna de estas problemáticas puede resolverse en soledad, sino que requieren de un diálogo amplio entre científicos, tomadores de decisiones y sociedad civil.

En segundo lugar, porque la divulgación científica cumple una función democrática. El conocimiento generado en instituciones públicas se financia, en gran medida, con recursos de toda la ciudadanía. Abrir las puertas de los laboratorios no sólo es un gesto de transparencia, sino también de reconocimiento del derecho de acceso al conocimiento (ver Figura 5).

En tercer lugar, las ferias de ciencias abiertas a todo público cumplen un rol fundamental porque acercan a la ciudadanía a los procesos de construcción del conocimiento científico. Al mostrar cómo se hace ciencia, esta iniciativa ayudan a que las personas desarrollen herramientas para evaluar la validez de la informa-

ción y distinguirla de la información falsa que circula en medios y redes sociales. En un contexto donde la falsa información se multiplica a gran velocidad, estos espacios se vuelven esenciales para fortalecer el pensamiento crítico y la confianza de la sociedad en la ciencia.

Finalmente, porque estas experiencias son semilleros de vocaciones. Muchos niños, niñas y adolescentes descubren su interés por la biología, la física o la química en el momento en que un experimento les despierta la curiosidad. El contacto directo con investigadores derriba estereotipos y muestra que la ciencia no es un mundo lejano e inaccesible, sino una posibilidad real de futuro profesional. También, sin darnos cuenta, niñas y niños tienden lazos entre nuestro trabajo y sus hogares, permitiendo que nos acerquemos cada vez más a la sociedad.

Vocaciones que nacen de la curiosidad

Quienes hoy investigan en los laboratorios del INIBIOMA suelen recordar cómo en su infancia algún libro, programa de televisión o docente apasionado les despertó la inquietud por entender la naturaleza.

DESDE LA PATAGONIA

Ferias como INIBIOMA Abierto multiplican esas oportunidades de despertar vocaciones, ya que la dinámica está pensada para que la experiencia sea activa. No se trata de escuchar pasivamente una clase, sino de hacer ciencia: observar a través de lupas y microscopios, experimentar con muestras, recorrer laboratorios, formular preguntas. La curiosidad se estimula con juegos y actividades sensoriales, que permiten comprender fenómenos complejos de manera vivencial.

En ese contacto, los estudiantes descubren también otra dimensión fundamental: la ciencia es un trabajo colectivo. Lejos de la imagen estereotipada del genio solitario, los equipos de investigación muestran cómo se construyen hipótesis, cómo se discuten los resultados y cómo cada disciplina aporta una pieza al gran rompecabezas del conocimiento científico.

El poder de la divulgación científica

La divulgación científica no consiste simplemente en traducir contenidos complejos a un lenguaje accesible. Es, sobre todo, un ejercicio de encuentro. Implica reconocer que el conocimiento científico y el saber cotidiano no son esferas opuestas, sino dimensiones que pueden enriquecerse mutuamente.

En Bariloche, una ciudad atravesada por el turismo, la ciencia, la tecnología y el entorno natural, la divulgación científica adquiere un sentido particular. Eventos como INIBIOMA Abierto permiten que la comunidad se reconozca como parte de un ecosistema donde la ciencia no es ajena, sino profundamente necesaria para la vida diaria: desde la gestión de residuos domiciliarios, hasta la prevención de la transmisión de enfermedades, o la utilización de conocimientos científicos en el diseño de jardines y huertas, por dar algunos ejemplos.

Además, la divulgación abre caminos para la participación ciudadana en la ciencia. El auge de la "ciencia ciudadana" (iniciativas que invitan a cualquier persona interesada a contribuir a la ciencia con datos, observaciones, registros, o saberes) muestra que la sociedad no solo puede ser receptora de conocimiento científico, sino también coproductora. En efecto, los proyectos "Yo vi un abejorro"¹, "Proyecto Vaquitas"² o "Jardines Amigables" son algunas de las actividades impulsadas por el Instituto, que pueden seguirse a través de la cuenta de Instagram del [@inibiomaabierto](#).

¹ Para conocer más sobre el proyecto de ciencia ciudadana "Yo vi un abejorro" ver la nota: [NUEVO LABORATORIO PARA LA CRÍA DE ABEJAS - Arbetman et al.](#), *Desde La Patagonia. Difundiendo Saberes*, 21(38), 43-44.

² Para conocer más sobre el proyecto de ciencia ciudadana "Proyecto Vaquitas" ver la nota: [PROYECTO VAQUITAS - Werenkraut et al.](#), *Desde La Patagonia. Difundiendo Saberes*, 22(39), 42-46.

El futuro de la ciencia en Argentina

En un país donde los recursos para la ciencia y la tecnología suelen estar en debate, ferias como esta se convierten en recordatorios tangibles del valor social de la investigación. Al acercar la ciencia a la comunidad, fortalecen el vínculo entre investigadores y ciudadanía, y ayudan a sostener el apoyo social a la inversión en conocimiento. El lema de la edición 2025, "La ciencia de hoy, el país de mañana", resume de manera precisa esta visión. Apostar por la ciencia no es un lujo, es una inversión estratégica para construir un futuro más justo, sostenible y soberano.

La formación de nuevas generaciones con sensibilidad científica es, en este sentido, una de las claves. No se trata solo de que haya más investigadores en el futuro, sino también de que cualquier ciudadano, sea médico, docente, comerciante o funcionario, tenga herramientas para comprender y valorar la evidencia científica al momento de tomar decisiones.

Desafíos y perspectivas

A pesar de su éxito, INIBIOMA Abierto enfrenta un desafío central: llegar a un público aún más amplio. La mayoría de los participantes provienen del sistema educativo, especialmente de escuelas primarias y secundarias. Ampliar la convocatoria hacia familias, trabajadores de otros sectores y visitantes de la ciudad permitiría que el impacto sea todavía mayor. Otro reto es sostener la feria en el tiempo, garantizando recursos y apoyo institucional. La continuidad es clave para que se transforme en una tradición consolidada, esperada año tras año. Para ello es importante el involucramiento y compromiso de todos los actores intervenientes, entendiendo la dimensión social del evento y su anclaje en la comunidad. Finalmente, la feria invita a reflexionar sobre la necesidad de multiplicar experiencias similares en todo el país. La ciencia argentina se construye en decenas de institutos y laboratorios, muchos de ellos en ciudades pequeñas o medianas. Replicar este modelo en otras localidades podría fortalecer un entramado federal de divulgación científica.

DIPLOMATURA EN HUMEDALES

Una propuesta educativa que une saberes científicos y comunitarios para valorar, comprender y proteger los humedales como espacios esenciales para la vida y el equilibrio ambiental regional.

por Julieta Palacios, Silvina Iribarne, Ariel Gajardo y Lucrecia Avilés

La Diplomatura Universitaria en Extensión en Humedales; aprobada por la Resolución del Rectorado N° 0062/24, es una propuesta académica innovadora que se enmarca en el compromiso institucional del Complejo Universitario Regional Zona Atlántica y Sur (CURZAS), de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), con la educación ambiental y la conservación de ecosistemas. La propuesta estuvo abierta a la comunidad en general mayores de 18 años con secundario completo. La iniciativa fue implementada entre agosto y noviembre de 2024 y surgió desde el Proyecto de Extensión Universitario: Puesta en valor de los ecosistemas acuáticos del Valle Inferior del Río Negro Ord. N° 069/23 CS. Esta formación académica responde a la necesidad de capacitar recursos humanos para la interpretación, gestión y puesta en valor de los humedales, con un énfasis particular en el Valle Inferior del Río Negro. Por el momento no se volverá a dictar, pero en el caso de que se requiera se pueden contactar con la Secretaría de Extensión del CURZAS en su página web <https://web.curza.uncoma.edu.ar>

Esta región de alto valor ecológico, productivo y social, alberga numerosos cuerpos de agua superficiales e interconectados con el cauce principal del río Negro. En ellos prospera una vegetación particular, adaptada a las condiciones de saturación hídrica, que da origen a un ecosistema singular, con pequeños relictos y resabios del gran humedal original que modelan un paisaje de gran belleza y relevancia ambiental. En estos acuíferos se desarrolla un tipo de vegetación que responde a las características del lugar y está asociada al elemento más abundante, el agua. Este gran ecosistema de humedales naturales se encuentra replicado decenas de veces en la zona con superficies variable y con modificaciones debidas a acciones humanas, albergando una importante diversidad vegetal y animal, especialmente en lo referente a la riqueza ornitológica.

Desarrollo de la experiencia

El objetivo general de la Diplomatura fue brindar a los inscriptos los conocimientos y herramientas conceptuales y metodológicas necesarias para la comprensión integral y gestión de los humedales. Los objetivos específicos fueron: socializar herramientas de trabajo aportadas por la enseñanza de la ecología y destinadas a poner en valor los servicios ecosistémicos; comprender el funcionamiento básico de diversos ámbitos naturales para concientizar sobre su cuidado y orientar a los participantes en los conocimientos necesarios para interpretar la complejidad de los ecosistemas acuáticos y su fundamental importancia local y global. Para desarrollar este trayecto formativo participaron activamente un equipo interdisciplinario del CURZAS formado por los profesionales: Silvina Iribarne, Lucrecia Avilés, Ariel Gajardo, Julieta Palacios, Pablo Pérez Chiteri y María Luján Fernández; de la UNRN: Carlos Bezic y Álvaro López Vicente, y como referentes zonales del tema: Carolina Román y Edgardo Intrieri. Las actividades se estructuraron en torno a contenidos mínimos como: ecología de los humedales, diversidad y caracterización, bioindicadores biológicos, conservación, identificación de flora y fauna,

Julieta Palacios¹

Esp. en Educación mediada por tecnología digital
julieta.palacios@curza.uncoma.edu.ar

Silvina Iribarne¹

Lic. en Cs. Biológicas
silvina.ribarne@curza.uncoma.edu.ar

Ariel Gajardo¹

Dr. en Agronomía
oagajard@uncoma.edu.ar

Lucrecia Avilés¹

Especialista en aplicaciones tecnológicas de la energía nuclear
lucreaviles@gmail.com

¹ Universidad Nacional del Comahue - Complejo Universitario Regional Zona Atlántica y Sur (CURZAS). Viedma, Río Negro.

DESDE LA PATAGONIA

Imagen: Gentileza de los autores.



Figura 1. Escenas de clases presenciales.

enseñanza del ambiente, pautas de observación y cuidado del medio ambiente.

La Diplomatura se implementó bajo una modalidad mixta que combinó clases presenciales (ver Figura 1), encuentros virtuales y salidas de campo a los humedales cercanos. El diseño metodológico priorizó la participación activa, el trabajo en territorio y el diálogo interdisciplinario. Durante el cursado, se desarrollaron cinco actividades para vincular los saberes académicos con las problemáticas territoriales concretas.

Microorganismos de los humedales

El objetivo de esta actividad fue comprender la diversidad e importancia ecológica de los microorganismos presentes en ambientes acuáticos de humedales,

mediante la recolección, análisis y observación microscópica de muestras de agua, con el fin de relacionar su presencia con las características físico-químicas del entorno. Esta experiencia se desarrolló en dos jornadas y una salida de campo, en donde se realizó una visita al humedal más cercano próximo al Instituto Nacional de Tecnología Alimentaria (INTA), donde los y las cursantes participaron en la recolección de muestras. Durante dicha actividad se registraron también parámetros ambientales básicos como la temperatura del agua, el pH y la ubicación geográfica, utilizando instrumentos de medición portátiles. Además, se efectuaron observaciones cualitativas sobre el entorno natural, como el tipo de vegetación, estado del agua y posibles fuentes de impacto antrópico. Esta instancia permitió vincular los contenidos teóricos con la realidad del ecosistema local y promover el trabajo colaborativo en campo (ver Figura 2).

La segunda jornada, consistió en el análisis en el laboratorio del CURZAS, donde los participantes realizaron la preparación y observación microscópica de las muestras recolectadas. Se emplearon diferentes aumentos en lupa binocular, para identificar microorganismos tales como algas unicelulares, protozoos y metazoos, es decir pequeños organismos acuáticos. Cada grupo registró sus observaciones mediante dibujos, fotografías y fichas descriptivas, destacando las diferencias morfológicas y de movilidad entre los organismos observados. Esta instancia permitió reflexionar



Figura 3. A) Salida de campo al humedal y muestreo del cuerpo de agua. B) Recolección de una muestra de agua en el humedal. C) Observación en lupa binocular de plantas acuáticas y algas del humedal.

Imagen: Gentileza de los autores.

DESDE LA PATAGONIA

sobre el papel fundamental de los microorganismos en la dinámica y equilibrio de los humedales, su función en los ciclos biogeoquímicos y su relación con la calidad del agua.

Humedales en conflicto

El objetivo de esta actividad fue desarrollar una investigación periodística en línea con un caso público de conflicto relacionado con la conservación de un humedal de interés nacional en Argentina, con el propósito de comprender las interacciones entre los aspectos ecológicos, sociales, económicos y políticos que intervienen en su gestión y preservación. Para ello se desarrolló una búsqueda, análisis y sistematización de información periodística y documental disponible en medios digitales, informes institucionales y comunicados de organismos oficiales. Los participantes seleccionaron distintos casos emblemáticos, como los humedales del Delta del Paraná, del Valle de Punilla o de la Laguna de Rocha, que han sido objeto de controversias vinculadas al uso del suelo, la expansión urbana o las actividades productivas. Se examinaron también los marcos normativos vigentes, tanto a nivel nacional como provincial, incluyendo la Ley General del Ambiente (N° 25.675), la Ley de Bosques Nativos (N° 26.331), y los proyectos de Ley de Humedales, actualmente en debate legislativo. Asimismo, se identificaron los actores sociales involucrados, tales como organismos de gobierno, organizaciones no gubernamentales, movimientos ambientales y comunidades locales, analizando sus diferentes posiciones, intereses y estrategias de acción.

El análisis de este trabajo permitió visibilizar los impactos ambientales y sociales derivados de los conflictos, como la pérdida de biodiversidad, la contaminación del agua o la afectación de modos de vida tradicionales, y comprender la complejidad de las tensiones entre desarrollo económico y conservación ecológica. Finalmente, cada grupo de los participantes elaboró una síntesis periodística con propuestas de resolución o medidas de gestión sostenible, destacando la necesidad de una gestión compartida y una educación ambiental que fomente la valoración de los humedales como bienes comunes.

Vegetación en los humedales

Con esta actividad nos propusimos obtener una caracterización y evaluación de la sustentabilidad ecológica del humedal a partir del relevamiento de especies vegetales y la observación de aves, con el fin de analizar la composición, estructura y relación de este con los distintos microambientes presentes en el eco-

sistema. Para ello, se estableció un diseño de muestreo sistemático, que incluyó la determinación del tamaño mínimo de muestra, la delimitación de parcelas de observación y el conteo de individuos por unidad de superficie.

Con los datos obtenidos se calcularon indicadores básicos de estructura de la comunidad vegetal, como la riqueza específica, que consiste en el número de especies registradas y la densidad, que es el número de individuos de cada especie por metro cuadrado, lo que permitió realizar un análisis comparativo entre diferentes sectores del humedal. Esta etapa favoreció la comprensión de cómo varían las comunidades vegetales en función de factores ambientales como la humedad del suelo, la profundidad del agua y el grado de perturbación antrópica.

Durante el relevamiento, se efectuó además un registro cualitativo de la vegetación distinguiendo especies flotantes, emergentes, arbustivas y de ribera, y se elaboró un esquema de zonificación vegetal que representó la distribución de categorías de especies conforme al gradiente de distancia respecto al espejo de agua (ver Figura 3A).

Por otro lado, se realizaron observaciones complementarias de avifauna asociada, identificando aves acuáticas y de ribera cuya presencia se vincula directamente con la estructura vegetal y la disponibilidad de refugio y alimento (ver Figuras 3B y 3C).

Comunicación y divulgación ambiental

Este trabajo tuvo como objetivo promover la comunicación pública del conocimiento sobre los humedales mediante la elaboración de materiales gráficos de divulgación científica, con el propósito de sensibilizar a la comunidad acerca de su valor ecológico y social. Por lo que los participantes tuvieron que realizar un flyer informativo en conmemoración del Día Mundial de los Humedales que es el 2 de febrero. El trabajo implicó la búsqueda, selección y síntesis de información relevante sobre estos ecosistemas, destacando su importancia en la conservación de la biodiversidad, la provisión de agua dulce, la regulación de inundaciones y la mitigación del cambio climático.

Durante el proceso, se trabajó con criterios de comunicación visual y claridad conceptual, utilizando lenguaje accesible, datos verificables y elementos gráficos que favorecieron la comprensión del mensaje por parte de un público amplio. Cada grupo diseñó una propuesta creativa que integró texto, imagen e identidad visual, buscando generar conciencia sobre la necesidad de proteger y restaurar los humedales locales (ver Figura 4).

DESDE LA PATAGONIA



Figura 3. A) Estudiantes trabajando en clases presenciales en el CURZAS. B) Observación de garzas en el humedal visitado. C) Salida de campo al humedal.

La actividad permitió además reflexionar sobre el rol de la educación ambiental y la extensión universitaria como herramientas de transformación social, fomentando la responsabilidad ciudadana y el compromiso con el territorio.

Planificación de proyectos educativos

Este trabajo tuvo como objetivo diseñar una secuencia de actividades educativas orientadas al nivel medio, integrando saberes teóricos y prácticos sobre los humedales, con el fin de promover aprendizajes significativos y fortalecer la conciencia ambiental a través de propuestas pedagógicas contextualizadas. Para ello el trabajo se centró en la planificación de proyectos educativos que articulen la enseñanza de contenidos ambientales con la participación activa de los estudiantes. Para ello se elaboró una secuencia didáctica

estructurada en tres etapas: diagnóstico, desarrollo y evaluación, que contempló la adecuación de las actividades a los intereses cognitivos y niveles de comprensión del grupo destinatario. Asimismo, se propuso el uso de recursos didácticos diversos (grillas, fichas de campo, materiales audiovisuales y herramientas digitales) que favorecieron la construcción colaborativa del conocimiento.

Reflexiones finales

Podemos concluir que estas cinco actividades desarrolladas a lo largo de la Diplomatura en Humedales, permitieron a los participantes integrar teoría y práctica, fortaleciendo tanto el conocimiento científico como las competencias técnicas y pedagógicas. A través de la observación de microorganismos, el análisis de la vegetación y fauna, la investigación periodística,

Imagen: Gentileza de los autores.

DESDE LA PATAGONIA



Figura 4. Material informativo y de comunicación realizado por los estudiantes de la diplomatura con motivo de la conmemoración del Día Mundial de los Humedales.

la divulgación ambiental y la planificación de proyectos educativos, comprendieron la complejidad de los humedales como sistemas ecológicos y sociales. Cada actividad promovió la adquisición de habilidades específicas, desde el manejo de instrumentos de laboratorio y técnicas de muestreo hasta la síntesis de información para la comunicación pública y la elaboración de propuestas educativas contextualizadas. Asimismo, a través de ellas se fomentaron la capacidad de análisis crítico, el trabajo colaborativo y la conciencia ambiental, evidenciando cómo la participación activa y la aplicación del conocimiento contribuyen a la conservación y valoración de los humedales. En conjunto, estas actividades demostraron que la experiencia de aprendizaje práctico fue clave para utilizar los conocimientos específicos abordados como herramientas para analizar las problemáticas socioambientales locales y preparar a los participantes para desempeñarse como agentes activos en la gestión, protección y divulgación de los humedales.

Trece estudiantes finalizaron y aprobaron la Diplomatura, evidenciando la efectividad de este espacio de formación. En términos de impacto estratégico regional, esta actividad académica se consolidó como un espacio clave para la educación ambiental, fortaleciendo la gestión participativa, la interdisciplinariedad y la conservación de los humedales como ecosistemas fundamentales para la sostenibilidad. Los resultados sugieren que es oportuno proyectar nuevas ediciones y fortalecer los vínculos interinstitucionales para ampliar su alcance. Con una alta proyección y potencial de replicabilidad, la Diplomatura de Extensión Universitaria en Humedales, se posiciona como un modelo innovador de vinculación científico-social en torno a temáticas ambientales complejas. En este sentido, fortalece la relación entre la universidad y la comunidad, asegurando que el conocimiento se transforme en acción concreta, compromiso ciudadano y cuidado efectivo de los humedales. Esperamos algún día poder repetir esta actividad académica, si fuera solicitada por la Institución.

RESEÑA DE LIBRO

Estudios sobre sociedad, economía y territorio en Bariloche I

Facundo E. Malvicino, Tomás A. Guevara y H. Martín Civitaresi, Comp.

2022.

ISBN 978-987-4960-79-5

Editorial UNRN, Primera Edición, Viedma, Argentina,

310 pp.

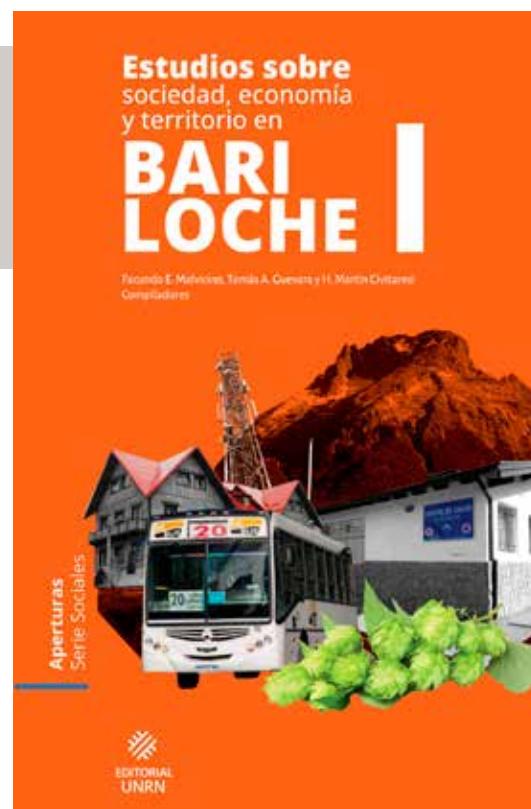
En español.

Reseña realizada por Juan Manuel Chicaval

Centro Interdisciplinario de Estudios sobre Territorio, Economía y Sociedad (CIETES), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). jmchicaval@unrn.edu.ar

Este libro reúne un conjunto de trabajos académicos que generan un valioso aporte analítico en torno a los desafíos urbanos y la estructura económica de San Carlos de Bariloche. Esta compilación constituye una base sólida de argumentos teóricos y empíricos para futuras indagaciones que quieran seguir estos lineamientos de investigación. El libro se organiza en dos partes. La primera contiene estudios que problematizan la configuración y la dinámica territorial de la ciudad, así como las limitaciones institucionales del gobierno local. La segunda, trabajos que caracterizan la matriz productiva de Bariloche y discuten el grado de diversificación en sectores.

La primera parte consta de siete capítulos y cada uno presenta un análisis original sobre problemáticas urbanas específicas. En el primer capítulo su autora relaciona la trayectoria institucional de la ciudad con el ordenamiento territorial, y se enfoca en la construcción de las desigualdades socioeconómicas en Pampa de Huenuleo. Por su parte, en el segundo, los autores fundamentan la vulnerabilidad económica y social a partir de la estructura productiva poco diversificada y el complejo entramado institucional local. En el tercer capítulo, se problematiza la falta de autonomía para definir y alcanzar objetivos de políticas públicas en función de la debilidad financiera del municipio. En el cuarto, los autores indagan la actividad inmobiliaria y se centran en la desigual distribución de la tierra entre los grupos sociales. Por su parte, el autor del capítulo cinco se pregunta por las asimetrías espaciales y cuestiona las desigualdades en los desplazamientos diarios de ciudadanos de distintos barrios, mientras que en el sexto se cuestionan los grandes proyectos urbanos, los centros invernales de esquí y el desequilibrado desa-



rrollo del territorio que se puede generar. Para finalizar, el último capítulo se refiere a la incapacidad municipal de desplegar un plan estratégico de infraestructura y se pregunta por la falta de regulación y el poder de las empresas.

La segunda parte se organiza en cuatro capítulos, y cada uno construye nuevos datos cuantitativos para interpretar e identificar características de la economía local. Así, en primer lugar, su autor remarca la importancia de la actividad turística, el empleo público y el sector científico tecnológico, y alerta sobre la vulnerabilidad de Bariloche ante el desempeño de la economía nacional y los factores naturales. El segundo capítulo resalta la participación del sector intensivo en conocimiento, especialmente la rama de alta tecnología, y debate con el supuesto de que la ciudad es mono productiva turística. En el tercer capítulo, los autores se introducen en las ventajas de la aglomeración territorial de las empresas chocolateras y cómo estas contribuyen a la generación de empleo, contratación de proveedores y consolidación del empresariado local. En el cuarto y último, se indaga el sistema agroalimentario cervecero artesanal y se profundiza sobre los eslabones de la cadena de valor, las estrategias de comercialización y los actores que se concatenan.

Los trabajos presentados en estos dos apartados constituyen una enriquecedora contribución al campo de estudio social, económico y territorial. Sin dudas, la literatura compilada permite comprender y explicar problemas urbanos y económicos concernientes a la ciudad de Bariloche, a través de distintos marcos conceptuales y diversa construcción de datos.

FÍSICA DEL EFECTO KONDO

DEL ENIGMA A LA NANOESCALA

El efecto Kondo explica el comportamiento extraño de los electrones en metales con impurezas magnéticas a bajas temperaturas. Este fenómeno ha impulsado tanto desarrollos teóricos como aplicaciones en nanotecnología.

Diego Pérez Daroca y Pablo Roura-Bas

Cuando pensamos en física, es común relacionarla con agujeros negros, galaxias distantes y partículas subatómicas viajando casi a la velocidad de la luz en gigantescos aceleradores como el famoso perteneciente a la Organización Europea para la Investigación Nuclear que conserva sus siglas originales del francés: *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN). Pero la física también se ocupa de algo mucho más cercano: la materia tal como la encontramos todos los días, en sólidos y líquidos, en metales, plásticos, imanes, cristales y dispositivos electrónicos.

Esta rama de la física se llama materia condensada y es, a nivel mundial, el área en la que trabajan la mayor cantidad de físicos. La materia condensada se ocupa, en términos generales, de estados de la materia donde los átomos están densamente agrupados. Pero lo interesante no es solo la estructura de estos materiales, sino las propiedades colectivas que emergen cuando un número muy grande de partículas interactúan. En general, estas son propiedades difíciles de predecir si uno observa solo una partícula a la vez.

Un ejemplo simple es la sal: una molécula de cloruro de sodio no es ni dura, ni blanca, ni cúbica. Pero al agruparse en un cristal, esas propiedades aparecen.

Palabras clave: bajas temperaturas, efecto Kondo, materia condensada, punto cuántico, resistencia eléctrica.

Diego Pérez Daroca^{1,3}

Dr. en Ciencias Físicas

dperezdaroca@conicet.gov.ar

Pablo Roura-Bas^{2,3}

Dr. en Ciencias Físicas

¹ Departamento de Física de la Materia Condensada, GlyA, GAIDI, CNEA

² Centro Atómico Bariloche (CAB) GAIDI, CNEA

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Otros materiales, más complejos, exhiben fenómenos aún más extraños, comportamientos que parecen sacados de la ciencia ficción y que, sin embargo, se estudian en laboratorios de todo el mundo.

A lo largo del último siglo, el estudio de la materia condensada ha generado enormes avances tecnológicos. El transistor, piedra fundamental de toda la electrónica moderna, nació gracias a la comprensión de los materiales semiconductores (ver Glosario). Las pantallas de los celulares, las memorias magnéticas, los paneles solares y las luces LED, por mencionar solo algunos, tienen su origen en descubrimientos hechos por físicos de esta área.

En este artículo nos ocuparemos de uno de los fenómenos asombrosos que estudia la física de la materia condensada, el efecto Kondo.

El enigma

A fines del siglo XIX, el hidrógeno y el helio eran los únicos gases que aún no se había logrado licuar. La licuefacción de gases estaba motivada por el deseo de comprender mejor los estados de la materia y poner a prueba las teorías emergentes de la termodinámica. Las investigaciones de la época querían explorar cómo se comportaban los gases a temperaturas extremas, cercanas al cero absoluto (ver Glosario) y observar fenómenos nuevos en ese régimen de temperaturas, como posibles transiciones de fase o cambios en las propiedades moleculares. Desde el punto de vista tecnológico y práctico, licuar gases ofrecía nuevas posibilidades para el desarrollo de técnicas de refrigeración, conservación de alimentos y aplicaciones industriales.

Sin embargo, para licuar un gas es necesario reducir su temperatura por debajo de cierto valor crítico, y en el caso del hidrógeno y el helio, eso implicaba alcanzar temperaturas extremadamente bajas, cercanas al cero absoluto, un desafío tecnológico formidable para la época.

Fue en este contexto que el físico escocés James Dewar diseñó un recipiente de doble pared con vacío en el medio, que aislaba térmicamente el contenido

y minimizaba las pérdidas de calor. Ese invento, que hoy conocemos simplemente como termo, nació como una herramienta de investigación científica.

Gracias a este diseño y a métodos de enfriamiento en cascada, Dewar logró licuar hidrógeno en 1898. Pero el gran hito llegó en 1908, cuando Heike Kamerlingh Onnes, en los Países Bajos, logró licuar helio, bajando la temperatura hasta unos pocos grados por encima del cero absoluto, $-273,15^{\circ}\text{C}$. Por ese logro fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1913.

Una vez que se logró licuar el helio comenzó un programa de estudio sobre la resistencia eléctrica de diversos metales a muy bajas temperaturas. La resistencia eléctrica es la propiedad que tienen los materiales de oponerse al paso de la corriente eléctrica, generando una pérdida de energía en forma de calor. Esta resistencia surge porque los electrones que se desplazan bajo un campo eléctrico chocan con los átomos y defectos del material, lo que reduce su velocidad neta y dificulta el flujo de corriente. Además de su interés como ciencia básica, estos estudios se motivaban también porque, conociendo cómo cambia la resistencia de un metal con la temperatura y con una calibración adecuada, es posible usarla como termómetro criogénicos.

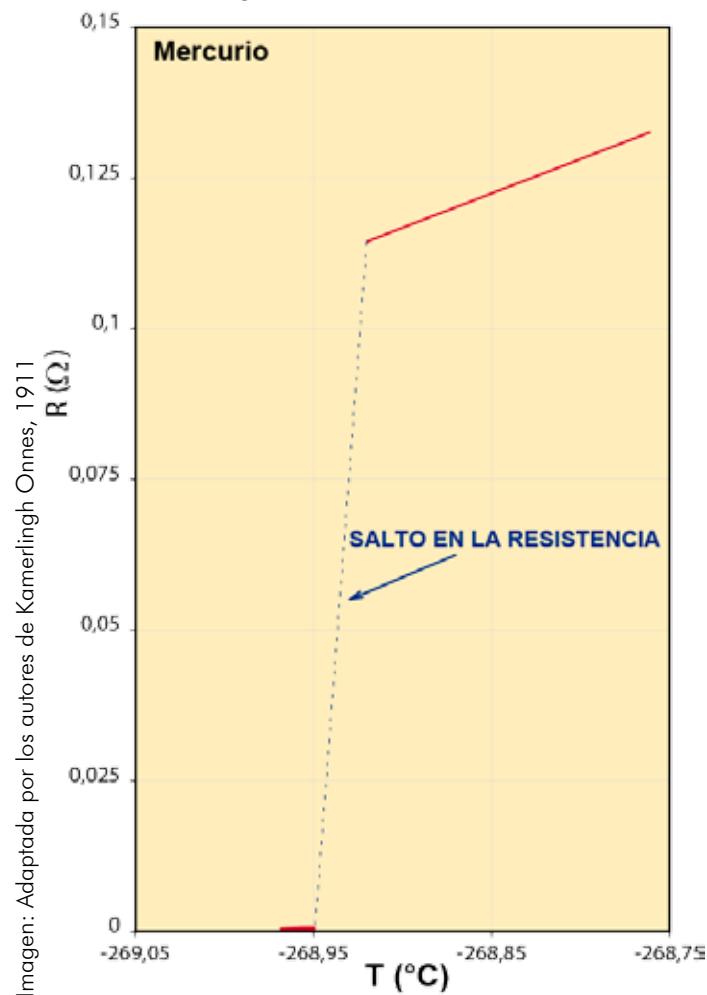


Figura 1. Resistencia eléctrica del mercurio en función de la temperatura, mostrando la transición superconductora, se ve como la resistencia cae a cero.

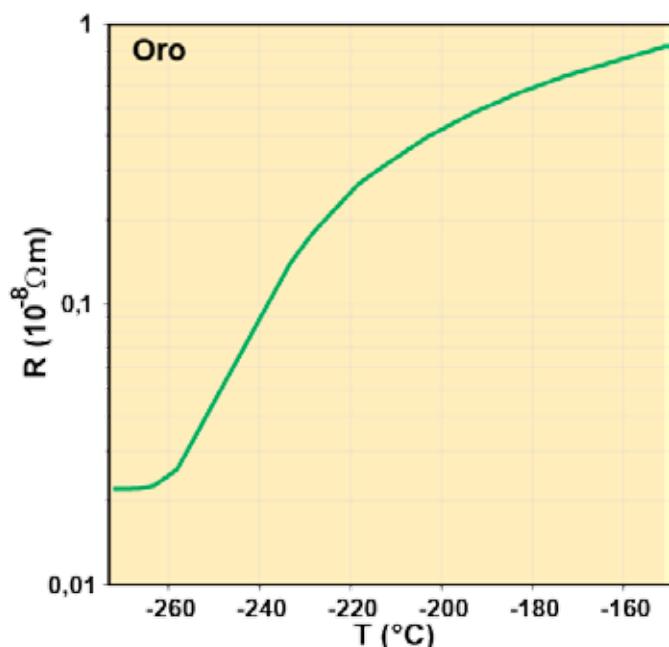


Figura 2. Resistividad del oro en función de la temperatura, mostrando el *plateau* al que se llega a bajas temperaturas debido a la presencia de defectos en el material. A diferencia de la resistencia, la resistividad es una propiedad propia del material, independiente de su tamaño o forma.

En 1911, Heike Kamerlingh Onnes y colaboradores midieron la resistencia del mercurio a temperaturas muy bajas y observaron una abrupta caída a cero al descender por debajo de los $-268,95^{\circ}\text{C}$ (ver Figura 1). Este hallazgo marcó el sorprendente descubrimiento de la superconductividad, un estado en el que la electricidad fluye sin ninguna resistencia.

Sin embargo, en otros metales como el oro o el cobre, la resistencia no desaparecía por completo. En su lugar, se estabilizaba en un valor constante llamado resistencia residual (ver Figura 2), determinado por impurezas y defectos.

En estado sólido, la mayoría de los elementos se organizan en estructuras cristalinas, es decir, en arreglos periódicos y ordenados de átomos. Sin embargo, los materiales reales no son perfectos: presentan irregularidades en su estructura llamadas defectos cristalinos (ver Figura 3). Entre ellos se encuentran las

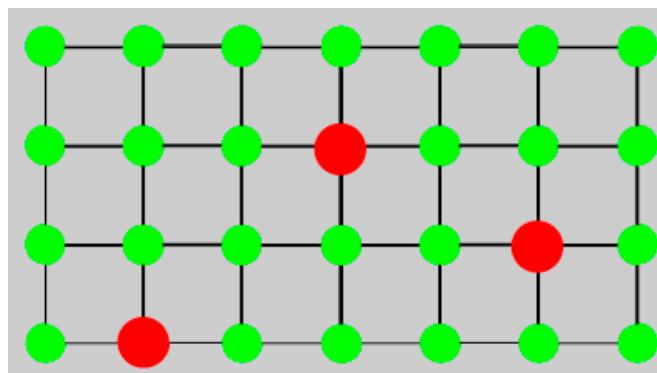


Figura 3. Esquema de estructura cristalina periódica con impurezas (círculos rojos).

Imagen: Gentileza de los autores, con datos de Matuta, 1979.

Imagen: Adaptada por los autores de De Haas *et al.*, 1934.

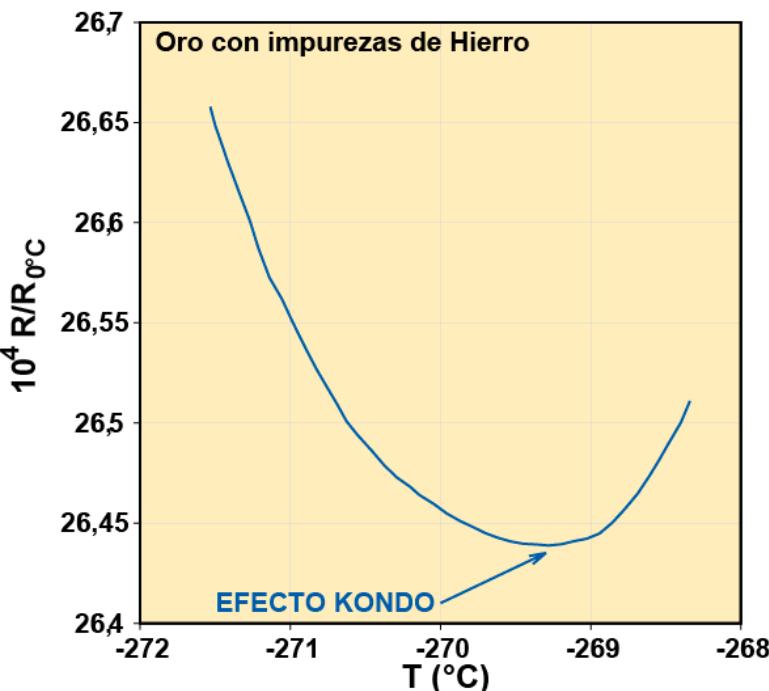


Figura 4. Resistencia eléctrica, normalizada al valor a temperatura 0 °C, del oro en función de la temperatura, mostrando el mínimo debido a las impurezas magnéticas.

impurezas, que aparecen cuando átomos de otros elementos se incorporan a la red del material, las vacancias, que corresponden a la ausencia de átomos, y también desplazamientos o desalineaciones entre los planos atómicos.

En 1934, otro resultado obtenido en el laboratorio de Kamerlingh Onnes desconcertó a los físicos. Un grupo liderado por Wander de Haas observó que, al enfriar una muestra de oro con impurezas, la resistencia no se estabilizaba en un valor residual, sino que dejaba de disminuir y comenzaba a aumentar (ver Figura 4). Contra toda lógica, el material ofrecía más oposición al paso de la corriente cuanto más frío estaba. Este comportamiento no encajaba en ninguna teoría existente. A este fenómeno posteriormente se lo llamó efecto Kondo.

Pistas iniciales

Hacia los años '50 si bien aún no se contaba con una explicación de este singular efecto, se habían logrado avances experimentales notables. Después de muchos y variados experimentos se comprendió que el efecto Kondo se manifestaba únicamente en presencia de impurezas magnéticas en metales. Es decir, las impurezas se comportan como pequeños imanes. Ejemplos típicos de elementos con estas características son el hierro o el cobalto. Estas impurezas se insertan en la red cristalina de un metal no magnético, como el oro o el cobre, generando efectos inusuales en la resistencia. También, se descubrió que el fenómeno se manifestaba cuando las impurezas estaban muy diluidas. De ahí que se hable de impureza única y que la resistencia adicional observada sea proporcional al

número de impurezas (ver Figura 5). Esta figura muestra el comportamiento típico en el régimen diluido, donde el efecto depende de la concentración de impurezas, pero sin interacción entre ellas.

A comienzos de los años '50, el físico francés Jacques Friedel en la universidad de Bristol aportó una de las primeras pistas desde el lado teórico para comenzar a entender el efecto Kondo.

En los metales, la red cristalina de átomos deja a algunos electrones libres para moverse por todo el material. En lugar de pertenecer a un átomo en particular, forman lo que se suele llamar un mar de electrones que rodea a la estructura periódica y les da a los metales sus propiedades más características. A los electrones que forman este mar se los llama electrones de conducción.

Friedel descubrió que una impureza no pasa desapercibida para los electrones del metal: alrededor de ella el mar de electrones se reorganiza, generando pequeñas ondas en la distribución de electrones alrededor de la impureza, que reflejan cómo el metal se adapta a su presencia. No es que los electrones queden atrapados, sino que el metal responde y se adapta a la presencia de algo extraño, mostrando que incluso una sola impureza puede alterar el comportamiento colectivo de los electrones de conducción del metal, como si todo el sistema notara su presencia.

Otro paso significativo lo dio el físico Philip Anderson en los laboratorios de la empresa norteamericana Bell en 1961 al profundizar la idea de Friedel. Anderson introdujo un modelo que se utiliza para entender qué ocurre cuando se introduce una impureza en un metal, y fue más allá de la descripción de Friedel, que se

Imagen: Adaptada por los autores de Franck et al., 1961.

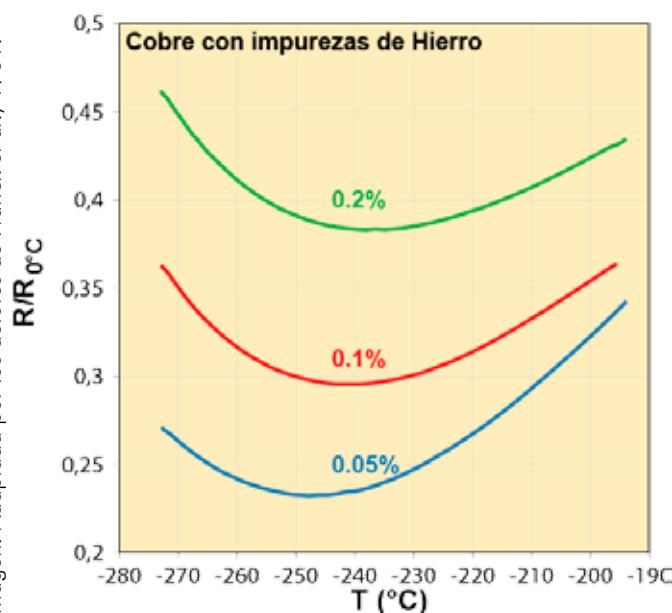


Figura 5. Resistencia eléctrica del cobre, normalizada al valor a temperatura 0 °C, en función de la temperatura mostrando la dependencia del mínimo con el porcentaje de impurezas magnéticas de hierro.

había limitado a mostrar cómo el mar de electrones se acomoda frente a ella. La impureza aporta un nivel de energía (ver Glosario) local, un lugar donde un electrón puede quedar “atrapado”. Si dos electrones intentan ocupar ese mismo nivel, se repelen fuertemente debido a su carga eléctrica. Por eso, normalmente, el nivel termina teniendo uno o ningún electrón, y un único electrón puede comportarse como un imán muy pequeño.

Un electrón en el nivel de la impureza se comporta como un pequeño imán, porque su espín (ver Glosario) no tiene con quién cancelarse. Si el nivel estuviera ocupado por dos electrones, sus espines se orientan en direcciones opuestas y sus efectos magnéticos se anulan, por lo que no habría un imán neto. Por eso, el comportamiento magnético de la impureza aparece principalmente cuando hay un solo electrón en el nivel local.

Cuando la impureza tiene un solo electrón desapareado en su último nivel de energía, el modelo de Anderson permite describir el comportamiento de una impureza magnética dentro del metal. Sin embargo, en los años '60, aunque el modelo de Anderson capturaba la idea del espín local (es decir, un espín confinado en la impureza y no distribuido por todo el metal) y su interacción con los electrones del metal, no podía explicar por qué la resistencia del metal aumentaba al enfriarlo, como se observaba en el efecto Kondo. Esto se debía a que los fenómenos que producen este aumento surgen de interacciones muy complejas entre muchos electrones, difíciles de calcular con los métodos disponibles en esa época. En otras palabras, el modelo contenía la física correcta, pero

faltaban herramientas matemáticas para resolverlo completamente y predecir el comportamiento a bajas temperaturas.

Por estas y otras contribuciones a la física de materiales con desorden e impurezas, Anderson recibió el Premio Nobel de Física en 1977. Su modelo fue una de las piedras fundamentales para lo que vendría después.

Jun Kondo

En 1964, el físico japonés Jun Kondo (ver Figura 6), en lo que hoy es el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzadas, en Tokio, tomó un enfoque más sencillo para entender el mismo fenómeno. En lugar de considerar cómo estaban organizados los niveles de energía de la impureza, como hacía Anderson, Kondo se enfocó solo en la interacción entre el espín local de la impureza y los electrones del metal, describiéndola con lo que hoy se conoce como modelo de Kondo, una versión simplificada donde el protagonista es el espín de la impureza, que corresponde al electrón desapareado de valencia del átomo de impureza. Este espín queda rodeado por los espines de los electrones del metal, que se orientan en la dirección opuesta para neutralizarlo.

Gracias a esta simplificación, Kondo pudo usar técnicas matemáticas perturbativas, un tipo de cálculo matemático que funciona cuando la interacción entre



Imagen: The Japan Academy, Wikimedia Commons.

Figura 6. Fotografía de Jun Kondo.

el espín de la impureza y los electrones del metal es relativamente débil, para calcular cómo esta interacción afectaba la resistencia del metal a bajas temperaturas. Su trabajo mostró claramente que la resistencia aumenta al enfriar el metal, reproduciendo el comportamiento observado experimentalmente.

Sin embargo, el modelo de Kondo tiene una limitación importante: cuando la interacción se vuelve muy fuerte a bajas temperaturas, las aproximaciones perturbativas dejan de ser válidas. Por eso, aunque reproduce correctamente el aumento inicial de la resistencia, no describe completamente el estado final de la impureza ni la formación completa del efecto Kondo.

Casi completando el rompecabezas

Décadas después de los trabajos de Kondo, los físicos lograron entender con mayor profundidad lo que ocurre a muy bajas temperaturas en un metal con una impureza magnética.

El espín de la impureza tiene la misma magnitud que el de un electrón del metal, pero está mucho más localizado y actúa como un imán puntual bien definido. Para neutralizarlo, no alcanza con un solo electrón itinerante, sino que hace falta la cooperación de muchísimos electrones del metal, que se organizan colectivamente y forman junto con la impureza un estado cuántico compartido, llamado singlete (ver Glosario) de Kondo.

En este estado, una nube de electrones apantalla el espín de la impureza, cambiando radicalmente su influencia sobre los electrones circundantes. Esto tiene un efecto directo sobre la conducción: los electrones involucrados en la correlación no pueden moverse libremente, lo que aumenta la resistencia. A medida que la temperatura baja, la nube se refuerza, incorporando más electrones, hasta que llega un punto en que el apantallamiento se satura y la resistencia deja de crecer, reflejando que el espín de la impureza ha quedado neutralizado.

Para comprender estos fenómenos se desarrollaron nuevas técnicas teóricas: El *Poor Man's Scaling* de Anderson y colaboradores en 1970 proporcionó una forma intuitiva de ver cómo la interacción entre el espín de la impureza y los electrones del metal se fortalece progresivamente al bajar la temperatura, explicando cómo se forma la nube de apantallamiento. La idea detrás del método *Poor Man's Scaling* es sencilla pero poderosa: si el problema completo es demasiado difícil, avancemos paso a paso. Se eliminan gradualmente de la descripción los electrones más energéticos, que a bajas temperaturas ya casi no participan, y se analiza cómo va cambiando la interacción entre el espín de la impureza y los electrones del metal. Al hacerlo, se descubrió que esta interacción se vuelve cada vez más intensa a medida que el sistema se enfriá.

Más tarde, en 1975, el método de grupo de renormalización numérica (conocido por sus siglas en inglés como NRG) de Wilson permitió resolver el problema de manera extremadamente precisa, aunque numérica. Este método permite calcular de forma controlada el comportamiento de la impureza y la resistencia en todo el rango de temperaturas, sin depender de aproximaciones perturbativas que dejan de ser válidas cuando el sistema se acerca al cero absoluto. Es una técnica sistemática que permite seguir el problema paso a paso con la ayuda de computadoras. La idea es dividir el sistema en escalas de energía cada vez más finas (como ir aumentando el zoom) y resolver lo que ocurre en cada una, lo que permite identificar la escala de energía característica del sistema, conocida como temperatura de Kondo (T_K), que marca el régimen donde los efectos de acoplamiento fuerte se vuelven dominantes y se forma el singlete entre el espín del electrón y la impureza. De esta forma se pudo ver la formación completa del singlete, la neutralización total del espín y el comportamiento detallado de la conductancia eléctrica (ver Glosario). La importancia de este avance fue tal que Wilson recibió el Premio Nobel de Física en 1982 por su contribución a la teoría de la renormalización, que transformó la comprensión de muchos sistemas físicos, incluido el efecto Kondo.

Solución exacta

Pocos años después, a principios de los años '80, ocurrió otro hito: se resolvió exactamente el modelo de Kondo, sin necesidad de aproximaciones ni simulaciones. Una solución exacta no solo permite calcular el comportamiento de un sistema sin aproximaciones, sino que también muestra de manera directa cómo se relacionan entre sí las distintas cantidades físicas: al estar todo en una única expresión matemática, es más fácil ver qué depende de qué y entender por qué el sistema se comporta como lo hace. Una solución numérica muy precisa, como la del método NRG, ofrece resultados igualmente confiables, pero funciona como un procedimiento computacional y no siempre deja tan explícitas esas relaciones. Por eso, aunque ambas describen el fenómeno con gran fidelidad, la solución exacta aporta una comprensión más transparente, mientras que la numérica ofrece una herramienta versátil para estudiar casos donde no existe una fórmula de ese tipo.

La solución exacta fue desarrollada, de forma independiente, por los físicos Natan Andrei (en Estados Unidos) y Paul Wiegmann (en la entonces Unión Soviética). Para lograrlo usaron una técnica matemática llamada *Bethe ansatz*, que ya había sido exitosa en el estudio de ciertos sistemas cuánticos con muchas partículas. Este método permite pasar el problema inabordable de muchos electrones y sus interacciones a un conjunto de ecuaciones algebraicas

acopladas que, si bien es muy grande, es manejable y permite calcular una gran cantidad de propiedades del sistema: la energía, la entropía, la capacidad calorífica, la susceptibilidad magnética, y por supuesto, la resistencia eléctrica en función de la temperatura.

¿Qué se descubrió? Que efectivamente, a medida que baja la temperatura, la resistencia eléctrica primero disminuye, alcanza un mínimo, y luego vuelve a subir, estabilizándose en una meseta. Este patrón, que parecía tan extraño al principio, se entendió por completo. En resumen, este comportamiento es el resultado de la interacción cuántica entre el espín del electrón de la impureza y los electrones de conducción del metal, lo que lleva a su apantallamiento y a la formación de un singlete de Kondo. La teoría reproducía con precisión los experimentos.

Pero el impacto fue aún mayor. Esta solución exacta mostró que, aunque el modelo de Kondo trata con muchas partículas interactuando, es matemáticamente tratable. Fue una victoria para la física teórica: un problema real, con un origen experimental claro, podía resolverse de forma exacta y elegante. Y como si fuera poco, esta solución sirvió como punto de partida para estudiar modelos aún más complejos, como el de Anderson, o sistemas con múltiples impurezas.

Nanoescala

Durante años se pensó que el efecto Kondo era exclusivo de sistemas macroscópicos, es decir, sistemas visibles a simple vista, como cables metálicos

con impurezas magnéticas diluidas. Sin embargo, en la década de 1990, mediciones de conductancia eléctrica en puntos cuánticos (ver Glosario) realizadas de manera independiente por Sara M. Cronenwett y colaboradores, y por D. Goldhaber-Gordon y colaboradores desafilaron esta idea. Las mediciones en puntos cuánticos son las que nos permiten hablar de nanoescala, es decir, del dominio de los nanómetros (millonésimas de milímetro), donde los sistemas están formados por muy pocos átomos.

Estos experimentos fueron realizados en un punto cuántico que se conecta mediante dos electrodos, formando un circuito simple. Al ajustar cuidadosamente el número de electrones en el punto cuántico de modo que sea impar, los físicos observaron un pico de conductancia eléctrica a voltaje cero (ver Figura 7).

¿Cómo se relaciona este resultado con el efecto Kondo? Originalmente, el efecto Kondo surge de los estudios realizados en metales con impurezas magnéticas: el espín de un átomo aislado interactúa con los electrones circundantes, formando un estado colectivo a bajas temperaturas. En un punto cuántico con un número impar de electrones ocurre algo análogo: el espín del electrón atrapado actúa como una impureza artificial y se apantalla gracias a la cooperación de los electrones de los electrodos. Esto permite una conducción muy eficiente, que se manifiesta como un pico de conductancia exactamente cuando no se aplica voltaje. Así, la física del efecto Kondo es la misma en ambos casos, aunque se observe de

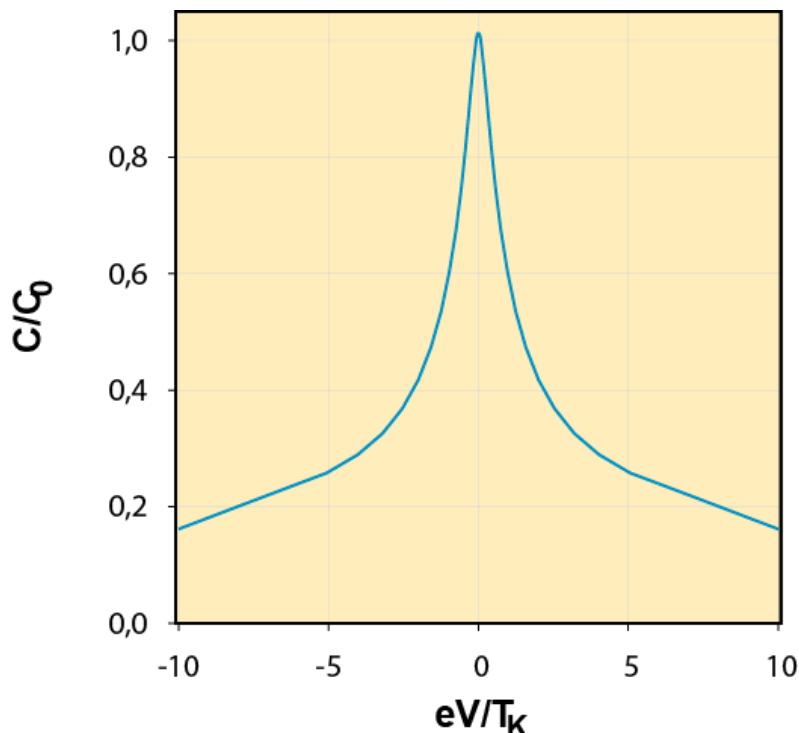


Figura 7. Conductancia normalizada (C/C_0) vs voltaje normalizado (eV/TK), mostrando el pico en cero debido al efecto Kondo; TK es la temperatura de Kondo, escala de energía característica, y $C_0=2e/h$ (e , carga del electrón y h constante de Planck) es la unidad cuántica de conductancia. Resultado de una simulación de transporte eléctrico en un punto cuántico realizada por los autores.

forma distinta: en metales aparece como un mínimo de resistividad, mientras que en puntos cuánticos se manifiesta como un máximo de conductancia.

Este descubrimiento no solo confirmó la universalidad del efecto Kondo, sino que también abrió un campo entero de investigación en nanotecnología, espintrónica y dispositivos cuánticos. Hoy, los puntos cuánticos son herramientas de laboratorio y también plataformas para estudiar la física de muchos cuerpos y probar nuevas teorías. Además, permiten investigar aplicaciones prometedoras, como la computación cuántica basada en espín, donde el espín de los electrones funciona como qubit (ver Glosario) para almacenar y procesar información, así como el desarrollo de sensores y dispositivos nanoelectrónicos que exploran propiedades cuánticas de los electrones.

¿Final?

Del texto sí; del efecto Kondo, no por el momento. Desde su misteriosa aparición en metales con impurezas en los años 1930 hasta su inesperado resurgimiento

en la nanoscala en los años '90, el efecto Kondo ha desafiado y enriquecido nuestra comprensión de los sistemas cuánticos.

La explicación teórica del efecto, iniciada en los años '50, continuada por el aporte clave de Jun Kondo, refinada luego por técnicas como el grupo de renormalización numérica de Wilson y culminada finalmente en la solución exacta de Andrei y Wiegmann, constituye uno de los logros más notables de la física del estado sólido del siglo XX.

El recorrido del efecto Kondo ilustra cómo avanza la ciencia: a veces, una anomalía pequeña y desconcertante puede tardar décadas en entenderse por completo, pero una vez que se hace, abre puertas que nadie había imaginado en el momento de su descubrimiento. Lo que empezó como un detalle extraño en la resistividad de un metal terminó inspirando nuevas teorías, revelando fenómenos cuánticos profundos y encontrando aplicaciones en materiales exóticos, dispositivos nanoscópicos e incluso en tecnologías que aún se están desarrollando.

¿Qué aportamos?

Una de nuestras líneas de investigación está enfocada en estudiar cómo el efecto Kondo influye en el transporte de calor y electricidad en dispositivos formados por dos puntos cuánticos acoplados. Estas estructuras no solo permiten explorar los fundamentos de la física de muchos cuerpos, sino que también abren la puerta al desarrollo de tecnologías para convertir calor en electricidad y controlar el flujo de energía a escala cuántica.

En particular, analizamos el comportamiento termoeléctrico de sistemas formados por dos puntos cuánticos conectados en serie entre dos electrodos metálicos (ver Figura 8). En este tipo de configuraciones, el efecto Kondo puede manifestarse en su forma habitual, vinculada al espín del electrón, pero también en variantes más exóticas, como el denominado Kondo orbital, en el que la fluctuación ocurre entre los estados de ocupación de los dos puntos cuánticos.

Utilizando métodos numéricos avanzados y cálculos computacionales estudiamos cómo el calor y la electricidad fluyen en estos sistemas fuera del equilibrio. Como ejemplo, la Figura 7 muestra la curva típica de conductancia en función del voltaje asociada al efecto Kondo. Descubrimos que, si los puntos están acoplados de forma asimétrica o tienen niveles de energía distintos, se pueden obtener valores inusualmente altos de la eficiencia termoeléctrica. Cuanto mayores son estos valores, mayor es la cantidad de energía útil que puede extraerse del calor, superando ampliamente lo que se obtiene en un punto cuántico aislado.

Otro hallazgo interesante es que observamos rectificación térmica en el sistema. Esto abre la posibilidad de construir un diodo térmico, esto es un dispositivo que deja pasar el calor en una dirección, pero lo bloquea en la otra.

Así, estos dispositivos nos permiten estudiar cómo el efecto Kondo modifica el transporte cuántico en presencia de interacciones fuertes y también ofrecen ideas para nuevas tecnologías de conversión energética, refrigeración local o sensores térmicos cuánticos.

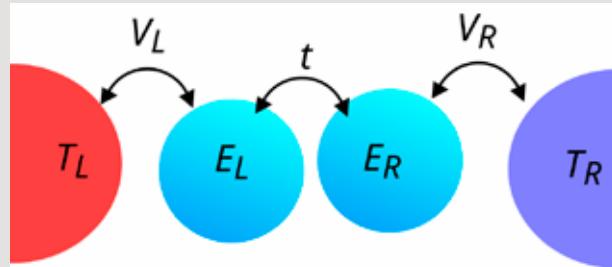


Figura 8. Esquema de la configuración de dos puntos cuánticos de energías E_R y E_L conectados en serie con dos reservorios de cargas con temperaturas T_L y T_R . Las flechas indican el orden de las conexiones entre puntos cuánticos y estos con los reservorios. t , V_L y V_R son las energías de estas conexiones.

Glosario

Semiconductor: material cuya capacidad para conducir electricidad se encuentra a mitad de camino entre la de un conductor (como los metales) y un aislante (como el plástico). Su característica más importante es que su conductividad puede controlarse fácilmente mediante temperatura, luz o pequeñas cantidades de impurezas añadidas (un proceso llamado dopaje). Ejemplo: silicio, usado en chips y dispositivos electrónicos.

Cero absoluto: temperatura más baja posible según las leyes de la física, correspondiente a 0 kelvin (-273,15 °C). En este punto, las partículas tienen la mínima energía térmica posible, por lo que su movimiento se vuelve prácticamente nulo.

Nivel de energía: posición que puede ocupar un electrón dentro de un material, asociada a una cierta cantidad de energía. En los sólidos, los electrones se distribuyen en bandas de energía: la banda de valencia, donde normalmente se encuentran los electrones, y la banda de conducción, donde los electrones pueden moverse libremente y transportar carga.

Espín: propiedad de las partículas subatómicas, como los electrones, que se puede imaginar como una especie de "rotación" interna, aunque no es una rotación física en el espacio. El espín influye en cómo las partículas interactúan con campos magnéticos y otras partículas. Por ejemplo, los electrones pueden tener espín hacia arriba o hacia abajo, lo que afecta su comportamiento, especialmente en procesos como la electricidad y el magnetismo.

Singlete: par de electrones de espines opuestos en el mismo nivel de energía, que dan lugar a un espín total cero.

Conductancia eléctrica: cantidad física que mide cuán fácilmente fluye la corriente a través de un material. Está relacionada de manera inversa con la resistencia: cuanto mayor es la conductancia, menor es la oposición que ofrece el material al paso de la corriente.

Punto cuántico: estructura extremadamente pequeña, del orden de unos pocos nanómetros, formada por entre cientos y miles de átomos. Allí, los electrones no pueden moverse libremente, sino que quedan confinados y solo pueden ocupar ciertos niveles de energía. Estas restricciones dan lugar a propiedades electrónicas y ópticas únicas. Esto puede lograrse mediante heteroestructuras, que son materiales formados por capas de distintos semiconductores. La diferencia entre las capas crea una especie de trampa que mantiene a los electrones dentro de una región muy pequeña, de tamaño nanométrico, permitiendo observar los efectos cuánticos característicos de estos sistemas.

Qubit: (abreviatura de *quantum bit*) unidad básica de información en computación cuántica. A diferencia del bit clásico, que solo puede tomar los valores 0 o 1, un qubit puede estar en una superposición de ambos estados al mismo tiempo. Esto significa que puede comportarse como 0, como 1, o como una mezcla de ambos en distintas proporciones.

Resumen

El efecto Kondo describe el aumento inesperado de la resistencia eléctrica en metales con impurezas magnéticas a bajas temperaturas. Descubierto en los años '30, fue explicado parcialmente en los '60 por Jun Kondo y más tarde comprendido por técnicas como el grupo de renormalización de Wilson y soluciones exactas. En los años '90, resurgió en nanoestructuras como puntos cuánticos, revelando su vigencia en la física contemporánea. El efecto Kondo ejemplifica cómo una anomalía experimental puede terminar dando lugar a interacciones cuánticas profundas y continuar inspirando avances científicos y tecnológicos muchos años después de su descubrimiento.

Para ampliar este tema

Pérez Daroca, D., Roura-Bas, P., and Aligia, A. A. (2018). Enhancing of nonlinear thermoelectric response of a correlated quantum dot in the Kondo regime by asymmetrically coupling to the leads. *Physical Review B*, 97(16): 165433. [[Disponible en Internet](#)]

Jeong, H., Chang, A. M., and Melloch, M. R. (2001). The Kondo effect in an artificial quantum dot molecule. *Science*, 293(5538): 2221–2223. [[Disponible en Internet](#)]

Hewson, A. C., and Kondo, J. (2009). Kondo effect. *Scholarpedia*, 4(3), 7529. [[Disponible en Internet](#)]

Fainstein, A. y Hallberg, K. (2005). La física de alambres moleculares, átomos artificiales y cavidades nanoscópicas. *Ciencia Hoy*, 14(84): 16-23. [[Disponible en Internet](#)]

ETNOBOTÁNICA Y PLANTAS ALIMENTICIAS

LAS INVASORAS AL PLATO

Inspirados en estudios del investigador y divulgador Eduardo "Eddy" Rapoport, realizamos un taller sobre invasiones biológicas y conocimiento local, revalorizando las "buenezas" como alternativa alimenticia accesible frente al cambio ambiental.

Fernando N. Céspedes, Pablo A. Grimaldi, Adriana E. Rovere, Hermeson Carlos dos Santos, Letícia Elias, Ingrid da Silva Lima, Catalina Rico Lenta y Ana H. Ladio

Palabras clave: alimentos, ciencia ciudadana, conocimiento local ambiental, diversidad, trasmisión del conocimiento.

Fernando N. Céspedes^{1,2}

Mg. en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas
fernandonicolascespedes@gmail.com

Pablo A. Grimaldi²

Biólogo
pablogrimaldi@comahue-conicet.gob.ar

Adriana E. Rovere²

Dra. en Biología
arovere@comahue-conicet.gob.ar

Hermeson Carlos dos Santos³

Mg. en Biología Vegetal
hermeson.carlos@ufpe.br

Letícia Elias³

Mg. en Biología Vegetal
letdominicini@gmail.com

Ingrid da Silva Lima³

Mg. en Etnobiología y Conservación de la Naturaleza
ingrid.lima@ufpe.br

Catalina Rico Lenta²

Mg. en Sociedades y Biodiversidad
catalina.rico@comahue-conicet.gob.ar

Ana H. Ladio²

Dra. en Biología
ahladio@gmail.com

¹ Cátedra de Botánica Agrícola, Instituto para el Desarrollo Agropecuario del Semiárido (INDEAS), Facultad de Agronomía y Agroindustrias (UNSE)

² Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA, CONICET-UNCo)

³ Laboratorio de Ecología y Evolución de Sistemas Socioecológicos (LEA) de la Universidad Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil

Recibido: 11/06/2025. Aceptado: 17/11/2025

Nuestra alimentación diaria está compuesta por una diversidad de alimentos de origen animal y vegetal. De las plantas aprovechamos distintas partes: frutas y semillas (como la manzana y el girasol), flores (como el brócoli, la alcachofa y la coliflor), tallos (como la papa y los espárragos), raíces (como la zanahoria, el nabo y el rabanito) y hojas (como la acelga, la lechuga y la espinaca).

Organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) advierten que la diversidad alimentaria en la sociedad actual está disminuyendo de manera preocupante. Se estima que cerca del 90% de los alimentos que forman parte de nuestra dieta provienen sólo de 20 especies de plantas, y más del 50% de las calorías que consumimos en el mundo dependen exclusivamente de cuatro cultivos: maíz, trigo, arroz y papa. Frente a esta situación, vale la pena hacernos una pregunta sencilla pero reveladora: ¿Cuántas plantas distintas consumimos habitualmente? La respuesta probablemente nos sorprenda.

Este panorama, en el que muy pocas especies vegetales forman la base de nuestra alimentación, contrasta fuertemente con la enorme diversidad de plantas comestibles que nos rodean y cuyos usos suelen ser desconocidos. Muchas de estas especies han sido estudiadas por la ciencia y se las conoce como Plantas Alimenticias No Convencionales (PANC). Este grupo incluye una gran variedad (con distintas partes comestibles) que poseen alto valor nutricional y cultural, pero que, por distintos motivos, hoy no se cultivan a gran escala ni forman parte habitual de nuestra dieta.

En la Patagonia norte, y en particular en la ciudad de Bariloche y sus alrededores, existe una sorprendente riqueza y abundancia de PANC. Son especies que crecen de manera espontánea en bosques, márgenes de caminos, terrenos baldíos, jardines, e incluso dentro de huertas. En un estudio local se estimó que estas plantas pueden alcanzar rendimientos significativos: alrededor de 1.300 kg/ha en baldíos, 3.000 kg/ha en huertas, 1.000 kg/

ha en calles y 1.300 kg/ha en márgenes de rutas. Se calcula que hay alrededor de 200 especies silvestres que podrían incorporarse a nuestra alimentación cotidiana.

Particularmente, hacemos hincapié en aquellas plantas exóticas (ver Glosario), que provienen de otras regiones y continentes, que pueden comportarse como invasoras (ver Glosario), y que son consideradas perjudiciales para la regeneración de la vegetación nativa (ver Glosario). En este artículo los invitamos a sumergirse en el mundo de las PANC, conocidas localmente como "buenezas", tal como las ha nombrado el investigador y divulgador Eduardo "Eddy" Rapoport (ver Recuadro). A partir de la organización de un taller participativo desarrollado en Bariloche en el marco de la Semana Nacional de la Ciencia 2025 junto a asistentes voluntarios, nos propusimos reflexionar colectivamente sobre el uso de algunas de estas plantas como recursos alimenticios alternativos.

Frente al problema ambiental de las especies exóticas invasoras, la actividad buscó resignificar especies silvestres urbanas mediante el conocimiento local, el diálogo intergeneracional y la creación de mandalas de saberes (ver más abajo). Así, se propuso valorar su importancia cultural, ecológica y alimentaria, y pensar alternativas sostenibles ante la crisis ambiental.

De malezas a buenezas: otra mirada

Eddy, reconocido ecólogo y biogeógrafo, propuso el término "buenezas" para resignificar a aquellas especies vegetales comúnmente consideradas como malezas. Desde esta mirada tradicional, todas las plantas que crecen donde "no deberían" suelen recibir una connotación negativa: son vistas como intrusas, molestas o inútiles. Sin embargo, muchas de estas especies son abundantes, no necesitan ser sembradas, crecen y se cuidan solas, y, además, pueden servirnos como alimento. Son parte de la naturaleza, y no por crecer libremente son malas; todo lo contrario, pueden ser muy buenas.

Con un pensamiento crítico e innovador frente a los enfoques convencionales de la ciencia, Eddy propuso mirarlas con otros lentes. En un contexto de creciente proliferación de plantas exóticas en distintos ambientes patagónicos, fenómeno que denominó "contaminación por especies", invitó a repensar el lugar que le damos a estas especies silvestres, muchas veces llamadas "invasoras".

Así, muchas de estas especies vegetales exóticas que son catalogadas como malezas, pueden ser reinterpretadas como buenezas: plantas que, lejos de representar solo una amenaza, ofrecen oportunidades. Su abundancia, su capacidad para crecer sin cuidados y su disponibilidad gratuita se transforman en ventajas. Si además reconocemos



Imagen: A. H. Ladio.

Eduardo "Eddy" Rapoport (1927-2017) Un pionero de la ecología con mirada humana

Nacido en Buenos Aires, Eduardo Rapoport fue un referente de la ecología y la biogeografía en Argentina. Tras doctorarse en Ciencias Naturales por la Universidad Nacional de la Plata, desarrolló una prolífica carrera que lo llevó a trabajar en instituciones como la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), siendo ideario y fundador del Laboratorio Ecotono (actual INIBIO-MA). Su enfoque interdisciplinario, que combinaba botánica, ecología y hasta antropología, lo destacó como un científico innovador.

Más allá de sus contribuciones teóricas, como sus estudios sobre gradientes altitudinales y biodiversidad (conocido como efecto Rapoport), se interesó por el conocimiento aplicado. En la ciudad de Bariloche, investigó sobre las malezas comestibles, plantas silvestres con alto valor nutricional y ecológico, rescatando saberes tradicionales y promoviendo su uso sustentable. Esta labor, plasmada en su libro *Malezas comestibles del Cono Sur* (1997), reflejaba su convicción: la ciencia debía servir para mejorar la vida de las comunidades.

Reconocido por sus pares como una persona afable, humilde y democrática, con un humor característico y una curiosidad incansable, Eddy formó generaciones de investigadores, a los que transmitió la importancia de observar la naturaleza con rigor y creatividad. Su legado perdurará no solo en publicaciones científicas, sino también en su visión de una ecología cercana a la gente, donde el conocimiento se traduzca en soluciones concretas.

su valor nutricional y culinario, estas especies dejan de ser simplemente intrusas y pueden convertirse en aliadas. Al incluirlas en nuestra alimentación, no solo diversificamos sabores, colores y texturas, sino que también contribuimos activamente a su manejo.

Si no puedes vencerlas, cómetelas

Desde hace mucho tiempo, las personas hemos contribuido a la diseminación de plantas invasoras. Ya en antiguos asentamientos humanos, el manejo de especies invasoras procedentes de otras regiones -a través de su recolección, procesamiento y descarte- generaba condiciones favorables para que estas plantas lograran establecerse y propagarse. Y esto no es solo cosa del pasado. Hoy en día sigue ocurriendo: calles, rutas o senderos turísticos se llenan de plantas invasoras que las personas van esparciendo involuntariamente, porque sus semillas y partes se adhieren a la ropa o a las mochilas, o bien porque alguien las sembró intencionalmente.

La contaminación por especies exóticas motorizó invasiones biológicas en Patagonia. Una invasión biológica se produce cuando una especie es introducida en una nueva área en ausencia de plantas competidoras u animales que las consuman. Allí logra, con el tiempo, establecerse y reproducirse, para posteriormente dispersarse y colonizar otras áreas expandiendo su rango geográfico. Por ejemplo, según información de la Guía Descriptiva de Malezas del Cono Sur, la mayoría de las especies invasoras (60%) son originarias de otros continentes, especialmente de Eurasia.

Las invasiones biológicas son consideradas un componente más del cambio global, junto a otros impulsores como la contaminación, las zoonosis (ver Glosario) y el cambio en el uso de la tierra. A su vez, estos cambios funcionan retroalimentándose positivamente, de modo que el avance del cambio ambiental también favorece la propagación de estas especies, y así se hace cada vez más difícil controlarlo. Frenar o eliminar la invasión ya establecida es una tarea casi imposible: no hay suficientes recursos económicos, ni personas para eliminarla, y el uso de herbicidas puede empeorar el problema, al dañar o contaminar el ecosistema.

Todo ello tiene grandes implicancias ambientales, ya que las plantas nativas se ven afectadas, pudiendo generar desequilibrios ecológicos en áreas naturales y urbanas. Por mencionar algunos ejemplos visibles, en ciudades como Bariloche, ubicada dentro de un Parque Nacional, plantas invasoras como la rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*) y la retama (*Cytisus scoparius*), se expanden rápidamente. Otro ejemplo para la zona lo representa la lechuga del minero (*Claytonia perfoliata*), que puede rendir hasta 11 toneladas por hectárea y permitir varias cosechas, sin necesidad de trabajar el suelo, usar fertilizantes, o regar.

Ante este panorama, la estrategia de incorporar plantas invasoras comestibles a nuestra dieta resulta interesante. Así, la idea de "si no puedes vencerlas, cómetelas" cobra sentido, especialmente al considerar que un alto porcentaje (58%) de las plantas más invasoras y agresivas del mundo resultan comestibles.

Además de su utilidad alimentaria, muchas plantas invasoras han sido incorporadas en la vida de las personas como medicina. Por ejemplo, en comunidades rurales en la meseta de Río Negro y Chubut, alrededor de un tercio de las personas utilizan con fines medicinales para tratar dolencias gastrointestinales o respiratorias, plantas cuyas semillas han sido dispersadas por el ganado, como el alfilerillo (*Erodium cicutarium*).

Otro ejemplo, es la incipiente comercialización de buñuelas frescas o de alimentos preparados en la Feria Franca de Agricultores Familiares del Nahuel Huapi. Allí se pueden encontrar, entre otros productos, hojas frescas o secas de diente de león (*Taraxacum officinale*) y dulces elaborados con rosa mosqueta.

Estos ejemplos de Patagonia nos hacen pensar que las personas tenemos la capacidad de adaptar los saberes y las costumbres frente a nuevos contextos ambientales. Esta reinvención ante los cambios crea soluciones locales que refuerzan nuestra resiliencia (ver Glosario) y autonomía frente a un clima y ambiente que cambian a su alrededor.

Un equipo tejiendo ciencia y saberes

En el marco de la Semana Nacional de la Ciencia 2025, una iniciativa promovida por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), se llevó a cabo el taller "Entretejiendo saberes: las plantas alimenticias no convencionales de Bariloche". En esta edición, la propuesta dirigida a la sociedad y público en general buscó destacar el conocimiento generado en las universidades y otros organismos de referencia científico-tecnológica. Además, tuvo como objetivo visibilizar la situación crítica que atraviesa el sistema científico y proclamar la importancia de su desarrollo, fortalecimiento y continuidad.

Siguiendo el lema de la Semana de la Ciencia "Nuestra ciencia es futuro, soberanía y desarrollo", el taller fue organizado por el Grupo Naturaleza y Sociedad y el Grupo de Etnobiología, pertenecientes al Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA). A la iniciativa se sumaron también tres investigadores del Laboratorio de Ecología y Evolución de Sistemas Socioecológicos de la Universidad Federal de Pernambuco de Brasil que están realizando una pasantía con el grupo.

El vínculo entre ambos grupos de investigación se da en el marco de un proyecto que convoca a tres países titulado "Estrategias adaptativas ante el cambio climático: un análisis trinacional del conocimiento ecológico tradicional". Esta iniciativa busca comprender cómo los cambios en el ambiente afectan los saberes que las comunidades mantienen sobre la naturaleza en Argentina, Brasil y México. Ambos grupos forman parte de la Red Resiclima, una colaboración interinstitucional cuyo objetivo es profundizar en la comprensión de la

relación entre las personas y el clima. En concreto, la red estudia cómo las personas perciben y se adaptan al cambio climático, tanto de manera individual como colectiva, incluyendo también sus dinámicas en entornos virtuales.

Entretejiendo saberes con buenezas

En el taller realizado en Centro Municipal de Arte, Ciencia y Tecnología, trabajamos junto a personas que asistieron de manera voluntaria. El objetivo fue doble: por un lado, dar a conocer algunas de las buenezas que crecen de manera silvestre en la ciudad (ver Figura 1); y por otro, explorar y reconocer el valor de los saberes que los participantes ya tenían sobre estas plantas, indagando en cómo y de quiénes los habían aprendido.

El taller se llevó a cabo con dos grupos de participantes, con quienes trabajamos durante aproximadamente una hora, en tres actividades. Antes de comenzar, se solicitó a los asistentes su Consentimiento Previo Libre e Informado (ver Glosario), siguiendo los lineamientos del Código de Ética de la Sociedad de Etnobiología (ver Glosario), para registrar sus respuestas y tomar fotografías del encuentro.

La primera actividad consistió en una breve charla sobre la importancia y los beneficios de las buenezas, destacando su valor como alimentos accesibles en diferentes ambientes urbanos, sus propiedades nutricionales y su rol en la alimentación local. A continuación, se presentó una serie de imágenes y ejemplares frescos de diez especies vegetales silvestres comestibles abundantes en la ciudad (ver Tabla 1 y Figura 2A). Uno a uno, los participantes los observaron (Figura 2B) y respondieron a la pregunta: ¿Reconocen esta planta? Mientras exploraban, observaban, reconocían y compartían sus conocimientos, se les fueron haciendo otras preguntas para estimular el diálogo acerca de las partes que suelen consumirse, las formas de prepararlas y dónde solían encontrarlas, registrándose y contabilizándose todas las respuestas de los participantes.

La tercera actividad fue la construcción de un "mandala de saberes", una dinámica que replicamos con cada uno de los grupos participantes en sesiones separadas. En cada sesión, se invitaba a los asistentes a formar una ronda y se planteaba como pregunta disparadora: ¿De quién aprendiste sobre las buenezas? A medida que cada persona respondía y compartía sus experiencias, iban tejiendo colectivamente una red con hilos de distintos colores. El color elegido dependía de la forma en que habían aprendido sobre estas plantas (por ejemplo, de familiares, amigos o por experiencia propia). Cada participante, al compartir su historia, lanzaba el ovillo a otro compañero o compañera que hubiera aprendido de manera similar, sosteniendo siempre su parte del hilo. De esta forma, cada grupo

fue creando las conexiones y las formas únicas de su propio mandala. En esta instancia, también contabilizamos y registramos sistemáticamente todas las respuestas. Utilizamos cuatro colores para representar las diferentes vías de transmisión del conocimiento: aprendizaje vertical (de padres, madres, abuelos), horizontal (de amigos, vecinos), oblicuo (de docentes, libros, redes sociales) y por experiencia personal.

Como cierre del taller, reflexionamos en conjunto sobre la importancia de los saberes, sobre la necesidad de reconocer y valorar las distintas formas de transmisión del conocimiento (familia, amistades, experticia o autoaprendizaje) para evitar la pérdida de estos saberes, especialmente en contextos urbanos. Además, se hizo hincapié sobre los sitios adecuados para recolección y en la importancia de consultar con un especialista ante cualquier duda.

¿Por qué construir mandalas?

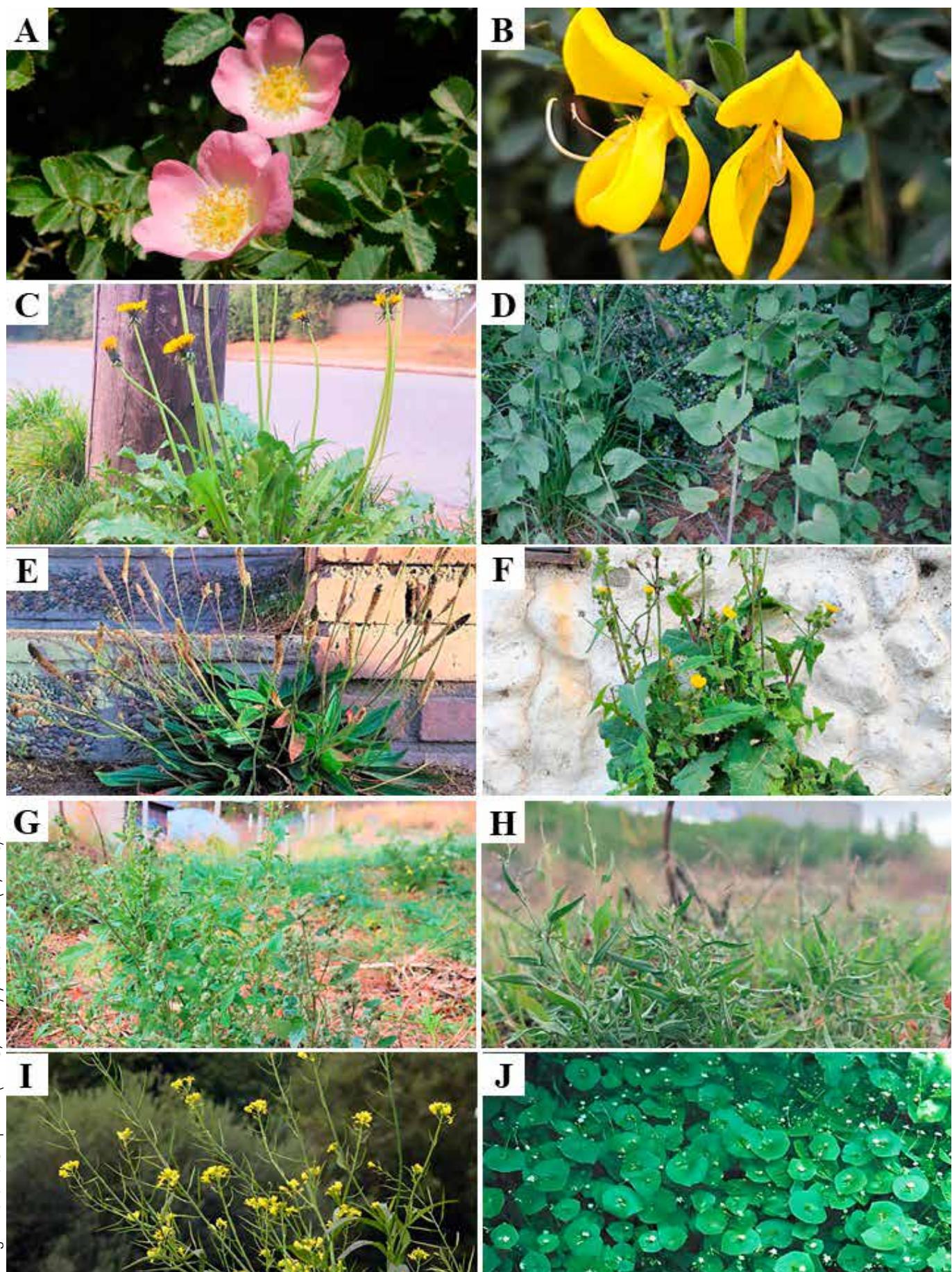
Los mandalas tienen su origen en India y se representan por círculos, ruedas o diagramas concéntricos que representan la vida, el universo y una síntesis del ser humano. Su diseño se inicia en un punto que se va conectando, formando una compleja red de interconexiones, y sus colores representan la diversidad.

En el taller, los mandalas se usaron como herramienta para observar en grupo, y entender las formas de transmisión del conocimiento sobre las buenezas. La forma y colorido de cada mandala expresó el camino personal de los participantes en relación con los saberes locales. Cada diseño varió según las experiencias y contextos socioculturales de los participantes.

El armado de estos mandalas, a partir de vivencias propias, también representó una forma de aprendizaje. En este proceso, el hilo con el que se trazaban los recorridos representó simbólicamente la conexión entre plantas, usos y experiencias.

Desde la etnobiología (ver Glosario) resulta importante comprender y reconocer las formas de transmisión social del conocimiento. Podemos separarla en dos formas principales: el conocimiento adquirido a través de la experiencia personal y el adquirido mediante la transmisión por otras personas. Dentro de esta vía, podemos distinguir el transmitido de manera vertical entre miembros de distintas generaciones dentro del núcleo familiar; el horizontal entre miembros de la misma generación dentro o fuera del núcleo familiar, y el oblicuo entre miembros de distintas generaciones fuera del núcleo familiar.

Al considerar todas las formas de transmisión social podemos entender cuáles son las vías más importantes de aprendizaje en un conjunto de personas y así reforzar aquellas vías que necesitan ser activadas o estimuladas. Mediante los mandalas como herramienta podemos visualizar todas las vías existentes de manera colectiva, colaborativa.



Imágenes: F. N. Céspedes (A - C, E - H) y A. H. Ladio (D, I - J).

Figura 1. Aspecto de las buñezas utilizadas en el taller. A) Rosa Mosqueta. B) Retama. C) Diente de león. D) Moneda del papa. E) Siete venas. F) Cerraja. G) Quinuilla. H) Vinagrillo. I) Mostaza negra. J) Lechuga del minero.

Tabla 1. "Buenezas" comestibles de los alrededores de Bariloche utilizadas durante el desarrollo del taller.

Nombre local	Nombre científico	Familia botánica	Partes utilizadas	Origen biogeográfico
Rosa mosqueta	<i>Rosa rubiginosa</i>	Rosaceae	flor y fruto	Eurasia
Retama	<i>Cytisus scoparius</i>	Fabaceae	flor	Europa
Diente de león, achicoria	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	raíz, hoja, flor y fruto	Europa
Moneda del papa	<i>Lunaria annua</i>	Brassicaceae	hoja y flor	Asia
Siete venas, llantén	<i>Plantago lanceolata</i>	Plantaginaceae	hoja y semilla	Eurasia
Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i>	Asteraceae	raíz, tallo y hoja	Eurasia
Quinhuilla, quinoa blanca	<i>Chenopodium album</i>	Amaranthaceae	hoja y semilla	Europa
Vinagrillo, cuchi cuchi, acederilla	<i>Rumex acetosella</i>	Polygonaceae	hoja y semilla	Eurasia
Mostaza negra	<i>Brassica nigra</i>	Brassicaceae	hoja, flor y semilla	Eurasia
Lechuga del minero	<i>Claytonia perfoliata</i>	Montiaceae	hoja	América



Imagen: I. da Silva Lima.

Figura 2. Buenezas comestibles abundantes en Bariloche. A) Ejemplares frescos utilizadas en el taller. B) Observación de los ejemplares de plantas por parte de los participantes.

¿Qué surgió de los talleres?

Los dos talleres tuvieron la asistencia voluntaria de un total de 29 participantes: 23 personas adultas con una edad promedio de 40 años, y 6 niñas y niños. El primer grupo estuvo conformado por 10 adultos y 2 niños, mientras que el segundo grupo incluyó a 13 adultos y 4 niños.

El alto porcentaje de personas adultas refleja el interés en este grupo etario por las buenezas. Sin embargo, fue especialmente valioso contar también con la participación de niñas y niños, quienes mostraron entusiasmo por la temática y contribuyeron a generar un espacio de intercambio intergeneracional. Incluso, trajeron conocimientos únicos sobre plantas desconocidas por adultos, como la mostaza negra (*Brassica nigra*), que algunos aprendieron a identificar en la escuela.

Además del rol de la escuela en la transmisión de conocimientos sobre plantas silvestres a las infancias, las madres y los padres se destacaron como importantes puentes entre generaciones. Testimonios como "mi papá cocina dulces" al hacer referencia a la rosa mosqueta, o "les compramos el libro de Sara Itkin y los niños lo leen y aprenden", reflejan cómo las familias también contribuyen activamente al conocimiento acerca de las plantas locales.

En ambos grupos, dos especies se destacaron como las más reconocidas: la rosa mosqueta y la retama (ver Figura 3). Por el contrario, el vinagrillo (*Rumex acetosella*), la mostaza negra y la lechuga del minero resultaron las menos conocidas. Un dato

Imagen: A. Rovere.

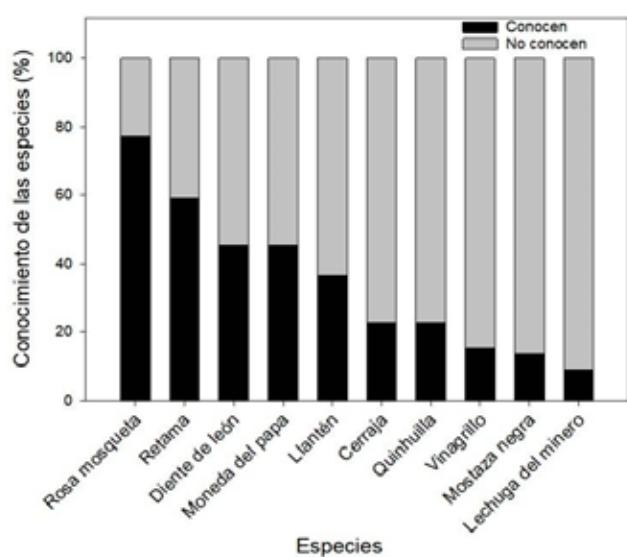


Figura 3. Conocimiento de las diez buñezas utilizadas en el taller, expresado en porcentajes. Las especies están ordenadas según el nivel de reconocimiento informado (N = 12 y N = 17).

interesante surgió en torno al vinagrillo: se registró el uso del nombre local “cuchi cuchi”, el cual no se había documentado previamente para la ciudad de Bariloche.

En cuanto a los resultados obtenidos (ver Figuras 4A y 4B), se observaron tanto similitudes como diferencias entre los dos grupos (ver Figura 4C). Una coincidencia destacada fue que, en ambos casos, la transmisión oblicua del conocimiento (es decir, internet, redes sociales, libro o desde personas adultas no familiares, como docentes e investigadores) fue la vía más frecuente de aprendizaje. La forma menos significativa fue el aprendizaje mediante la experiencia propia. Entre las diferencias, se destacó que, para un grupo, la transmisión horizontal (entre pares, como amistades o hermanos/as) ocupó el segundo lugar en importancia, mientras que para el otro grupo esa posición fue ocupada por la transmisión vertical (de personas mayores de la familia, como madres, padres o abuelas/os).

Imagen: F. N. Céspedes (A - B) y A. Rovere (C).

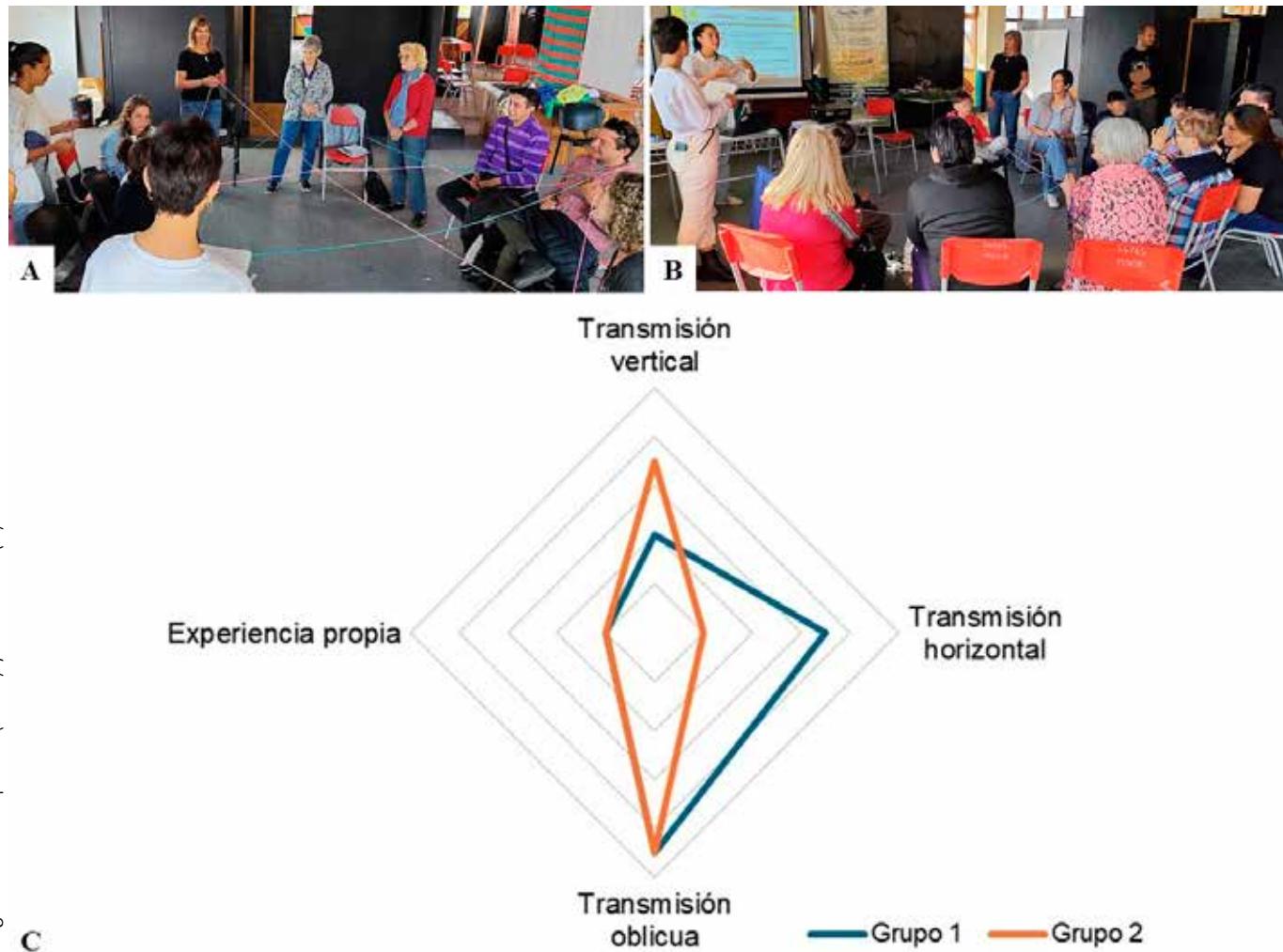


Figura 4. Dinámicas desarrolladas en el taller sobre buñezas. A) y B) Elaboración del “mandala de saberes”. C) Gráfico de las distintas vías de aprendizaje identificadas por cada grupo participante (N = 12 y N = 17).

Reflexiones finales

La experiencia del taller con participación ciudadana mostró que los asistentes reconocen y valoran las especies vegetales silvestres como alimentos. Si bien es una experiencia de pequeña escala y exploratoria, da cuenta del interés de la población por conocer los usos de las plantas existentes en los alrededores de nuestra ciudad.

En contextos urbanos como Bariloche, resignificar las buñezas no solo enriquece la dieta, sino también fortalece el vínculo con la naturaleza. Este tipo de experiencias invita a las personas a estar atentas a nuestro entorno, ver a las plantas con nuevos ojos, percibir sus colores, sabores y olores, e indagar sus usos comestibles y/o medicinales junto a otras personas o por cuenta propia.

El camino que buscamos promover puede contribuir a una dieta más diversa, nutritiva y accesible, al mismo tiempo que resalta el valor de la observación atenta y la interpretación de los cambios ambientales que favorecen la aparición de estas especies. Sin duda, este enfoque participativo etnobiológico permite adquirir mayor conocimiento ecológico y, posiblemente, desarrollar un mayor apego hacia las plantas. Incluso, puede alentar prácticas como el consumo responsable de buñezas, convirtiéndose en una estrategia aliada para el control de especies invasoras.

Para finalizar, las buñezas crecen a nuestro alrededor, y tal vez sea hora de mirarlas de otra manera, saborearlas... y entretejer, con ellas, nuevos saberes.

Glosario

Código de Ética de la Sociedad de Etnobiología: documento de la Sociedad que pretende aportar una base teórica para la toma de decisiones y la conducta a seguir en la investigación etnobiológica y actividades relacionadas. Propende facilitar la conducta ética y las relaciones equitativas, y fomentar un compromiso de colaboración significativo y responsabilidad recíproca entre investigadores, instituciones académicas y los pueblos indígenas, comunidades locales y sociedades tradicionales que custodian los conocimientos.

Consentimiento Previo Libre e Informado: acción que implica brindar información completa y comprensible a las personas/comunidad en relación con el propósito y naturaleza de una determinada actividad propuesta. También de los posibles resultados e implicaciones, incluyendo todo beneficio o daño razonablemente previsible (bien sea tangible o intangible) a las personas/comunidades afectadas.

Etnobiología: transdisciplina que estudia los vínculos de las diferentes sociedades con su entorno (animales, plantas, agua, suelo, relieve, etc.).

Exótica: especie no nativa (originaria de otro lugar) introducida de alguna manera fuera de su área o región de distribución natural.

Invasora: especie no nativa que ha expandido su rango geográfico y se torna abundante, causando impacto económico o ecológico.

Nativa: especie originaria de la zona en que habita, pero no necesariamente en forma exclusiva (se la puede encontrar en otras regiones).

Resiliencia: habilidad para sobrellevar cambios sin perder la identidad.

Zoonosis: enfermedades que se transmiten naturalmente entre animales vertebrados y los seres humanos.

Resumen

En el marco de la Semana Nacional de la Ciencia 2025, se llevó a cabo en Bariloche un taller participativo centrado en las “buñezas” o plantas comestibles no convencionales. Se exploró el conocimiento local sobre diez especies vegetales introducidas y en expansión en nuestro territorio. Mediante la construcción colectiva de mandalas de saberes, se promovió la reflexión sobre los usos, aprendizajes y valores asociados a estas plantas. La experiencia favoreció el intercambio intergeneracional y puso en valor el conocimiento cultural y ecológico, destacando el potencial alimentario de especies usualmente desestimadas por su condición de malezas o invasoras.

Para ampliar este tema

Ladio, A. H., Molares, S., Ochoa, J. y Cardoso, M. B. (2013). Etnobotánica aplicada en Patagonia: La comercialización de malezas de uso comestible y medicinal en una feria urbana de San Carlos de Bariloche (Río Negro, Argentina). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 12(1): 24-37.

Rapoport, E. H., Ladio, A. H., Raffaele, E. y Ghermandi, L. (1998). Malezas comestibles. Hay yuyos y yuyos. Ciencia Hoy, 9 (49): 30-43.

Rapoport, E. H., Marzocca, A. y Drausal, B. S. (2009). Malezas comestibles del Cono sur. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.

APRENDIZAJE Y PLASTICIDAD NEURONAL

Gonzalo Carnevale

Estoy lejos de encontrar las palabras precisas de por qué estudié lo que estudié y por qué hago lo que hago. El sistema nervioso tiene ese "no-sé-qué" que me atrapa, que llama mi atención, me cautiva y me convoca desde la duda, tomando forma en una pregunta. Quizás ese "no-sé-qué" también está dentro de mí, en las personas que aprecio y también en el entorno que me rodea. En un mundo con un cambio perpetuo la única manera de mantenerse es: siendo lábil. Cambiar, mutar, encontrar la forma, la propia, por la cual un sistema es capaz de ser flexible y adaptarse para persistir en el tiempo.



La neurogénesis adulta es la formación de neuronas nuevas en los entornos de las células madre del encéfalo, llamados nichos neurogénicos, y en animales adultos está descripta para peces, aves y algunos mamíferos. En los peces óseos, como el pez cebra, *Danio rerio*, estos nichos neurogénicos son amplios en todo el encéfalo. En una región particular de este órgano clave para el aprendizaje, la memoria y aspectos relacionados con las emociones, llamado telencéfalo, se distinguen dos regiones: una dorsal, llamada *pallium*, y otra ventral, denominada *subpallium*. En ambas regiones hay neuronas que utilizan dos clases de neurotransmisores distintos llamadas neuronas glutamatérgicas y neuronas GABAérgicas. Mientras que las neuronas

glutamatérgicas excitan la actividad del sistema nervioso liberando glutamato (un neurotransmisor), las neuronas GABAérgicas inhiben su acción mediante la liberación de otro neurotransmisor (el GABA), manteniendo así el equilibrio entre excitación e inhibición en el encéfalo.

Durante el proceso de transformación de un óvulo fecundado a un organismo multicelular, es decir, durante su desarrollo embrionario, muchas neuronas GABAérgicas (las de inhibición) se originan en el *subpallium* y migran a su ubicación final en el *pallium*. Mi trabajo se centró en conocer si en el *pallium* de un organismo adulto se pueden generar nuevas neuronas GABAérgicas, sin depender de migraciones desde el *subpallium*.

Para seguir la historia de las neuronas recién nacidas, combiné dos herramientas. Por un lado, para saber cuántas células (de cualquier tipo) nacen durante una ventana temporal específica y poder detectarlas, utilicé un marcador que se incorpora al ADN durante la división celular (llamado Edu). Por otro lado, para ver cuántas de las células nuevas fueron neuronas GABAérgicas, trabajé con líneas celulares modificadas por otros investigadores, donde éstas se ven verde fluorescente (ver Figura 1). Luego registré y analicé sus características y el lugar que ocupaban en dos subregiones del *pallium*: la Dorso-medial (Dm) y la Dorso-lateral (Dl) (ver Figura 2).

Detecté una pequeña fracción de neuronas nuevas con fenotipo GABAérgico, aproximada al 3% y cuyo

Autor: Gonzalo Carnevale

Título: Neurogénesis GABAérgica adulta en el *pallium* del pez cebra.

Correo electrónico: gonzacarnevale@gmail.com

Título obtenido: Licenciado en Ciencias Biológicas

Lugar: Laboratorio de Neurogénesis Adulta, Departamento de Física y Biología Aplicada (CNEA-CAB), Instituto Balseiro (IB) - CONICET.

Fecha de la defensa: 8 de octubre 2024

Director y codirectora de la tesis: Dr. Lucas Alberto Mongiat y Dra. Diana Lorena Franco

Tribunal evaluador: Eduardo Zattara (CONICET-UNcoma) y Abel Carcagno (CONICET-FCEN/UBA)

URL: <https://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/18231>

análisis espacial aportó otra pista: las nuevas neuronas GABA las localizamos en posiciones dorsales del *pallium* y no ventrales, lo cual podría estar sugiriendo que no son neuronas que han migrado.

En un organismo con gran capacidad de regeneración como el pez cebra, estos resultados apuntan a que el *pallium* adulto no sólo sostiene una gran neurogénesis glutamatérgica (lo cual ya se sabía), sino que también aporta, en menor medida, neuronas GABAérgicas generadas localmente. Este hallazgo nos abrió otras preguntas: ¿podemos modular esa fracción con estimulación ambiental o aprendizaje? Esto último lo exploré posteriormente a la realización de mi tesis. En el laboratorio de Neurogénesis Adulta, hicimos un experimento en donde colocamos al pez en el interior de un laberinto donde tiene que relacionar pistas visuales para encontrar la salida y nadar con sus compañeros por fuera del laberinto (ver Figura 1). Lo que analizamos es que después de cinco sesiones de entrenamiento, los peces son capaces de aprender y que dicho aprendizaje impacta en la formación de neuronas GABAérgicas adultas. El porcentaje de nuevas neuronas GABAérgicas aumenta más de tres veces, alcanzando un 10 a un 12%. Saber el origen de las neuronas nuevas inhibidoras es clave para entender la plasticidad y remodelación de los circuitos. La generación de nuevas neuronas, relacionada con el aprendizaje y los estados afectivos, facilitaría una adaptación a un entorno cambiante.

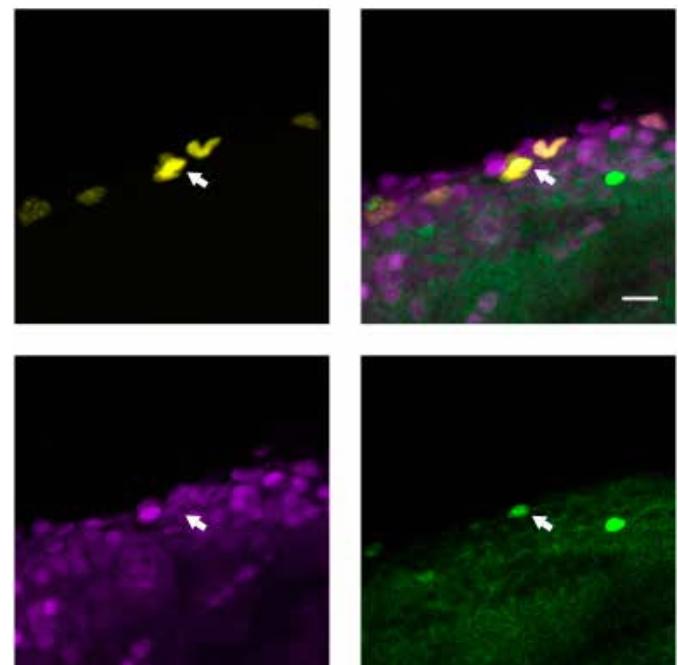
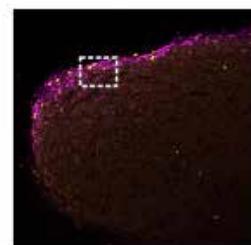
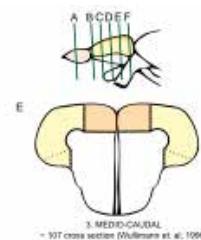


Figura 1. Muestras bajo microscopio confocal

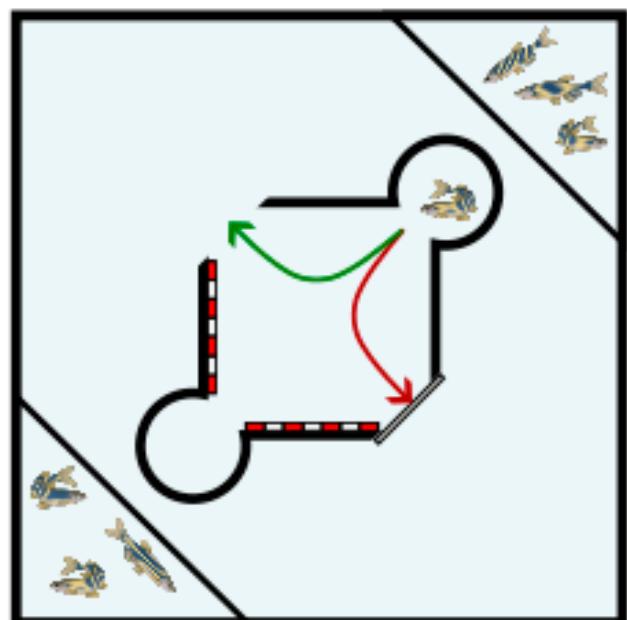
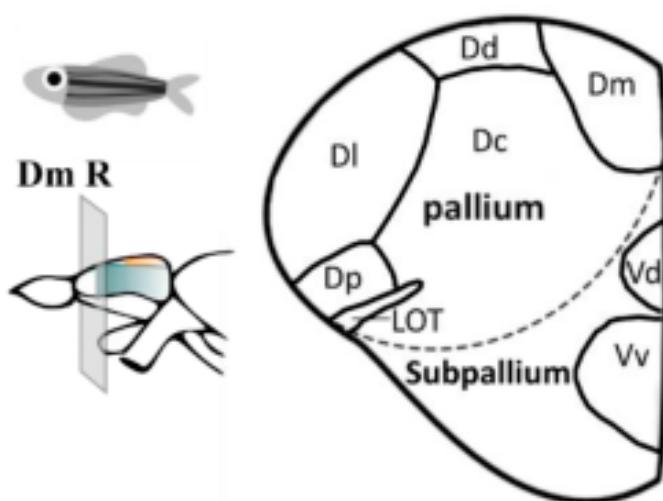


Figura 2. Esquema del *pallium* del pez cebra con las subregiones Dorso-medial (Dm) y Dorso-lateral (DI), indicando los nichos periventriculares y trayectos radiales. Esquema del paradigma comportamental.

En las librerías



Lotes sin dueño. Derecho de propiedad y abandono como problema humano

Paolinelli, Jorge y otros. Primera edición. Editorial Universidad Nacional de Río Negro, 2017

ISBN: 978-987-3667-51-0

A partir de la problemática del acceso y la tenencia del suelo urbano, y desde una mirada interdisciplinaria, el libro explora el abandono de tierras, su impacto en la noción de propiedad y sus consecuencias negativas sobre el desarrollo urbanístico de las ciudades. A través del análisis de casos locales, los autores proponen comprender la propiedad como un fenómeno social complejo, atravesado por conflictos históricos, económicos y humanos. Además del abordaje crítico, el texto presenta una posible vía de resolución basada en una propuesta normativa concreta.

Tecnogobierno. Propuestas y experiencias de inclusión digital desde América Latina

Lila Luchessi y Otros. Compilado por Lila Luchessi y Pablo Escandón-Montenegro. Primera edición. Editorial Universidad Nacional de Río Negro, 2022

ISBN: 978-987-4960-67-2

Este libro analiza el rol del estado en la promoción de la inclusión digital, las experiencias ciudadanas que impulsan su uso y las narrativas sociales que emergen de estos procesos. Combina enfoques teóricos con experiencias concretas e invita a pensar el vínculo entre tecnología, democracia y justicia social en los diversos contextos latinoamericanos.



Vademecum de la Flora naturalis imaginaria: un trabajo de Irene Singer y la Dra. Brenda Twiler

Walter Binder, ilustrado por Irene Singer. Primera edición. Calibroscopio, 2021

ISBN: 978-987-3967-65-8

Este vademecum explora las plantas más fascinantes de una botánica “imposible”, donde arte y poesía se entrelazan para expandir los límites de la imaginación. El libro reúne descripciones poéticas atribuidas a la enigmática Dra. Brenda Twiler y las vincula con el arte de Irene Singer, generando un encuentro singular entre dos siglos, dos hemisferios y dos modos sensibles de mirar la naturaleza. El resultado es un álbum ilustrado que reúne (y prescribe) grageas de arte, historia, romance, humor, naturalismo y misterio.

Cuando las plantas hacen lo que les da la gana: concebir un mundo sin producción ni economía

Dusan Kazic. Primera edición. Cactus, 2024

ISBN: 978-987-3831-87-4

Dusan Kazic defendió su tesis en antropología centrada en los vínculos sensibles y vivos entre los agricultores y sus plantas en Francia. Este libro, fruto de su tesis, invita a repensar radicalmente nuestra relación con el mundo vegetal, alejándonos del paradigma productivista que históricamente ha subordinado a las plantas a fines humanos. El autor revela una ecología afectiva en la que humanos y plantas cohabitan, colaboran, se influyen mutuamente y de ese modo emerge un mundo más generativo que productivo, más cooperante que extractivo.



CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO BARILOCHE

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Carreras que se pueden cursar en la UNCo Bariloche



- **Profesorado en Ciencias Biológicas** (4 años)
- **Licenciatura en Ciencias Biológicas** (5 años)
- **Profesorado en Matemática** (4 años)
- **Licenciatura en Matemática** (5 años)
- **Profesorado en Educación Física** (4 años)
- **Profesorado en Historia** (5 años)
- **Licenciatura en Historia** (5 años)
- **Licenciatura en Enfermería** (5 años)
Título intermedio: **Enfermero profesional** (3 años)
- **Técnico universitario en Acuicultura** (3 años)
- **Ingeniería:** civil, mecánica, eléctrica, electrónica, en petróleo y química (ciclo básico: 2 años, los restantes se cursan en Neuquén capital)
- **Maestría en gestión de la Biodiversidad**
- **Doctorado en Biología**

Consultá por nuestra oferta de Diplomaturas en:
secretaria.extension@crub.uncoma.edu.ar

 facebook.com/UncoBariloche

 [@uncobariloche](https://www.instagram.com/uncobariloche)

Web UNCo:

www.uncoma.edu.ar

Web UNCo Bariloche:

<https://app.crub.uncoma.edu.ar/>



Quintral 1250 - Bariloche - Tel. +54 294 442 8505/3374

ANAHÍ RAYEN MARILUAN

Anahí Rayen Mariluan es una artista completa y diversa que se define como cantora y música mapuche. Escribe, compone y canta en *mapuzungun* (idioma del pueblo mapuche), con la convicción de contribuir al futuro del pueblo al que pertenece: cantando a las mujeres, a las abuelas y al territorio mapuche, que su pueblo sigue habitando. Es Licenciada en Folklore y Diplomada en preservación de archivos sonoros y audiovisuales. Fue becaria del Fondo Nacional de las Artes y actualmente es doctoranda de CONICET. En numerosas oportunidades ha recibido numerosos premios nacionales e internacionales por sus trabajos. Anahí ha realizado numerosas presentaciones en distintos lugares de Argentina y en otros países como Alemania, España y Holanda y participando de festivales en Cuba, Perú, Chile, Costa Rica, Canadá, México y Estados Unidos y además participa de un colectivo sonoro activista, denominado Kultruneras. Su canto está presente en varios álbumes como *Kisulelaiñ* (No estamos solas, 2015), *Amulepe taiñ purrun* (Que siga nuestro baile, 2016), *Mankewenüy* (Amiga del cóndor, 2018), *Futrakecheyem zomo* (Ancestras, 2021) y *PU KO* (Aguas, 2024) dedicado a la defensa del agua y nominado a los Premios Gardel 2025.

En el ámbito audiovisual ha participado en videos como *Mapuzungun*, el habla de la tierra, los documentales *Mankewenüy* (Pupila de mujer), *Wampo* y el largometraje de ficción *Cuentos de la tierra*. También dirigió el etnodocumental *Cantos de la memoria - Cantos con sentido* (2009) y *Vuelven* (2025) que es un relato coral a partir del testimonio de cinco cantoras que habitan en distintos territorios del *Abya Yala* (nombre que utilizan diversos pueblos indígenas de América para referirse al continente americano), inscriptas todas en procesos de resistencia a través de sus músicas. Ha publicado numerosos artículos, capítulos de libros y libros como *Flor Amiga de diez Guanacos* (poesía), *Ufiza, en un canto, un mundo e Instrumentos de barro – Tierra que canta*.

Anahí sostiene que “Para nuestro pueblo, tanto la palabra hablada como la cantada, representan las formas del decir en que entienden no solo las personas humanas sino todas las formas de la vida, la *itrofill mongen*.”

✉ [@anahirayenmariluan](https://www.anahimarluan.com.ar)
🌐 <https://www.anahimarluan.com.ar>



Estudio y preservación de materiales sonoros y culturales, una de las facetas de su labor como investigadora.



Anahí, cantora y música mapuche, con su *kultrún*, instrumento ceremonial que acompaña gran parte de su obra.

Imagen: Andrea Fuentes



Anahí Rayen Mariluan en una de sus presentaciones, donde une canto, lengua mapuche y territorio

Imagen: Paulo Villacorta