

# Índice

- 2** **UN "VÓMITO" REVELADOR**  
por Paula Muzzopappa, Juan Pablo Garderes, Agustín G. Martinelli y Guillermo W. Rougier
- 11** **RESEÑA DE LIBRO**  
**GÉNERO, SEXUALIDADES Y MERCADOS SEXUALES EN SITIOS EXTRACTIVOS DE AMÉRICA LATINA**  
por María Marta Quintana
- 12** **7.000 AÑOS DE HISTORIA EN EL FIN DEL MUNDO**  
por Josefina M. B. Motti, Pierre Luisi, Mónica Salemme, Fernando Santiago y Rodrigo Nores
- 21** **RESEÑA DE LIBRO**  
**PENSAR CON OTROS. UNA GUÍA DE SUPERVIVENCIA EN TIEMPOS DE POSVERDAD**  
por Verónica Garea
- 22** **DESDE LA PATAGONIA**  
**EL GRAN ECLIPSE PATAGÓNICO**  
por Guillermo Abramson
- CRÓNICAS DEL PASO POR LA VIRTUALIDAD**  
por Marcelo Alonso, Carolina Biscayart, Alfonso Aguilar, Mónica Palacio, Mónica González, Santiago Carballo y Fabián Viegas Barriga
- 32** **ENSAYO**  
**CAMINOS PARA MEJORAR EL MUNDO**  
por Telma Barreiro
- 40** **LOS PINOS Y SUS EFECTOS INVISIBLES**  
por Facundo Fioroni, Matías Soto Mancilla, Natalia V. Fernández y Ayelen I. Carron
- 49** **REPORTAJE**  
**GUADALUPE NOGUÉS**
- 56** **UNA GEMA QUE CAYÓ DEL CIELO**  
por Isabel Giraud de Lucio
- 66** **INVASIÓN EN EL PARQUE NACIONAL LOS GLACIARES**  
por Belén Montes, Silvina Sturzenbaum, Victoria Barroso y Daniel Testoni
- 72** **LOS CANDIDATOS: AJO Y CEBOLLA**  
por Betina Cardoso
- 76** **EN LAS LIBRERÍAS**  
**ARTE: CHELO CANDIA**

## PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS EN CHUBUT

**UN "VÓMITO" REVELADOR**

Una inusual pieza fósil de 64 millones de años reveló la presencia de aves de presa y de una nueva especie de rana extinta en una Patagonia de bosque subtropical.

**Paula Muzzopappa, Juan Pablo Garderes, Agustín G. Martinelli y Guillermo W. Rougier**

La estepa patagónica es un paisaje desolado, castigado por fuertes vientos, de veranos calurosos e inviernos helados. Sus pocos árboles resisten este clima, así como sus animales, unas pocas especies de mamíferos, aves, reptiles y anuros (sapos y ranas) que hacen su hogar en la inmensa y agreste meseta. Esta imagen actual de la Patagonia oriental contrasta con la de hace 64 millones de años, cuando estaba comenzando la Era Cenozoica (la era de los mamíferos). Entonces, grandes extensiones de terreno que habían sido inundados por el Mar Atlántico durante el final del

Cretácico (último periodo de la Era Mesozoica, la era de los dinosaurios) estaban drenando, mientras que los terrenos emergentes se encontraban cubiertos por un bosque cálido y húmedo similar al que se observa hoy en el noreste de Australia y en Nueva Guinea. El aire húmedo circulaba fluidamente de costa a costa, pues los Andes recién comenzaban a levantarse y no impedían su paso. A medida que el mar se retiraba, el bosque y su fauna acompañante invadían los nuevos terrenos disponibles.

Esta historia sorprendente está escondida en los registros geológicos y fósiles; ojos ávidos permiten descifrarla interpretando una pila de rocas sedimentarias que registraron la inundación marina de finales de la Era Mesozoica y otras más modernas que muestran la retracción del mar a comienzos de la siguiente, la Era Cenozoica. El límite entre ambas eras está determinado por el evento de extinción masiva conocido como K/T (K por Cretácico, T por Terciario) que ocurrió hace 65 millones de años y terminó, entre otros, con los grandes dinosaurios. Si bien localidades con rocas de edad Cretácica, con registros de plantas y principalmente de vertebrados (peces, tortugas, serpientes, cocodrilos, dinosaurios, mamíferos), son abundantes en la Patagonia, aquellas que ilustran lo que sucedió inmediatamente luego de la extinción K/T son relativamente escasas. Una de las localidades fosilíferas exploradas por los paleontólogos desde inicios del siglo 20 es conocida como Punta Peligro, un punto ubicado en la costa atlántica, al sur de la provincia de Chubut (ver Figura 1), donde el mar azota al continente dejando sólo unas pocas horas de playa, y que al mismo tiempo expone los vestigios rocosos de 64 millones de años de antigüedad. En Punta Peligro afloran rocas de la Formación Salamanca, y en su base se diferencia una sección de color más oscuro conocido como Banco Negro Inferior, que representa pantanos o manglares que prosperaban en la costa misma del Atlántico o muy próximos a ella. De estas rocas se han recuperado numerosos restos fósiles que reflejan un ambiente transicional con formas acuáticas, terrestres y anfíbias. Estos fósiles permitieron describir una fauna

**Palabras clave:** Anura, Aves, Calyptocephalellidae, egagrópila, Paleoceno.

**Paula Muzzopappa**<sup>1,2</sup>

Dra. en Ciencias Biológicas  
muzzopappa.paula@maimonides.edu

**Juan Pablo Garderes**<sup>1,2</sup>

Lic. en Biología  
garderes.juanpablo@maimonides.edu

**Agustín G. Martinelli**<sup>1,3</sup>

Dr. en Ciencias  
agustin\_martinelli@yahoo.com.ar

**Guillermo W. Rougier**<sup>4</sup>

Dr. en Ciencias Biológicas  
grougier@louisville.edu

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>2</sup>Departamento de Paleontología, Centro de Ciencias Naturales, Ambientales y Antropológicas, Universidad Maimónides. Fundación Azara.

<sup>3</sup>Sección Paleontología de Vertebrados, Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia".

<sup>4</sup>Department of Anatomical Sciences & Neurobiology, University of Louisville.

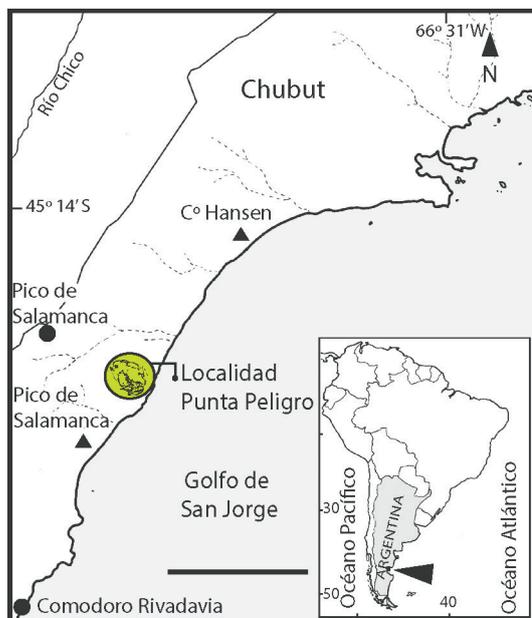


Imagen: G. W. Rougier

**Figura 1. Mapa con la ubicación de la localidad fosilífera Punta Peligro, donde se exponen rocas del Banco Negro Inferior, de 64 millones de años. En esas rocas se encontró la pieza fósil presentada en este trabajo. A la derecha, una fotografía de la localidad en la que se ve su proximidad al mar Atlántico.**

muy variada que representa en parte vestigios de los grupos que sobrevivieron a la catástrofe del K/T junto a otros oportunistas que llegaron desde otras regiones. La fauna extinta incluye tortugas adaptadas a la vida acuática (tortugas pleurodiras, también conocidas como tortugas cuello de serpiente), representadas con las especies *Yaminuechelys maior* y *Salamanchelys palaeocenica*, y otras de hábitos terrestres (tortugas meiolánidas), como *Peligrochelys walshae*. Si bien los meiolánidos (ver Glosario) se encuentran extintos, las pleurodiras están representadas por varias especies dulceacuáticas, especialmente distribuidas en climas templados y tropicales, incluido el territorio argentino. También hay esfenodontes (ver Glosario) (representados por *Kawasphenodon peligrans*), un grupo de reptiles que fue muy diverso durante el Mesozoico, pero actualmente representado sólo por dos especies, *Sphenodon punctatus* y *Sphenodon guntheri* (Tuátaras) en Oceanía. En la Punta Peligro de hace 64 millones de años, los cocodrilos fueron abundantes y se reconocieron tres especies (*Necrosuchus ionensis*, *Eocaiman palaeocenicus* y *Protocaiman peligrans*), principalmente de hábitos acuáticos y emparentados con los cocodrilos actuales que habitan regiones tropicales. Los mamíferos también fueron numerosos y variados. Entre los más llamativos se encuentran los restos de *Monotrematum sudamericanum*, un mamífero monotrema. Los monotremas son mamíferos caracterizados, entre otras cosas, por poner huevos (¡del mismo modo que lo hacen aves y reptiles!) y las pocas especies vivientes, como el ornitorrinco, están restringidas a Oceanía; el registro del Banco Negro Inferior representa el único fuera de esa región. Otros mamíferos encontrados, como *Peligrotherium tropicalis* y *Sudamerica ameghinoi*, son relictos de fauna mesozoica que sobrevivió al K/T,

pero que no llegan a la actualidad. Por último, otras especies como *Raulvaccia bunodonta* y *Escribania chubutensis* muestran que había allí formas primitivas de linajes de mamíferos modernos que serían exitosos durante el Cenozoico, posiblemente arribados de otros continentes como parte de procesos migratorios. Otro registro destacado entre los fósiles del Banco Negro Inferior es el del anuro *Gigantobatrachus casamiquelai*, de la familia sudamericana Calyptocephalellidae, conocido por varios fragmentos aislados que destacan un animal de gran tamaño. Curiosamente, a pesar de la gran diversidad de vertebrados hallados en el Banco Negro Inferior, no han sido hasta ahora registrados restos de aves. En niveles superiores de aproximadamente 62 millones de años, también de la Formación Salamanca, se hallaron dos plumas que constituyen el registro más antiguo de aves para el Cenozoico sudamericano.

La localidad Punta Peligro sigue siendo explorada por paleontólogos y continúa brindando novedades. Por ejemplo, ésta que presentamos aquí: el descubrimiento de una pieza de curioso aspecto que interpretamos como una egagrópila (ver Glosario) cuyo contenido pudo ser estudiado con mucho detalle (ver Figura 2). Esta pieza reveló simultáneamente la presencia de aves de presa de mediano porte en el pasado geológico de Punta Peligro y una nueva especie de rana de la familia Calyptocephalellidae, a la que llamamos *Calyptocephalella sabrosa* en virtud de haber sido el "sabroso" bocado del ave de presa que la misma pieza reveló.

### ¿Egagrópila? Y eso, ¿qué es?

La alimentación de las aves actuales es muy diversa: unas se alimentan de invertebrados, otras de frutos y semillas, o de néctar. También hay aves que son activas

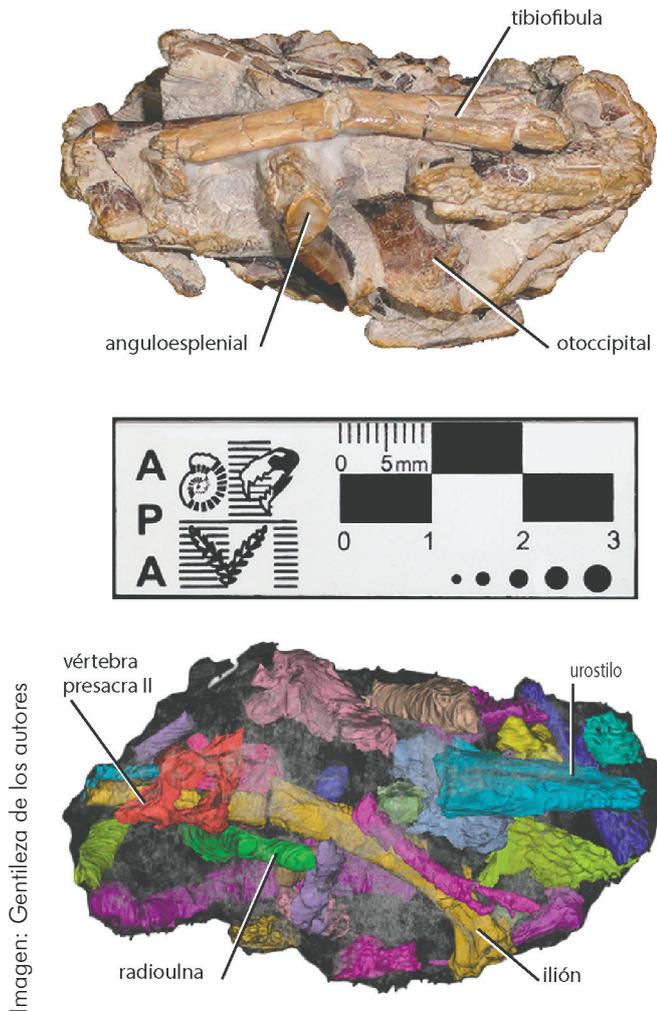


Imagen: Gentileza de los autores

**Figura 2. Pieza fósil estudiada, interpretada como egagrópila. Pocas egagrópilas preservadas en 3 dimensiones son conocidas en el registro fósil, y esta constituye la evidencia más antigua para todo el Cenozoico de América del Sur. Esta pieza se conserva en el Museo Paleontológico Egidio Feruglio de Trelew, Chubut.**

pescadoras, o, siguiendo la tradición de sus distantes ancestros dinosaurianos, comedoras de huevos, o cazadoras/carroñeras y se nutren entonces de otros vertebrados como peces, anuros, lagartos, pequeños mamíferos (ratas, ratones, murciélagos, pequeñas comadrejas) e inclusive otras aves. Estas diversas fuentes de alimentación incluyen partes que son de difícil digestión, como cáscaras de semillas, cutículas de insectos o huesos, pelos, escamas de vertebrados. Varias horas después de su ingesta estas partes son despedidas por la boca en forma de bolo: esto es lo que se conoce técnicamente como egagrópila. La formación de una egagrópila ocurre en el estómago muscular o molleja del ave, donde se realiza el procesamiento mecánico del alimento (semejante a la masticación), habiendo ya pasado éste por el estómago glandular, en donde el alimento fuera degradado químicamente por enzimas en un medio ácido. La eliminación de los restos no digeribles del alimento, luego de haberse extraído todos sus nutrientes, es la principal función de las egagrópilas.

Las egagrópilas varían en forma, tamaño, color y contenido según la especie de ave que las genera, pero a grandes rasgos son de forma ovalada y en su interior pueden contener los restos de una o varias ingestas. Estas estructuras son generadas por muchos tipos distintos de aves (halcones, garzas, cormoranes, gaviotas, gaviotines, martines pescadores, cuervos, furnáridos, entre otros), pero las más conocidas son aquellas producidas por búhos y lechuzas que se encuentran regularmente incluso en ambientes metropolitanos. Estos son lo que popularmente se conoce como "vómitos de lechuza", un término quizás incorrecto técnicamente pero que nos acerca lo suficiente a lo que son en realidad. Durante décadas el estudio de egagrópilas actuales ha servido como una herramienta indirecta para conocer la dieta de las aves, pero especialmente para conocer los animales de pequeño porte que habitan una región, ya que estas aves son excelentes cazadoras y en sus egagrópilas los animales que constituyen sus dietas quedan bien representados. Lo mismo que en la actualidad, las egagrópilas fósiles son una valiosa fuente para conocer los representantes pequeños de una fauna; el caso aquí presentado es un buen ejemplo de ello.

Se conocen egagrópilas fósiles de la era Mesozoica y se postula que muchas acumulaciones de microvertebrados del Cenozoico se deben al disgregado de egagrópilas producidas por aves, cuyo material fue posteriormente fosilizado. Sin embargo, encontrar egagrópilas tridimensionales en el registro fósil es algo inusual, justamente porque las egagrópilas se disgregan rápidamente y su contenido se desparrama en la superficie.

### ¡Piedra libre!

El fósil encontrado en los niveles del Banco Negro Inferior en Punta Peligro consiste en una bola rocosa con varios huesos empaquetados en su interior. Descifrar el origen de esta pieza tan singular fue uno de los objetivos de nuestro estudio reciente. Una cantidad de características apoyaron la interpretación de que el origen de esta pieza fuera una egagrópila. Algunas de ellas son: el empaquetamiento de los huesos, la orientación de los mismos en el eje mayor de la bola, el hecho de estar éstos fracturados, pero aún suficientemente enteros como para reconocer su identidad y la presencia de numerosos elementos del esqueleto que se encuentran desarticulados, pero a la vez conservan la posición relativa natural. Otra evidencia significativa se desprende de las superficies desgastadas de los huesos por acción ácida, evidente en varios de los elementos en los que las capas exteriores del hueso se disolvieron y dejaron expuesto el tejido esponjoso interior. En la Figura 3 se compara la egagrópila fósil con egagrópilas producidas por aves actuales, pudiéndose observar la similitud general

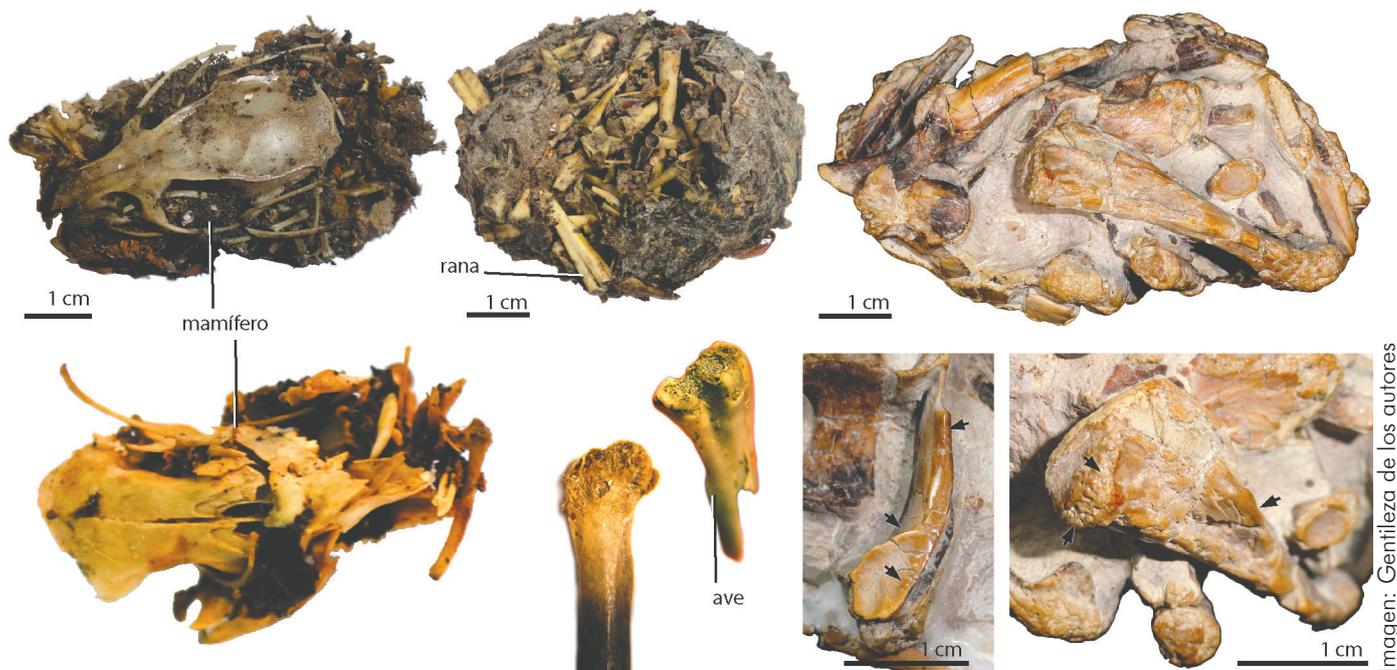


Imagen: Gentileza de los autores

**Figura 3. A la izquierda se muestran fotografías de egagrópilas producidas por la lechuza de los campanarios (*Tyto furcata*) y restos extraídos de ellas, a fin de ilustrar el tipo de roturas, el grado de desarticulación y las marcas de ácidos que presentan los distintos elementos del esqueleto luego de la digestión. En cuanto a la variedad en la alimentación, se destacan los huesos de rana que asoman en la egagrópila del centro, el hueso de mamífero y el de ave en la línea inferior. A la derecha, el fósil estudiado y algunos detalles que evidencian la acción degradadora de los ácidos digestivos sobre los huesos, redondeando estructuras filosas y dejando expuesto el tejido esponjoso interno.**

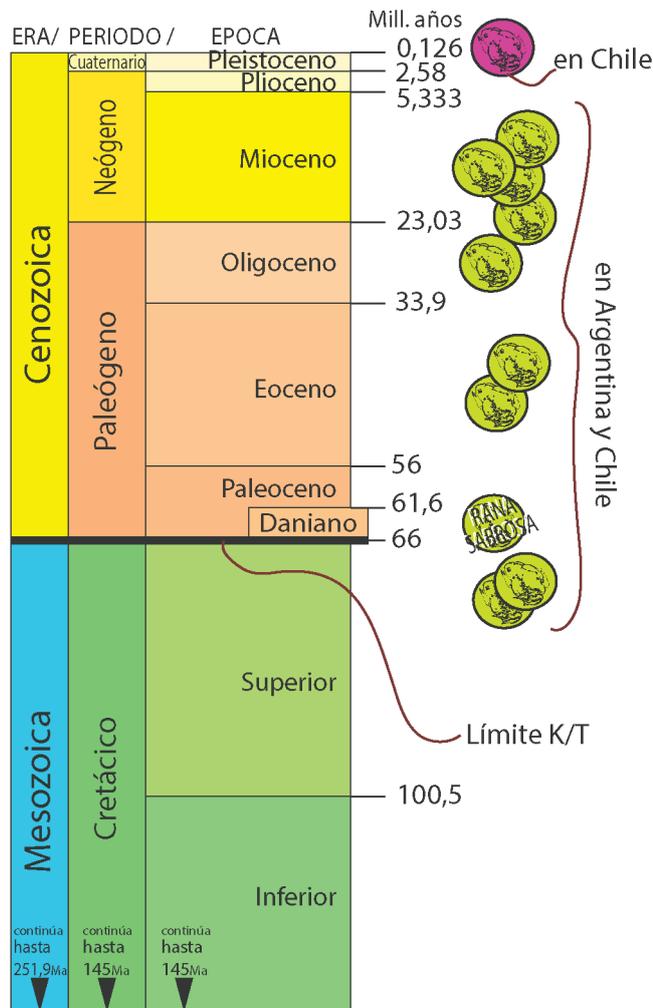
entre ellas. También es similar la acción de los ácidos gástricos producidos por el estómago glandular sobre los huesos contenidos en esas egagrópilas, los que muestran bordes redondeados y exposición del tejido esponjoso. Estas correspondencias de estructuras y características nos confirman que los restos formaron parte de un banquete hace 64 millones de años y fueron eliminados en forma de egagrópila; la afortunada preservación y descubrimiento la transformaron en una pieza destacada para el registro fósil.

En el registro fósil es común encontrar excrementos fosilizados, que son denominados coprolitos (ver Glosario). En ellos, los huesos de las presas consumidas son triturados y mezclados durante el procesamiento del alimento, ya sea en la cavidad oral (en el caso de los mamíferos) o en el estómago (en el caso de los cocodrilos), y la disposición de esos restos destruidos es caótica en las deposiciones finales. Estas características son netamente diferentes a lo que pudimos observar en la pieza fósil, y por lo tanto nuestro estudio descarta este origen para el material estudiado.

La ausencia de restos de aves en el registro fósil de Banco Negro Inferior es significativa. La egagrópila fósil aquí presentada indica de forma indirecta la presencia de aves aún desconocidas. A partir de este registro podemos interpretar que al menos una especie era de mediano porte, de hábitos animalívoros (¡se comió una rana!) y capaz de producir egagrópilas similares a las que producen, por ejemplo, las lechuzas actuales.

### Una familia (de ranas) longeva y errante

Dentro de la egagrópila fósil se encuentra preservado gran parte del esqueleto de una rana que, por sus características anatómicas, fue referida al género *Calyptocephalella*. Sin embargo, al presentar diferencias respecto de las especies ya conocidas, fue descrita y nombrada como una especie nueva: *Calyptocephalella sabrosa*. La presencia de este género en la remota Patagonia de hace 64 millones de años no es novedoso, considerando que ya se encontraba allí al menos 10 millones de años antes (poco antes del fin de la Era Mesozoica) y también varios millones de años después (ver Figura 4). Incluso hoy habita en Chile la única especie viviente del género, *Calyptocephalella gayi*, conocida como rana grande chilena (ver Figura 5). Los restos más antiguos de este género son apenas unos huesos sueltos fosilizados, recuperados de rocas sedimentarias que se depositaron en zonas costeras o deltaicas (ver Glosario). Dado que entonces el mar inundaba gran parte de la Patagonia, esos restos fueron recuperados en lo que hoy es el interior de la región. De esto se desprende que *Calyptocephalella* es un género de ranas que formó parte de la fauna que habitaba la Patagonia de fines del Mesozoico y colonizó las áreas que iban quedando expuestas conforme se retraía el mar a principios del Cenozoico. *Calyptocephalella sabrosa* constituye el registro más antiguo del que tenemos una importante cantidad de información anatómica. Y esto gracias al hecho fortuito de que una rana fuera



**Figura 4. Escala de tiempo de los últimos 130 millones de años donde se ubican a grandes rasgos los registros fósiles de Calyptocephalellidae. Esta escala fue representada a partir de la International Chronostratigraphic Chart (<https://stratigraphy.org/timescale/>).**

depredada y eliminada en forma de egagrópila, y que esta se conservara en el tiempo como tal. Así, el esqueleto de un individuo se preservó todo junto, sin disociarse, y en relativas buenas condiciones a pesar del proceso digestivo que atravesó. La morfología de *Calyptocephalella sabrosa* comparte con las restantes especies del género el gran tamaño, de unos 10 -15 cm (que para ranas es bastante grande), un cráneo cuyos huesos tienen una textura rugosa, la extensa articulación de varios elementos del cráneo entre sí (especialmente en la región posterior), la robustez de los huesos de los brazos y algunas otras características de su esqueleto que dan signos de una rana corpulenta. Difiere, por otra parte, en la limitada extensión de los huesos que conforman el techo craneano, seguramente una característica ancestral; la especie viviente *Calyptocephalella gayi*, por ejemplo, tiene un cráneo tan techado que cuando dieron nombre a la especie se refirieron a ello: *Calyptocephalella* significa "cabeza cubierta".

*Calyptocephalella* y *Gigantobatrachus*, ambas formas encontradas en los niveles de Banco Negro Inferior de Punta Peligro, forman parte de la familia Calyptocephalellidae (ver Figura 6); los restos del Mesozoico hacen que sea la familia más longeva de las ranas modernas, y el género *Calyptocephalella*, el más longevo de todas las ranas. Más restos fósiles de esta familia fueron hallados en numerosas localidades de Patagonia Argentina y recientemente se los comenzó a hallar también en rocas del territorio chileno y antártico, demostrando la gran extensión geográfica que tuvo este género en el pasado geológico. Hasta el momento se reconocieron siete especies extintas para la familia que vivieron en distintos momentos entre finales del Mesozoico y mediados/fines del Mioceno. El registro fósil no es muy preciso en indicarnos el hábito de estas ranas. Sin embargo, el hallazgo de algunas especies en sedimentos lacustres (por ejemplo, *Calyptocephalella pichileufensis* y *Calyptocephalella canqueli*) sugiere que éstas habitaban lagos o lagunas, lo que no resulta extraño considerando que las especies vivientes de Calyptocephalellidae son casi exclusivamente acuáticas, especialmente la rana grande chilena. El ambiente de pantanal o manglar en la Punta Peligro de principios de Cenozoico, deducido a partir de las rocas del lugar, es apropiado y viable para nuestro espécimen; sin embargo, es también posible que nuestra ave incógnita haya almorzado una rana sabrosa en algún otro ambiente cercano y sólo depositara la egagrópila con sus restos en Punta Peligro para que nosotros la encontrásemos millones de años después.

### Del mundo real a la realidad virtual

Es verdad que la paleontología es una rama de la ciencia con un amplio desarrollo descriptivo. Describir un fósil puede ser una tarea sencilla o complicada, dependiendo de cómo haya sido preservado, de la habilidad de los técnicos e investigadores en la preparación e interpretación del mismo, y de diversos factores extra.

También es verdad que no existe un "fósil estándar": se puede considerar "un fósil" a restos aislados, como un fémur de un dinosaurio del Jurásico, un diente de un mamífero del Cretácico, una hoja de una gimnosperma del Carbonífero, una marca de desplazamiento de un artrópodo del Silúrico. Pero también constituyen "un fósil" restos que incluyen más de un único elemento, como un cráneo donde hay muchos huesos articulados, una asociación de moluscos de ambientes marino-someros, o la egagrópila de este artículo.

El estudio de fósiles que involucran varios elementos puede verse limitado por las complicaciones mismas del material fósil. En el afán de obtener un tipo de información, es muy fácil perder otra que podría ser útil para futuras investigaciones; en el caso de esta egagrópila, la remoción mecánica del sedimento



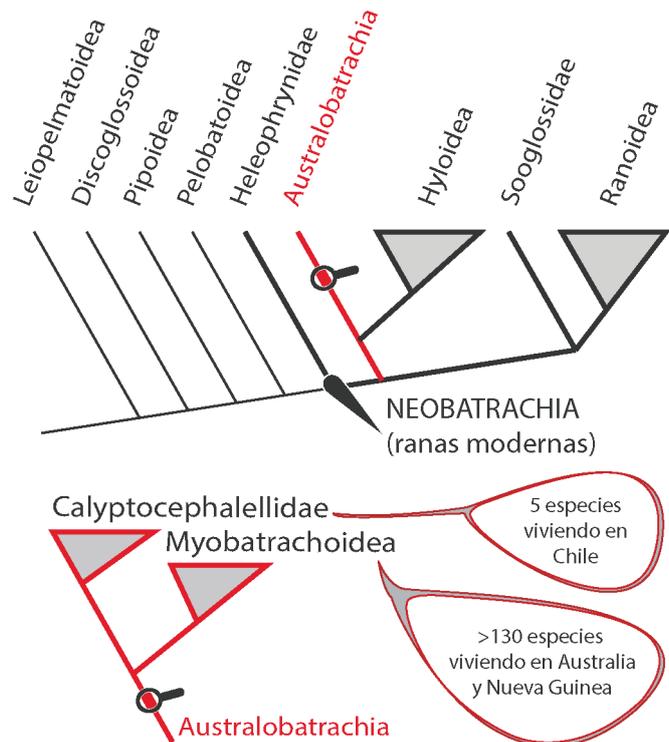
Ilustración: F. Garberoglio.

**Figura 5. Ilustración de la rana grande chilena *Calyptocephalella gayi*, única representante viviente del género, que habita en lagunas del centro y sur de Chile. A la derecha, una ilustración del cráneo de esta misma rana, dejando en evidencia que los huesos forman un extenso techo craneano en el que quedan bien delimitadas las órbitas de los ojos y las narinas; también es evidente en esta ilustración la superficie rugosa de los huesos.**

portador de los huesos fósiles para tener acceso a todos los elementos de la rana determinaría la pérdida de la disposición espacial de los mismos y la información de la pieza como egagrópila en sí misma.

Pero entonces, ¿debemos entregarnos a la imposibilidad de preservar todos los aspectos de un fósil a medida que lo estudiamos?, ¿estamos a merced del principio de incertidumbre de Heisenberg al no poder observar al fósil sin modificarlo?, ¿acaso nuestra vida tiene sentido alguno?

La última pregunta no podemos responderla estudiando una egagrópila fósil, sin dudas. Pero sí se pueden responder las otras dos -al menos con cierto permiso literario para la segunda-. Es en este punto donde entran las nuevas tecnologías: lo que permitió estudiar la egagrópila, los elementos de su interior y sus relaciones espaciales, fue la aplicación de métodos desarrollados por la medicina que se basan en el estudio de imágenes, como tomografías computarizadas, radiografías, resonancias magnéticas y similares (ver Figura 7). En particular, las tomografías computarizadas analizan "imágenes paralelas", es decir, imágenes obtenidas de distintos planos de la estructura a estudiar, para luego generar un modelo tridimensional. La utilización de estas técnicas permite distinguir diferencias en el material de estudio (opacidad a rayos X, densidad, energía, temperatura, etc.). Así, seleccionando materiales con propiedades similares se pueden producir modelos digitales de éstos, que terminan siendo los elementos utilizados por los científicos para el estudio, pero también sirven de base, por ejemplo, para realizar impresiones 3D. Es lógico esperar que, si tenemos huesos fosilizados incluidos en una roca, las propiedades físicas de los huesos serán más semejantes entre sí que con aquellas de la roca que los incluye. Cuando esto funciona (y no siempre es el caso) podemos "extraer" digitalmente los huesos de la roca que los alberga y mágicamente hacer desaparecer



**Figura 6. Árbol evolutivo (simplificado) de los anuros, según un análisis de relaciones de parentesco basados en información molecular. La pequeña familia Calyptocephalellidae está estrechamente relacionada con un grupo de ranas más diverso que se encuentran en Australia y Nueva Guinea, los Myobatrachidae. El conjunto Calyptocephalellidae + Myobatrachoidea, llamado Australobatrachia por algunos autores, representa una rama en la base de la evolución del árbol de las ranas modernas, que constituyen el 95% de las especies vivientes, y revela aspectos de su historia temprana. Esta posición en el árbol evolutivo de las ranas es relevante para conocer patrones evolutivos de las ranas modernas.**



Imagen: Gentileza de los autores

El tomógrafo se conecta a una pc para la previsualización de la tomografía

El fósil va aquí

Microtomógrafo

**Figura 7. Y-TEC, la empresa de base tecnológica de YPF y CONICET en Berisso, Provincia de Buenos Aires. En el microtomógrafo Skyscan de Y-TEC se realizó la tomografía computada, cuyas imágenes fueron la base del estudio digital de la egagrópila.**

lo que no nos interesa.

### Una receta para cocinar ciencia

A primera vista se podría pensar que este proceso de generación y análisis de modelos tridimensionales es algo extremadamente complicado, sólo realizable por especialistas que trabajan durante meses arduamente en frente de la pantalla de una computadora. Y la realidad no dista mucho de esta impresión. No obstante, explicaremos brevemente cómo se pasa del trabajo de campo a la computadora.

Lo primero, obviamente, es encontrar el fósil, lo que de por sí es un evento extremadamente raro y afortunado. Pero aún más raro y afortunado es que llegue en el mismo estado de preservación y con toda su información a los laboratorios paleontológicos (de allí la importancia de denunciar siempre ante los organismos estatales el hallazgo de un fósil; ellos contactarán a gente capacitada en la extracción y estudio del mismo).

Una vez que el fósil está en el laboratorio, podemos optar entre realizar la preparación mecánica del material, es decir, remover el sedimento hasta alcanzar los niveles de hueso más superficiales, o llevarlo directamente a los establecimientos donde se realizan las imágenes para su posterior estudio, previa obtención de los permisos correspondientes. Lo más común en paleontología es que las imágenes sean obtenidas a través de tomógrafos computarizados (tanto convencionales como microtomógrafos).

Una vez obtenidas las imágenes, se procede a su análisis a través de la segmentación y la generación del modelo tridimensional (ver Figura 8). La segmentación es el proceso más arduo de esta etapa y consiste en la discriminación selectiva del fósil respecto del sedimento que lo rodea en cada una de las distintas "imágenes paralelas" (como se explicó más arriba, en las imágenes que representan los distintos planos del

fósil en estudio). Este proceso es análogo a recortar círculos de papel de distinto diámetro, para luego apilarlos y generar una esfera. Existen varias formas de segmentar las imágenes, ya que se puede confiar en diversos algoritmos especializados de los softwares que brindan esta herramienta. Sin embargo, si se quiere tener el mayor control posible de este proceso, que es el que determinará en última instancia el modelo tridimensional, lo más conveniente es realizar esta selección manualmente. Y esto puede llevar mucho tiempo, ya que las tomografías producen una inmensa cantidad de planos.

Finalizada la segmentación de imágenes se procede a la generación del modelo tridimensional propiamente dicho, el que puede ser fácilmente estudiado, manipulado. A su vez, estos modelos pueden ser la base de estudios ulteriores que, de otra manera, serían imposibles de realizar (por ejemplo, el análisis de la dinámica de eyección de egagrópilas del ave que la generó o la reconstrucción de las partes faltantes del esqueleto de la rana).

No obstante, un investigador debe tener siempre presente que las reconstrucciones digitales son hipótesis de trabajo, por lo que siempre es posible que sean mejoradas o reinterpretadas en función de nuevos avances científico-tecnológicos.

### ¡Quién te ha visto y quién te ve!

Los paleontólogos somos biólogos del pasado, mezcla con detectives privados. Como tales, armamos un rompecabezas cuyas piezas están en buena medida rotas o deformadas y muchas de ellas, incluso, ni siquiera están. Las preguntas que nos hacemos, sin embargo, son las mismas que se hacen los biólogos "de actuales" (es decir, los neontólogos), pero las respuestas tienen otro grado de certidumbre. A pesar

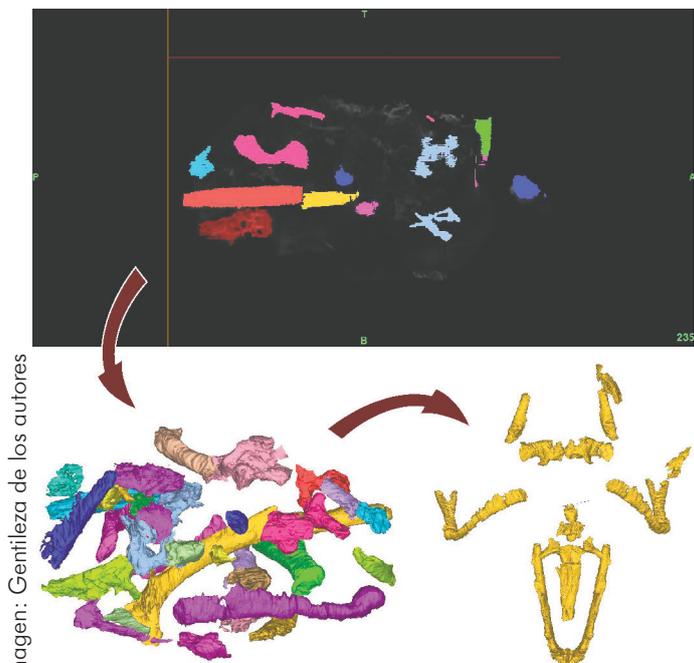


Imagen: Gentileza de los autores

**Figura 8. Proceso de segmentación de la egagrópila fósil para el modelado 3D. Arriba, una de las tantas "imágenes paralelas" obtenidas desde el microtomógrafo. En esa imagen se puede ver una sola "rodaja" de la egagrópila, y los distintos tonos corresponden a las zonas que fueron manualmente discriminadas por reconocerse diferencialmente el fósil del sedimento circundante. La superposición de todas esas rodajas trabajadas de tal manera permite compilar la información en una imagen tridimensional en la que se accede al contenido interno de la pieza. Una vez realizado este trabajo se puede, por ejemplo, reconstruir el esqueleto a partir de las mismas piezas digitales.**

de los avances de la ciencia en predecir, a partir de modelos, edades de distintos tipos de eventos (aparición de grupos de organismos o extinciones, por ejemplo), los fósiles son los únicos que proveen una ventana a un pasado impredecible, con fechados de eventos que ocurrieron en una geografía y marco ecológico distinto al actual y en un contexto diferente; toda esta, información inaccesible desde los estudios de organismos vivos.

Sin ir más lejos de lo aquí relatado, el estudio de la evidencia fósil atrapada en las rocas de la Formación Salamanca nos cuenta de un pasado boscoso y faunísticamente muy diverso en la región costera del sur de Chubut, inimaginable desde la perspectiva de la estepa semidesértica que se puede recorrer en la actualidad. El descubrimiento de esta egagrópila en estas mismas rocas agrega nuevas evidencias sobre el ecosistema extinto: por un lado, indica la interacción entre dos integrantes de la fauna, un ave depredadora y una rana (¡ipobrecita!); además, nos cuenta que esa ave depredadora tenía un comportamiento de alimentación similar al de las aves de presa vivientes (ver Figura 9). Si bien aún no se conocen restos óseos de aves para esta formación, como se mencionó anteriormente, sabemos que estuvieron presentes en el mesozoico de

Sudamérica y, claramente, sobrevivieron a la extinción K/T. Sabemos también que las aves, en Sudamérica, son más diversas en el registro fósil a partir del Eoceno/Oligoceno. Entonces, esta egagrópila nos confirma indirectamente que, a principios del Cenozoico, las aves habitaban la región y alimenta las esperanzas de que tarde o temprano sus restos óseos serán encontrados en el registro fósil. Sin embargo, la asociación de futuros hallazgos de restos fósiles de aves con el ave productora de esta egagrópila, sabemos, no será fácil de establecer.

Desde entonces hasta la actualidad la Patagonia oriental transitó un proceso de aridización y disminución de la temperatura bien registrado en las rocas, estudiado y analizado especialmente desde restos de plantas fósiles, como troncos, hojas, polen y esporas.

En lo que hace a las ranas de la familia Calyptocephalellidae, actualmente están extintas del territorio argentino, y sus restos fósiles más modernos datan de aproximadamente 15 millones de años. Sin embargo, continuaron su historia evolutiva al otro lado de la cordillera de los Andes, y las cinco especies vivientes que componen esta familia (la mencionada *Calyptocephalella gayi* y cuatro especies del género *Telmatobufo*) se distribuyen especialmente en ríos, lagos y lagunas del centro y sur de Chile. Calyptocephalellidae, entonces, constituye un grupo de ranas que estaba ya presente en la Patagonia de fines del Mesozoico, sobrevivió a la extinción K/T para luego poblar extensa y abundantemente el territorio patagónico durante buena parte del Cenozoico y hoy todavía sobrevive en el territorio sudamericano. Estas humildes ranitas tienen una larga historia evolutiva, cargada de cataclismos, cambios climáticos y transformaciones geográficas inverosímiles. En algo más de 70 millones de años, vieron aparecer, prosperar y extinguirse muchos nuevos grupos de animales y plantas, mientras ellas muestran cambios relativamente menores. Los longevos calyptocephalellidos son nuestros testigos de un paisaje diferente y extraño, esta es una historia incompleta contada por los sobrevivientes actuales y fósiles como nuestra sorprendente egagrópila; algunas de las páginas faltantes seguramente nos aguardan asomando en alguna colina desolada de la Patagonia.

### Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer a los editores de Desde La Patagonia por la invitación a enviar este artículo a la revista. Agradecemos también a Eduardo Ruigomez, responsable de las colecciones del Museo Paleontológico Egidio Feruglio, por el acceso al material. También, a los técnicos paleontólogos que trabajaron sobre el fósil, Santiago Reuil y Leandro Canessa, y a los técnicos del microtomógrafo SkyScan, María Bernarda Epele y Mariano Cipollone. Extendemos el agradecimiento a Sergio Bogan por el acceso a

egagrópilas de aves actuales en las colecciones de la Fundación Azara, y a Pedro H.M. Fonseca por las discusiones sobre egagrópilas. El proyecto se realizó en parte con los subsidios de CONICET-Agencia de Promoción Científica y Técnica, Argentina PICT-2014-0564, PICT-2016-3682, y subsidios de la NSF DEB 0946430 y DEB 1068089 a GWR.

### Glosario

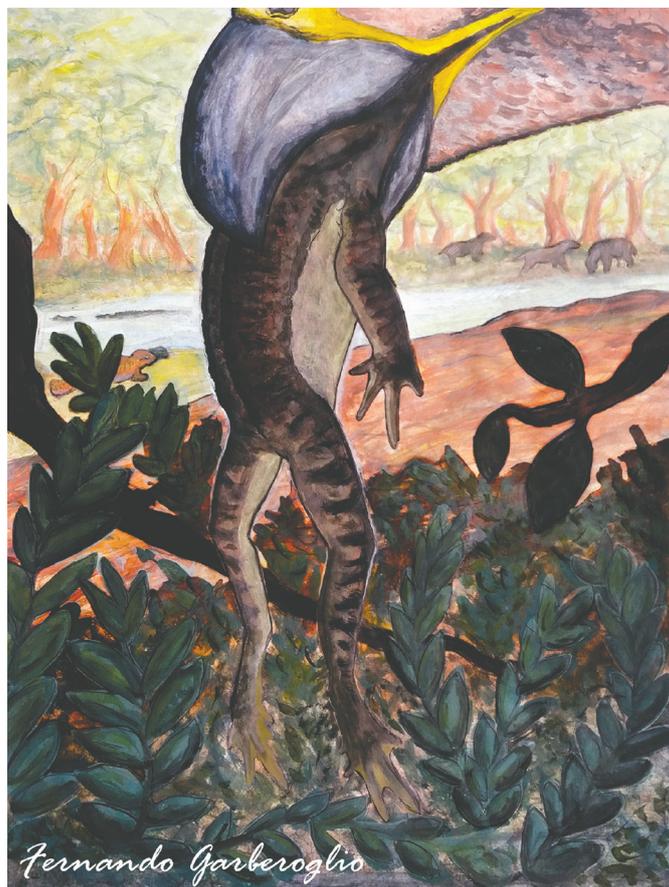
**Meiolánidos:** grupo de tortugas extintas, que vivieron entre el Cretácico y el Holoceno. Estaban fuertemente acorazadas, eran de gran tamaño, de hábitos terrestres y probablemente herbívoras.

**Esfenodontes:** grupo de reptiles de pequeño a mediano porte, actualmente representado por dos especies del género *Sphenodon*, popularmente conocido como Tuátara, que habitan en Oceanía. Junto con los escamados (es decir, lagartos, serpientes y anfisbénidos) constituyen el grupo Lepidosauria.

**Egagrópila:** bola formada por restos de alimentos no digeridos que regurgitan algunas aves. El vómito, en cambio, es la eyección de alimento de forma involuntaria, ya sea digerido o no.

**Coprolito:** tipo de fósil de origen animal que corresponde a excrementos fosilizados. Suelen presentarse en forma de concreción fosfatada.

**Deltaica:** relativo a un área de depósito de sedimentos acarreados por un flujo de agua, luego de que este último pierde energía abruptamente. Esto ocurre cuando el cauce del río se amplía rápidamente o cuando ingresa en un cuerpo de agua libre o estancada, tal como un río que vierte sus aguas en un lago.



**Figura 9. Representación de Punta Peligro hace 64 millones de años, en el preciso momento en que la rana *Calyptocephalella sabrosa* es presa de un ave. De fondo, el bosque que cubría el terreno y parte de la fauna acompañante: cocodrilos en el agua, un ejemplar de *Monotrematum sudamericanum* y algunos *Escribania chubutensis* caminando a lo lejos.**

## Resumen

Rocas sedimentarias expuestas en la localidad paleontológica Punta Peligro, en la costa de Chubut, conservan evidencia fósil de cómo fue la región alrededor de 64 millones de años atrás. Sorprendentemente, estaba cubierta por un bosque subtropical poblado de una gran variedad de animales. Recientemente, a partir del hallazgo de una curiosa pieza que encerraba diversas evidencias paleontológicas, a la abundante fauna extinta se sumaron una nueva especie de rana, pariente de la actual rana grande chilena, y un ave de presa, de la que sólo sabemos su gusto por comer ranas de un bocado y su rechazo por los huesos.

10

## Para ampliar este tema

- Muzzopappa, P., Martinelli, A. G., Garderes, J. P., and Rougier, G. W. (2020). Exceptional avian pellet from the Paleocene of Patagonia and description of its content: a new species of calyptocephalellid (Neobatrachia) anuran. *Papers in Palaeontology*, 8: 1-14.
- Defler, T. (2019). History of terrestrial mammals in South America. How South American mammalian fauna changed from the Mesozoic to Recent times. Dordrecht.
- Lautenschlager, S. (2017). From bone to pixel fossil restoration and reconstruction with digital techniques. *Geology Today*, 33 (4): 155-159.

## RESEÑA DE LIBRO

### Género, sexualidades y mercados sexuales en sitios extractivos de América Latina

**Susanne Hofmann y Melisa Cabrapan Duarte, compiladoras.**

2019.

ISBN 978-607-30-1789-3

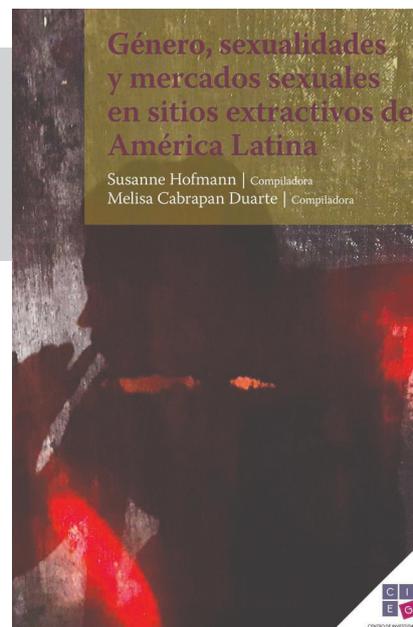
Centro de Investigaciones y Estudios de Género,  
Universidad Nacional Autónoma de México,  
Coyoacán, México, 334 pp.

En castellano.

**Reseña realizada por María Marta Quintana**

Universidad Nacional de Río Negro, IIDyPCa,  
CONICET. mariamarta.quintana@gmail.com

Este volumen reúne once trabajos, centrados en el estudio de experiencias generizadas en entornos extractivos de recursos naturales, y se divide en dos partes: "La movilidad del género en economías extractivistas: roles y movilidades en disputa"; y "Mercados sexuales en contexto: representaciones y prácticas sexoeconómicas en cuestión". Su propósito principal es analizar la complejidad de los modos en que se entrelazan las actividades extractivas y de género en Latinoamérica, y desarrollar herramientas analíticas de mayor sofisticación. En este sentido, además de problematizar la visión dicotómica del extractivismo como "bendición" o "maldición", y a distancia de ciertos mitos que suponen una conexión "natural" de las mujeres con la tierra y el cuidado, mediante abordajes etnográficos, se busca poner de manifiesto cómo las economías extractivas crean nuevos dominios de género para el ejercicio del poder y nuevas luchas por la autoridad. En aras de construir una epistemología feminista de la extracción de recursos, el libro debate con una amplia literatura que despolitiza las relaciones ambientales, comunitarias y de género que se articulan en y con las industrias extractivas. Las coordinadoras señalan lo limitado que resulta equiparar sin más el patriarcado con la acumulación capitalista, y cuestionan la afirmación de que los proyectos extractivos producen efectos negativos y homogéneos en la vida de las mujeres. Los trabajos compilados en la primera parte coadyuvan a dismantelar las narrativas -activistas y/o académicas-



que entienden las actividades extractivas como esencialmente masculinas, evidenciando cómo invisibilizan las prácticas informales, artesanales y de minería a pequeña escala en la que participan mujeres, y a las trabajadoras de las minas y los pozos, además de desestimar las reconfiguraciones de los roles sexo-genéricos que tienen lugar en los entornos extractivos. En ese sentido, también se advierte que otras mujeres trabajan en industrias periféricas, como la venta de alimentos, de ropa, de otros bienes o artículos, y de sexo. Hofmann y Cabrapan señalan que -si bien el modo de entender el comercio sexual en sitios de explotación de recursos naturales depende de cómo se valoren la prostitución y el extractivismo-, la tendencia es la de victimizar a las mujeres que se dedican a la venta de sexo. En contraste, los capítulos reunidos en la segunda parte del libro buscan desarmar interpretaciones hegemónicas para cartografiar cómo se articulan las economías extractivas con las economías sexo-afectivas. En síntesis, la apuesta del conjunto es generar un entendimiento feminista interseccional que permita apreciar la enorme evidencia de la participación de las mujeres -indígenas, campesinas, mestizas, afrodescendientes- en entornos extractivos, tanto en las actividades productivas como en el hogar, así como su resistencia a las explotaciones de las industrias extractivistas. En virtud de ello, representa una contribución ineludible para el análisis de los procesos, tensiones y disputas vinculadas con el extractivismo, el neo-extractivismo, el patriarcado, el Estado, el paradigma del desarrollo, la colonialidad y el "buen vivir" en nuestra región.

## ARQUEOGENÉTICA EN LA PATAGONIA AUSTRAL

**7.000 AÑOS DE HISTORIA EN EL FIN DEL MUNDO**

El estudio de genomas antiguos contribuye a reconstruir la historia de las poblaciones humanas de Patagonia Austral. Se identificaron movimientos migratorios asociados a cambios tecnológicos y se observó mestizaje entre poblaciones vecinas.

**Josefina M. B. Motti, Pierre Luisi, Mónica Salemme, Fernando Santiago y Rodrigo Nores**

La arqueogenética es una disciplina que analiza el ADN recuperado a partir de restos humanos del pasado. El estudio de la variación genética en individuos antiguos de Patagonia Austral, articulado con el conocimiento arqueológico, permite entender mejor cómo se pobló esta región, tan especial por ser

uno de los últimos rincones del mundo en colonizarse. El registro arqueológico da cuenta de transiciones culturales que ocurrieron en diferentes épocas y zonas geográficas de Patagonia Austral, como desarrollos tecnológicos asociados a cambios en materias primas, herramientas y armas usadas. Se destaca en la región el desarrollo de canoas y arpones de hueso para aprovechar los recursos marinos. Para explicar estos cambios culturales, se han formulado distintas hipótesis de movimientos poblacionales en el pasado, tales como migraciones hacia esta región y entre las poblaciones que la habitaban. En el presente artículo se describen los resultados de un estudio arqueogenético recientemente publicado en la revista Nature Communications (ver Nakatsuka et al., 2020, del cual los autores de este artículo formaron parte), en el que fue posible inferir distintos procesos demográficos que ocurrieron en Patagonia Austral en los últimos 6.600 años. Esto se logró a partir de la caracterización de centenares de miles de marcadores genéticos (ver Glosario) a lo largo del genoma (ver Glosario) de 19 individuos, de los cuales se cuenta con restos esqueléticos, y de la comparación de esta información genética con la ya existente para otros individuos con diferente antigüedad, tanto de la región (ver Tabla 1 y Figura 1) como de América. Estos análisis indican que el surgimiento de la especialización para el aprovechamiento de recursos marinos no se asocia a la llegada de una población diferente desde otra región, sino que estaría relacionada a un desarrollo local o al aprendizaje por transmisión cultural. A su vez, los datos analizados dan cuenta de una continuidad genética parcial desde hace al menos 6.600 años, es decir que, hasta el presente, los pobladores de la región comparten antepasados que vivieron allí miles de años atrás. También se identifican dos eventos posteriores de migración desde el norte que coinciden temporalmente con algunos cambios tecnológicos, los que estarían asociados con estos movimientos poblacionales hacia Patagonia Austral. Finalmente, las afinidades genéticas entre grupos vecinos atestiguan el mestizaje (ver Glosario) que ocurrió hace entre 2.200 y 1.200 años.

**Palabras clave:** ADN antiguo, arqueología, Patagonia, Tierra del Fuego.

**Josefina M. B. Motti**<sup>1</sup>

Dra. en Ciencias Naturales  
josemotti@yahoo.com.ar

**Pierre Luisi**<sup>2</sup>

Dr. en Biomedicina  
pierre.luisi@unc.edu.ar

**Mónica Salemme**<sup>3,4</sup>

Dra. en Ciencias Naturales, orientación Arqueología  
monica.salemme@gmail.com

**Fernando Santiago**<sup>3,4</sup>

Dr. en Arqueología  
ersant2@gmail.com

**Rodrigo Nores**<sup>2,5</sup>

Dr. en Ciencias Químicas  
rodrigonores@ffyh.unc.edu.ar

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Sociales, NEIPHPA-CONICET, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Quequén, Argentina

<sup>2</sup> Facultad de Filosofía y Humanidades, Departamento de Antropología, Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Córdoba, Argentina

<sup>3</sup> Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), CONICET, Ushuaia, Argentina

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTDF), Ushuaia, Argentina

<sup>5</sup> Instituto de Antropología de Córdoba (IDACOR), CONICET - Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Córdoba, Argentina

Recibido: 11/09/2020. Aceptado: 20/11/2020.

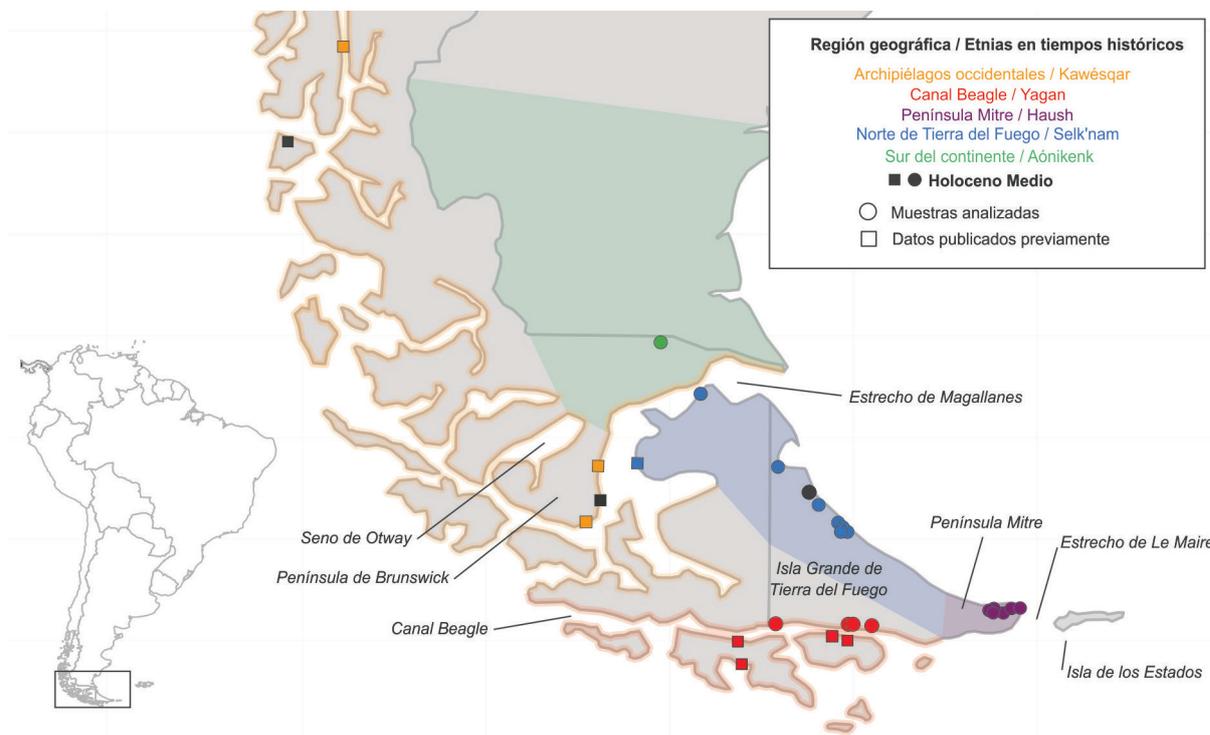


Imagen: Modificada de Nakatsuka et al. (2020).

**Figura 1. Mapa de la región de estudio. Cada punto representa un individuo.**

**Más de 12.000 años de historia**

El registro arqueológico del extremo sur de Patagonia (al sur del paralelo 49°) da cuenta de una ocupación humana de más de 12.000 años (ver Figura 2). Son pocos los sitios que se conocen para los períodos denominados Holoceno (ver Glosario) temprano (entre 13.000 y 8.500 años antes del presente AP, aproximadamente) y medio (entre 8.500 y 3.500 años AP). Sin embargo, la densidad de sitios es considerablemente mayor para el Holoceno tardío (menos de 3.500 años AP). Para los últimos siete milenios, la investigación arqueológica ha proporcionado evidencia de múltiples cambios en la cultura material (ver Glosario) que podrían haber estado asociados con la llegada de nuevos grupos a la región.

El primer cambio se relaciona con la aparición de nuevas estrategias de aprovechamiento de los recursos marítimos, incluyendo la adopción de canoas y la fabricación de arpones en hueso hace unos 6.700 años en las costas del Canal Beagle y del Estrecho de Magallanes. Ello hizo posible la caza de lobos marinos y otros pinípedos (ver Glosario) en temporadas en las que no estaban disponibles en la costa, y permitió la ocupación recurrente de los archipiélagos por parte de poblaciones nómadas de cazadores-recolectores. Se han formulado distintas hipótesis para explicar el desarrollo de esta tecnología: por un lado, se propuso que se trataría de una adaptación local de los cazadores-recolectores terrestres ya asentados en la región y, por el otro, que las nuevas tecnologías de navegación se habrían difundido desde el norte mediante transmisión del conocimiento o movimiento de personas.

**Tabla 1. Muestras analizadas. Se destacan en negrita aquellas cuyos datos fueron generados por nuestro equipo de trabajo.**

Grupo	Nombre del sitio / Expedición	Antigüedad aproximada (años AP)	Número de muestras
Holoceno medio	Ayayema	4.700	1
	<b>La Arcillosa 2</b>	<b>5.800</b>	<b>1</b>
	Punta Santa Ana	6.600	1
Archipiélagos occidentales	Expedición Hagenbeck	100	5
	Punta Santa María	600	1
	Yekchal	1100	1
Canal Beagle	<b>Acatushún</b>	<b>100</b>	<b>1</b>
	<b>Almanza</b>	<b>200</b>	<b>2</b>
	Misión Cabo de Hornos	100	3
	Isla Hoste	1.000	1
	Puerto Williams	600	1
Península Mitre	<b>Río Pipo</b>	<b>1.500</b>	<b>1</b>
	<b>Caleta Falsa - S3</b>	<b>300</b>	<b>1</b>
	<b>Caleta Falsa - S7</b>	<b>300</b>	<b>1</b>
	<b>Caleta Falsa - S8</b>	<b>500</b>	<b>3</b>
	<b>Río Policarpo</b>	<b>400</b>	<b>1</b>
	<b>Faro Mendez</b>	<b>100</b>	<b>1</b>
	<b>Margen Sur</b>	<b>700</b>	<b>3</b>
Norte de Tierra del Fuego	<b>Pozo Tierra del Fuego 1</b>	<b>100</b>	<b>1</b>
	<b>Puesto Pescador 1</b>	<b>400</b>	<b>1</b>
	Misión Rousson y Willems	100	3
Sur del continente	<b>Río Grande</b>	<b>500</b>	<b>1</b>
	<b>Cerro Johnny</b>	<b>400</b>	<b>1</b>

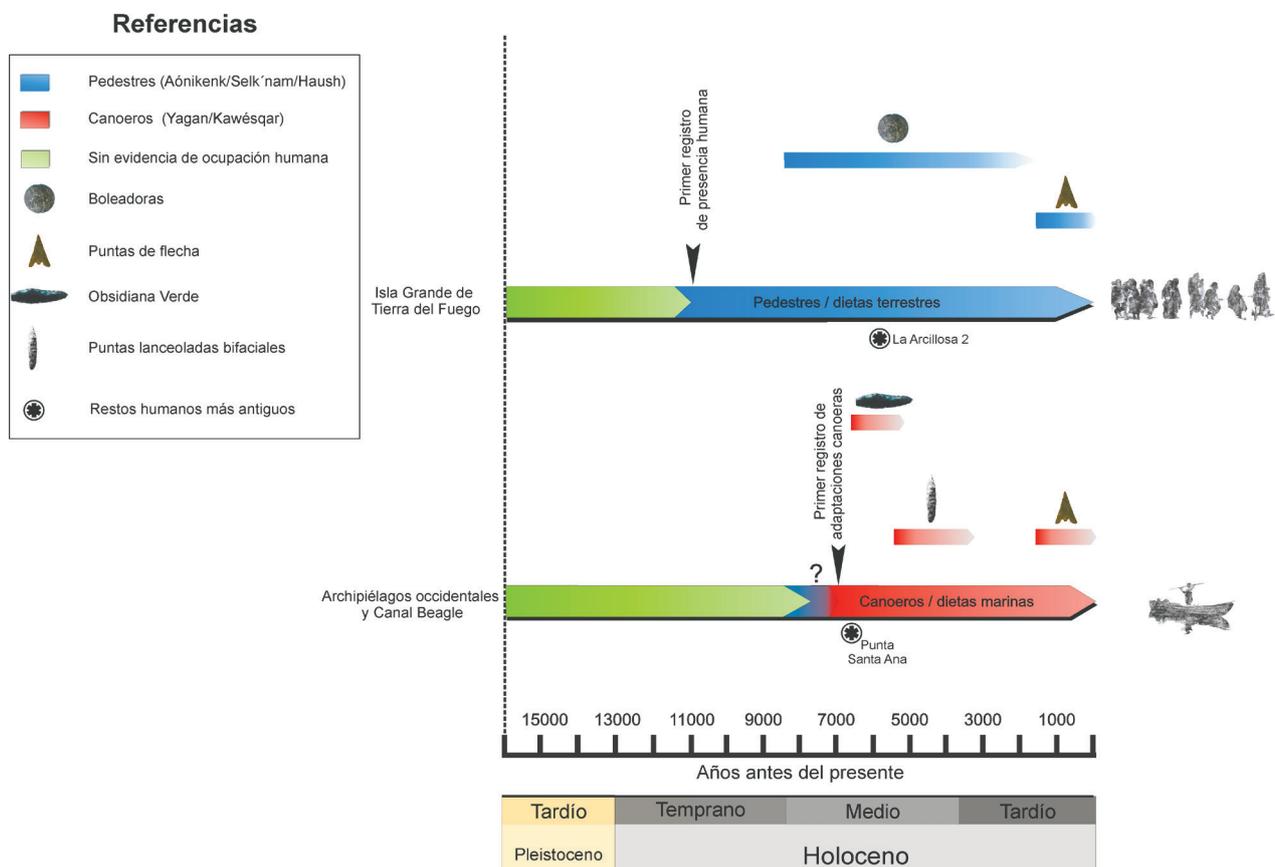
El segundo cambio ocurrió en los archipiélagos occidentales e implicó variaciones en el uso de las materias primas y en la morfología de las herramientas. Los artefactos de obsidiana verde (ver Glosario) que caracterizan al período comprendido aproximadamente entre 6.700 y 6.300 años AP, fueron reemplazados por grandes puntas líticas bifaciales (ver Glosario) de forma lanceolada (ver Figura 2) y manufacturadas con otras materias primas aproximadamente entre los años 5.500 y 3.100 AP. Se ha sugerido que el abandono del uso de la obsidiana verde refleja la pérdida del conocimiento sobre la ubicación de la cantera de extracción de esta materia prima, debido posiblemente a la llegada de grupos humanos no familiarizados con su nuevo territorio.

El tercer cambio implicó innovaciones tecnológicas que tuvieron lugar alrededor de 2.000 años AP, coincidentes con un aumento demográfico en toda la región. El registro arqueológico del Canal Beagle muestra una diversificación en los diseños de las puntas de proyectil líticas, lo que ha sido interpretado como una reorganización y ampliación en las estrategias de adquisición de presas. En los archipiélagos occidentales, la obsidiana verde volvió a ser utilizada como materia prima y, en el norte de Tierra del Fuego, el uso de boleadoras para la caza cesó hace aproximadamente 1.500 años, luego de miles de años de emplear este tipo de arma. Además, un nuevo tipo de punta lítica pedunculada (ver Glosario) usada como

cabezal para armas de proyectil apareció hace unos 2.000 años, lo que culminó con la incorporación de la tecnología de arco y flecha hace aproximadamente 900 años AP, al reducirse su tamaño. La similitud de estas puntas de proyectil del Holoceno tardío con las de épocas posteriores al contacto con los europeos documenta una continuidad cultural desde hace al menos 2.000 años; sin embargo, esto no prueba la continuidad biológica, ya que las técnicas pueden ser copiadas y entornos similares pueden llevar a innovaciones paralelas.

**Los pueblos originarios de la región**

Cuando los europeos llegaron a la Patagonia Austral en el siglo XVI describieron cinco grupos nativos de cazadores-recolectores (ver Figura 1) que practicaban dos estrategias de subsistencia optimizadas para diferentes geografías: las mesetas y las tierras bajas del este y del norte, y las costas irregulares con islas y archipiélagos en el oeste y en el sur. Los Aónikenk (o Tehuelches del sur), que habitaban la vertiente oriental del territorio continental y los Selk'nam (u Onas), que ocupaban el norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego, explotaban principalmente recursos terrestres, tales como guanacos, roedores, zorros y aves a través de la caza, y adicionalmente peces y moluscos mediante la pesca y recolección en la costa. Los Yaganes (o Yámanas) en la región del Canal Beagle y los Kawésqar (o Kawéskar o Alacalufe) en



los archipiélagos occidentales (incluyendo el Estrecho de Otway y las costas del Estrecho de Magallanes) dependían en gran medida de los recursos marinos, a los que podían acceder fácilmente con canoas fabricadas con corteza de guindo, particularmente para la caza de lobos marinos. Los Haush (o Mánekenk), que ocuparon la Península Mitre, en el extremo sudoriental de la Isla Grande de Tierra del Fuego, cazaban animales tanto terrestres como marinos, aunque no disponían de tecnología de navegación. Las relaciones entre los cinco grupos han sido objeto de debate, ya que algunos autores sostienen que el mestizaje entre los diferentes grupos era común en las zonas fronterizas, mientras que otros sugieren que tales uniones eran poco frecuentes.

Cabe aclarar que se mantuvieron los nombres con los que los pueblos originarios se autodenominan desde el momento del contacto europeo-indígena (Selk'nam, Haush, Yagan, Kawésqar y Aónikenk) aun para referirse a individuos/poblaciones anteriores. Sin embargo, es importante recordar que no es posible afirmar que las poblaciones anteriores al contacto también se nombraran a sí mismas de esta manera.

Desde el punto de vista de la cultura material, la dependencia compartida de los recursos marinos de Yaganes y Kawésqar y de los recursos terrestres de los Selk'nam y los Aónikenk podría estar indicando que descienden de dos poblaciones diferenciadas hace mucho tiempo. Sin embargo, las afinidades culturales de los Haush han sido tema de discusión. Por un lado, desde la etnografía se han documentado sistemas simbólicos compartidos con los Selk'nam del norte -por ejemplo, la celebración del Hain, ceremonia de la iniciación masculina a la edad adulta-, sugiriendo que los Haush podrían considerarse como un subgrupo oriental de una entidad más amplia que también incluye a los Selk'nam, sin una relación cultural con los Yaganes. Por otro lado, los análisis zooarqueológicos de los sitios de Península Mitre dan cuenta de una gran dependencia del consumo de recursos litorales, especialmente moluscos, aves y lobos marinos. A su vez, los datos de ocupaciones humanas en la Isla de los Estados, separada de la Península Mitre por el Estrecho de Le Maire, indican que las poblaciones de la región también hicieron uso de canoas en algún momento.

Desde un punto de vista lingüístico, hay fuertes correlaciones con la dieta y la geografía. Por un lado, las lenguas de los Aónikenk, Selk'nam y Haush pertenecen a la familia lingüística Chon. Por otro lado, los Kawésqar y Yaganes suelen ser considerados como aislados lingüísticos, aunque algunos estudiosos consideran que sus lenguas están relacionadas.

A partir de los estudios de la forma de los esqueletos del cuerpo, se infiere que hay diferencias sorprendentes entre los grupos. En el momento del contacto europeo,

los grupos cazadores-recolectores terrestres tenían una estatura significativamente mayor (1,80 metros en promedio) que los marítimos (1,57 metros). Estas diferencias han sido interpretadas como otro indicio de la existencia de dos poblaciones ancestrales, una correspondiente a la vertiente del Atlántico (terrestre) y otra a la vertiente del Pacífico (marítima). Finalmente, otros estudios han interpretado la uniformidad morfológica de los esqueletos más antiguos de esta región como prueba de un único origen con una gran profundidad temporal y una posterior diferenciación ocurrida localmente.

Aunque los estudios genéticos hasta la fecha son limitados, tanto en el número de individuos antiguos estudiados como en los marcadores genéticos tipificados, existen evidencias de que los grupos fundadores de Patagonia Austral estaban constituidos por pocos individuos, tal como lo sugiere el registro arqueológico (sitios pequeños, registros fragmentarios). Además, una vez establecidas las poblaciones en la región, éstas se mantuvieron bastante aisladas y con baja densidad poblacional.

Teniendo en cuenta los estudios previos en la región, surgen varias preguntas que pueden ser abordadas a través de estudios genéticos, tales como: ¿Qué grado de continuidad biológica hubo a través del tiempo en la región? ¿Hay algún cambio genético detectable en las poblaciones que se correlacione con la especialización para la dieta marina surgida hace aproximadamente 6.700 años? ¿Se pueden asociar los cambios tecnológicos, como el abandono del uso de la obsidiana verde a partir del 5.500 AP, y la transición del uso de boleadoras a puntas líticas pedunculadas hace unos 2.000 años AP, con movimientos poblacionales? ¿Hubo mestizaje entre los grupos vecinos de Patagonia Austral? ¿En qué grado? ¿Eran los habitantes de la Península Mitre más similares genéticamente a los grupos cazadores-recolectores marítimos o a los terrestres? ¿Cómo se relacionan los grupos antiguos con los que se encuentran después del contacto europeo-indígena?

### **¿Cómo se recupera la información del pasado?**

Para profundizar en el conocimiento de la historia evolutiva de las poblaciones de la Patagonia Austral se generaron datos genómicos para 19 restos humanos procedentes de las distintas zonas geográficas de la región. Éstos fueron encontrados de manera fortuita, recuperados para evitar su deterioro o pérdida por la acción de agentes naturales, y conservados en instituciones públicas. Antes de la toma de muestras, se realizaron actividades educativas y se mantuvieron conversaciones con miembros de diferentes comunidades originarias de Patagonia Austral acerca de los objetivos, alcances y limitaciones de los estudios de ADN. Durante esas charlas se recibió el apoyo e

interés de algunos de estos miembros para realizar estudios genéticos. Como en el momento de la toma de muestras (año 2016) no existía aún un protocolo para la obtención del consentimiento a nivel comunitario, las muestras fueron tomadas con el permiso de las autoridades de las instituciones que resguardan a los individuos, y exportadas de acuerdo a la legislación vigente, es decir, con la autorización de la Dirección Provincial de Museos y Patrimonio Cultural de la Provincia de Tierra del Fuego y del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano. Finalmente, los resultados de esta investigación fueron compartidos con miembros de las comunidades del sur de Patagonia.

Para hacer la extracción del ADN antiguo (ADNa), como se denomina al ADN que se recupera de muestras biológicas de origen arqueológico, se utilizó un diente de cada individuo, ya que el esmalte dental actúa como una cubierta protectora que favorece la preservación del material genético en su interior. Con el transcurso del tiempo, el ADN se va degradando y fragmentando, por lo que la obtención de ADNa requiere de condiciones experimentales muy estrictas, tanto para favorecer su recuperación como para evitar la contaminación con ADN humano moderno. Las muestras fueron pulverizadas en un molino criogénico, que produce la fractura de los dientes por enfriamiento con nitrógeno líquido y posterior percusión con un vástago de metal, hasta alcanzar una desintegración completa. Parte del polvillo obtenido se digirió enzimáticamente para terminar de romper las estructuras sólidas y liberar las moléculas de ADNa encerradas en su interior. El ADNa se recuperó mediante filtración en columnas de sílice, un compuesto con afinidad para captar ADN. Luego de la aplicación de diversas técnicas moleculares para purificar y multiplicar la cantidad de ADNa extraído, se secuenciaron (ver Glosario) más de un millón de variantes genéticas a lo largo del genoma de cada individuo. Esta nueva información generada fue comparada con datos publicados previamente, correspondientes a 17 individuos de origen arqueológico de Patagonia Austral (Tabla 1 y Figura 1) y a miembros de comunidades originarias que viven actualmente en la región.

Por otro lado, con el excedente del polvillo de los dientes se realizó la estimación de la antigüedad de cada individuo, a través de la técnica de datación por carbono 14 ( $C^{14}$ ). El método consiste en la extracción y purificación del colágeno presente en los dientes, proteína en la cual se mide la cantidad del isótopo (ver Glosario) radiactivo  $C^{14}$ . Este isótopo se incorpora naturalmente y en muy bajas proporciones al organismo a través de la alimentación, durante toda la vida. Al momento de la muerte, el  $C^{14}$  deja de incorporarse y la radioactividad comienza a decaer, reduciendo la

mitad de su radiación cada 5.730 años. En función de la cantidad de radiación medida en cada individuo es posible estimar el tiempo transcurrido desde su muerte (ver Tabla 1).

### ¿Qué aportan los estudios genéticos?

Los análisis de centenares de miles de marcadores genéticos de individuos de origen arqueológico correspondientes a un amplio rango espacio-temporal pueden ofrecer mucha información para inferir procesos demográficos del pasado, tales como la migración o el mestizaje.

El ADN es una macromolécula que se encuentra en todas las células de nuestro organismo y que contiene la información genética que se hereda de generación en generación. Esta información está codificada en forma de bases nitrogenadas ordenadas secuencialmente, las cuales pueden tomar el valor de adenina, timina, guanina o citosina (A, T, G y C), y organizada en cromosomas. La información genética se recibe de los progenitores a través de la reproducción sexual: en nuestra especie el espermatozoide y el óvulo contienen 23 cromosomas cada uno, por lo que mediante la fecundación se reconstituye la carga genética total de 23 pares de cromosomas del nuevo individuo. La maquinaria para copiar la molécula de ADN es altamente fiable, por lo que en cada duplicación del genoma se producen muy pocos errores. Estos errores son las mutaciones genéticas, estimándose que hay un promedio de una mutación cada 40 millones de bases. Es decir, un individuo presentará sólo 175 mutaciones en todo su genoma si se lo compara con el de sus progenitores. La mutación constituye una fuerza evolutiva, ya que es la fuente de la variabilidad genética. Las mutaciones se acumulan generación tras generación, y su frecuencia en las poblaciones varía en el tiempo según el accionar de las otras tres fuerzas evolutivas: la migración, la selección natural y la deriva genética, que se explicará a continuación. El estudio de los cambios en la composición genética de las poblaciones es el campo de acción de la genética de poblaciones.

Para descifrar cómo se moldeó la diversidad genética dentro y entre las poblaciones, se buscan los modelos matemáticos que mejor expliquen los efectos esperados de las diferentes fuerzas evolutivas sobre los cambios de frecuencia de las mutaciones en las poblaciones generación tras generación. Estos modelos evolutivos predicen la tasa de aparición de estas mutaciones y su posterior difusión en las poblaciones. Para ello, se parte de un modelo de base en el cual ninguna de las fuerzas evolutivas está actuando en la población (modelo nulo). En este caso, la composición genética no cambia generación tras generación, es decir la población no evoluciona. Si a este modelo se le añaden fuerzas evolutivas, se

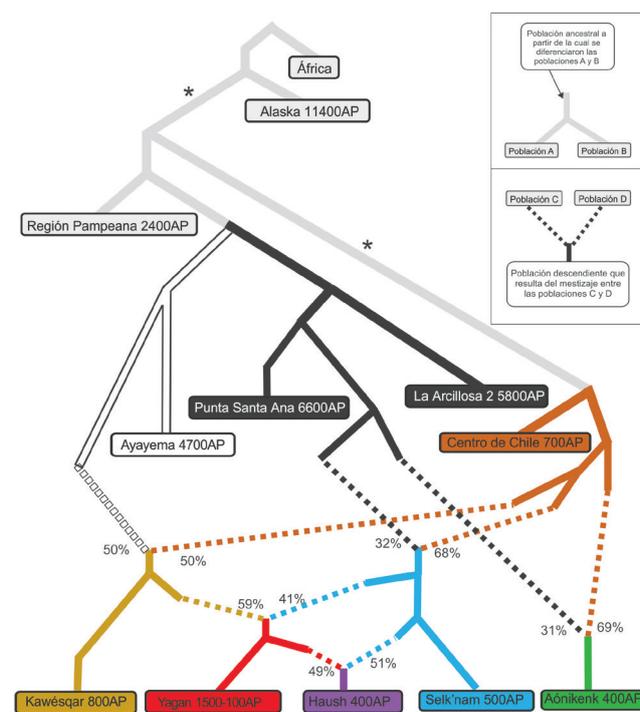
esperan cambios en la composición genética. Primero, la selección natural influye sobre la probabilidad de herencia de las mutaciones, que codifican rasgos que proporcionan mayores o menores posibilidades de que un organismo se reproduzca y/o sobreviva en un entorno determinado (por ejemplo, la resistencia a una enfermedad infecciosa, el metabolismo de los nutrientes, la capacidad de sobrevivir en climas extremos, entre muchos otros). Esta fuerza evolutiva no está vinculada con la historia demográfica, que es el enfoque de este artículo. En segundo lugar, la deriva genética es un término genérico para el hecho de que, en cada generación, algunos individuos dejan más descendientes que otros, simplemente por azar. Entonces, contribuyen más al acervo genético de la siguiente generación, pero no por ser los mejor adaptados a su ambiente. La deriva genética tiene lugar en todas las poblaciones; sin embargo, cuanto menor es el tamaño poblacional, más significativo es su impacto. Cuando el tamaño poblacional se reduce drásticamente, por una epidemia o una catástrofe natural, por ejemplo, un número reducido de individuos de la población contribuirá a la generación siguiente, un caso de deriva genética que se conoce como "cuello de botella poblacional". Asimismo, cuando un grupo reducido de individuos se separa de una población ancestral para fundar una nueva población, la diversidad genética de esta nueva población no será representativa de la observada en la población original. Este fenómeno de deriva genética se denomina "efecto fundador". Y, en tercer lugar, la intensidad de las migraciones entre dos poblaciones, A y B, aumenta las probabilidades de que una mutación que apareció y se difundió en la población A se transfiera a la población B. Las migraciones y la deriva genética afectan a todo el genoma, es decir no actúan sobre mutaciones particulares. Entonces, cuando comparamos las frecuencias de miles de mutaciones a lo largo del genoma en diferentes poblaciones, podemos inferir qué poblaciones se fundaron desde una población ancestral común, cuánto se diferenciaron por deriva genética desde entonces (informando así la profundidad temporal desde su divergencia o los cambios de tamaño poblacional) y cuán intensos fueron los procesos migratorios entre las mismas.

Un enfoque tradicional de la genética de poblaciones humanas para estudiar estas cuestiones, es trabajar con una captura de pantalla actual de la película de la evolución de las poblaciones: se extrae ADN de sangre o saliva en individuos vivos de las poblaciones de interés y se realizan análisis genéticos para entender su historia, estimando el escenario demográfico pasado más probable que explica la diversidad genética en el presente. Sin embargo, nuevas tecnologías permiten la extracción y secuenciamiento del ADN recuperado de dientes o huesos de individuos de origen arqueológico,

obteniendo así capturas de pantalla a lo largo de la película evolutiva de las poblaciones, lo cual proporciona información muy valiosa para entender su historia.

Para estudiar la evolución de las poblaciones a partir de datos genómicos de muestras antiguas, se desarrollaron una serie de índices llamados  $F$  que calculan los grados de ancestría genética (ver Glosario) compartida entre poblaciones o individuos. A mayor tiempo desde que las poblaciones se separaron (y por lo tanto mayor deriva genética), y a menor migración entre ellas, menos ancestría genética compartida. Estos índices parten del postulado de que las poblaciones se organizan en forma de un árbol que da cuenta de las ramificaciones entre las mismas. Los índices  $F$  se utilizan para comparar la diversidad genética entre distinto número de poblaciones, usándose generalmente los índices  $F_3$  y  $F_4$  para comparar 3 y 4 poblaciones, respectivamente.

La comparación de diferentes árboles, es decir diferentes agrupamientos de las poblaciones estudiadas por ramificación, permite evaluar matemáticamente cuál estructura de árbol se ajusta mejor a las diferencias genéticas entre grupos o individuos, y así entender cómo se relacionan entre sí, ya sea porque se separaron a partir de una población ancestral común o porque son el resultado de la mezcla entre dos poblaciones diferenciadas anteriormente. Una vez que se calculan los  $F$  para muchas combinaciones de poblaciones, y si hay evidencia de mestizaje entre poblaciones, pueden llevarse a cabo pruebas matemáticas más sofisticadas



\* El largo de las ramas NO debe interpretarse como indicativo de una mayor o menor similitud genética

**Figura 3. Modelo evolutivo para las poblaciones antiguas de Patagonia Austral a partir de los datos genómicos.**

Imagen: Modificada de Nakatsuka et al. (2020).

para estimar cuántas poblaciones ancestrales contribuyeron a la conformación de la población de interés y en qué momento ocurrió el mestizaje.

La incorporación de individuos antiguos que poseen datación en los análisis basados en los índices  $F$  permite a su vez aproximar las fechas de divergencia entre poblaciones. Asimismo, se puede estimar en un rango geográfico dado si ocurrió un cambio drástico en la composición genética, lo que informa sobre potenciales olas migratorias que reemplazaron a las poblaciones preexistentes. En resumen, estimar los grados de afinidad genética entre poblaciones a diferentes tiempos permite poner a prueba las distintas hipótesis sobre divergencia entre poblaciones, eventos migratorios, reemplazos de una población por otra, entre otras. Los estudios genéticos de muestras antiguas toman todo su potencial cuando se acoplan al análisis arqueológico de las mismas, ya que estas hipótesis se formulan desde las similitudes y diferencias de los hallazgos arqueológicos en diversos rangos espacio-temporales.

### ¿Qué se sabe ahora?

Con los nuevos datos generados en el estudio discutido aquí, se amplió significativamente el rango espacio-temporal de los datos de ADN antiguo para la región, lo cual permite llegar a una mejor comprensión de la historia evolutiva de las poblaciones. En la Figura 3 se resume gráficamente cuáles fueron las relaciones interpoblacionales que pudieron reconstruirse en Patagonia Austral en base a estos nuevos datos. A continuación, se detallan los principales resultados.

Primero, se comparó la similitud genética entre los dos individuos más antiguos encontrados hasta el momento en la región, datados en 5.800 y 6.600 años, respecto a centenares de individuos de toda América que cubren un rango de más de 10.000 años. El más antiguo de estos dos individuos fue hallado en el sitio Punta Santa Ana, situado en la costa del Estrecho de Magallanes en la Península de Brunswick (Chile) y está asociado al consumo de recursos marítimos. El más reciente fue hallado en el sitio La Arcillosa 2, próximo a la costa Atlántica en el norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego (Argentina), que está vinculado al consumo de recursos terrestres. A pesar de estar relacionados al aprovechamiento de recursos disponibles en ambientes distintos, estos dos individuos son genéticamente más similares entre sí que respecto a cualquier otro individuo de América incluido en estas comparaciones. Este hallazgo sugiere que las distintas estrategias de adaptación no estarían asociadas a poblaciones diferentes, sino que habría sido una única población que llegó tempranamente a la región, donde los grupos que la constituían implementaron posteriormente distintas maneras de aprovechar los recursos disponibles de acuerdo al

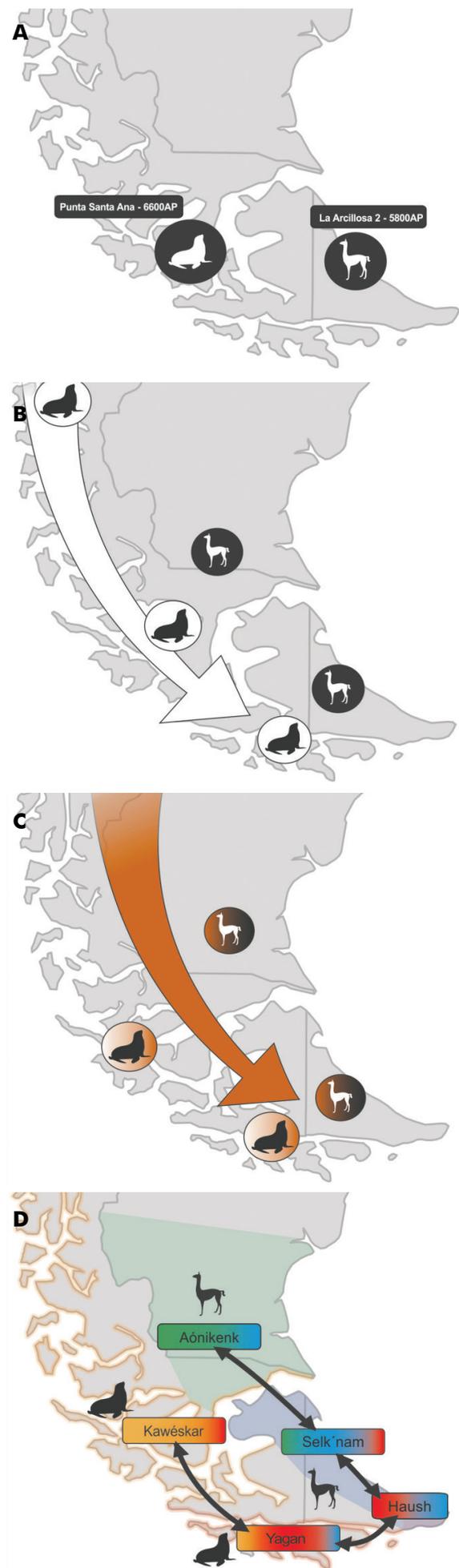
ambiente (ver Figura 4A).

Por otra parte, se encontró que tanto los individuos procedentes del Canal Beagle, como los del norte de Tierra del Fuego y del sur del continente, de entre 2.000 y 100 años de antigüedad, son descendientes de esos individuos más antiguos, pero también de pobladores que llegaron posteriormente a la región. Por el contrario, en individuos de la misma cronología hallados en los archipiélagos occidentales (Chile), no se detecta la señal genética de los individuos más antiguos, sino que éstos descienden de poblaciones que llegaron más tardíamente desde el norte. Los datos analizados permiten inferir el origen de dos migraciones que contribuyeron a estos cambios en el acervo genético de las poblaciones de Patagonia Austral, así como también estimar cuándo ocurrieron.

La primera migración, que impactó en los grupos canoeros de los archipiélagos occidentales y del Canal Beagle, habría llegado por la vertiente pacífica hace entre 4.700 y 2.000 años, ya que se identificó una gran afinidad genética de estos grupos con un individuo de 4.700 años de antigüedad hallado en el norte de los archipiélagos occidentales, en el sitio Ayayema (ver Figura 4B). La segunda migración, que impactó en todas las poblaciones de la región (ver Figura 4C), habría llegado alrededor de 2.000 años AP y estaría vinculada con grupos del centro de Chile (actual área de Santiago de Chile). Es importante destacar que no se dispone de datos genéticos de individuos de origen arqueológico del centro y norte de Patagonia, que también podrían haber estado involucrados en este movimiento poblacional.

Dada la temporalidad estimada para estas migraciones, podrían estar asociadas a cambios tecnológicos que se observan en el registro arqueológico para esos momentos. La primera estaría vinculada a la discontinuidad en el uso de la obsidiana verde como materia prima en los archipiélagos occidentales, y la segunda, a la aparición de un nuevo tipo de punta de proyectil que llevó al reemplazo de las boleadoras para la caza, en el sur del continente y en el norte de Tierra del Fuego.

Por otra parte, al analizar los procesos de mestizaje entre los grupos de Patagonia Austral, se encontró que las poblaciones Haush de la Península Mitre son descendientes tanto de poblaciones del norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego como de canoeros del Canal Beagle. Este proceso de mestizaje, que habría ocurrido hace unos 1.300 años podría explicar las similitudes culturales con sus vecinos tanto del norte como del sur de la isla (ver Figura 4D). Esta mezcla entre poblaciones no fue la única en la región, ya que también se determinó que entre 2.200 y 1.200 años atrás, todos los grupos del sur de Patagonia experimentaron un proceso de mestizaje con sus vecinos más cercanos, lo cual generó



similitudes genéticas entre sí, que se correlacionan con la distancia a lo largo de la línea de costa. Este proceso de mestizaje, inferido a partir de los datos genéticos, concuerda con la evidencia arqueológica que da cuenta de una intensificación de las redes de intercambio entre distintos grupos al final del Holoceno tardío. Por ejemplo, el hallazgo de obsidiana verde en sitios del norte de Tierra del Fuego es una clara evidencia del contacto entre las poblaciones canoeras y los cazadores terrestres, ya que la fuente de esta materia prima debió estar disponible únicamente para los primeros. A su vez, en esta época se registra la presencia de un mismo tipo de herramientas (puntas de proyectil pedunculadas utilizadas como lanza o como flecha) en las distintas zonas de la región.

Finalmente, se estudió el vínculo genético de los individuos antiguos con los pobladores originarios que viven actualmente en el mismo territorio. Este análisis sólo se pudo llevar a cabo para las comunidades originarias Kawésqar y Yaganés de Chile, ya que se cuenta con información genómica de representantes actuales de las mismas. Los resultados revelan una continuidad genética de al menos dos milenios en la región, sólo alterada por los eventos de inmigración de europeos, criollos y africanos, vinculados al proceso colonial.

### Glosario

**Ancestría genética:** herencia biológica del ADN de los antepasados, que puede ser rastreada en el genoma de un individuo. También puede referirse a la distribución biogeográfica de la variación genética en las poblaciones.

**Cultura material:** registro o evidencia arqueológica que permite describir las actividades de una sociedad a partir de instrumentos o artefactos en piedra, hueso, cerámica, textiles, etc., así como fogones o conjuntos faunísticos asociados.

**Genoma:** conjunto de todo el ADN que se encuentra en cada célula de un organismo. En la especie humana, consiste en 23 pares de cromosomas en el núcleo y un cromosoma más pequeño en las mitocondrias. El estudio del conjunto de datos a partir de marcadores a lo largo del genoma se denomina Genómica.

**Holoceno:** período geológico iniciado luego del retroceso definitivo de los glaciares, hace aproximadamente 13.000 años, hasta la actualidad. Se divide en tres subperíodos: Holoceno temprano (entre 13.000 y 8.500 años AP, aproximadamente), medio (entre 8.500 y 3.500 años AP) y tardío (menos de 3.500 años AP).

**Isótopos:** distintos tipos de átomos de un mismo elemento, que se diferencian por el hecho de que sus núcleos tienen una cantidad diferente de neutrones, y por lo tanto, difieren en número másico.

**Marcador genético:** segmento de ADN con una ubicación identificable en un cromosoma. Un marcador puede ser parte de un gen o de una sección de ADN sin función conocida.

**Mestizaje** (entendido en este artículo como mestizaje genético): formación de una nueva población mediante la mezcla de dos o más poblaciones ancestrales, previamente aisladas entre sí por un período suficientemente largo de tiempo para que cada una presente un acervo genético diferenciado.

**Obsidiana verde:** roca también conocida como vidrio volcánico. Es una materia prima muy apropiada para la confección de herramientas por

su excelente filo. Según su composición química, puede presentar distintos colores; la obsidiana verde se diferencia por tener altos niveles de hierro y magnesio que le confieren su color.

**Pinípedos:** orden de mamíferos adaptados a la vida acuática marítima. Son de cuerpo fusiforme y extremidades transformadas en aletas, con respiración pulmonar y piel gruesa con una capa de grasa que les preserva del frío. En Patagonia Austral se encuentra principalmente el lobo marino sudamericano.

**Puntas líticas bifaciales:** instrumentos de piedra tallados en ambas caras, para generar una hoja (o limbo) con buena aerodinámica.

**Puntas líticas pedunculadas:** puntas de proyectil triangulares, con un estrechamiento en su base (denominado pedúnculo) que se utilizaba para enmangar en un astil. Su tamaño es más pequeño en momentos tardíos, a partir de la incorporación del arco como instrumento de lanzamiento.

**Secuenciación:** determinación mediante técnicas bioquímicas del orden de las cuatro bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina y citosina) que constituyen el ADN.

## Resumen

Se ha propuesto que las migraciones podrían explicar cambios culturales identificados en el registro arqueológico de Patagonia Austral, como el desarrollo de estrategias de aprovechamiento de recursos marinos y modificaciones en las herramientas utilizadas. El análisis del genoma de individuos de origen arqueológico revela una continuidad genética durante 6.600 años y sugiere que los movimientos poblacionales no explican la aparición de la adaptación marina, adquirida por desarrollo local o por transmisión cultural. Sin embargo, dos eventos de migración posteriores estarían correlacionados con cambios vinculados a tecnologías líticas. Además, se observa que ocurrieron procesos de mestizaje entre grupos vecinos hace 1.500 años.

## Para ampliar este tema

- Comas, D. (2014). *La genética de las migraciones humanas. Siguiendo el rastro de las migraciones a través de nuestro genoma*. MÉTODE Science Studies Journal, 4. [Disponible en internet].
- Nakatsuka, N., P. Luisi, J. Motti, M. Salemme, F. Santiago, M.D. D'Angelo Del Campo, R.J. Vecchi, Y. Espinosa-Parrilla, A. Prieto, N. Adamski, A.M. Lawson, T.K. Harper, B.J. Culleton, D.J. Kennett, C. Lalueza-Fox, S. Mallick, N. Rohland, R.A. Guichón, G.S. Cabana, R. Nores, and D. Reich. (2020). *Ancient genomes in South Patagonia reveal population movements associated with technological shifts and geography*. Nature Communications, 11(1): 3868. [Disponible en internet]
- Oría, J., F. Santiago y M. Salemme. (2011). *Haciendo arqueología en la estepa fueguina*. La Lupa. Colección fueguina de divulgación científica, 2:18-23.
- Orquera, L., E. Piana, D. Fiore y A.F. Zangrando. (2012). *Diez mil años de fuegos*. Arqueología y Etnografía del fin del mundo. Buenos Aires, Argentina: Dunken.
- Santiago, F. (2013). *La ocupación humana en el norte de Tierra del Fuego durante el Holoceno medio y tardío. Su vinculación con el paisaje*. Ushuaia, Argentina: Aguafuerte. [Disponible en internet].
- Terranova, E., L. Marchionni, D. Herno, R. Blanco, L. Magnín, V. Lynch, E. García Añino, B. Mosquera, N. Carden y L. Miotti. (2016). *Vivir en la Patagonia. Una historia antigua: Arqueología de las primeras poblaciones del sur del continente*. La Plata, Argentina: Quire-Quire.

## RESEÑA DE LIBRO

### Pensar con otros. Una guía de supervivencia en tiempos de posverdad

**Guadalupe Nogués**

2018.

ISBN 978-987-4693-0-4

Editorial ABRE - El Gato y la Caja,  
Buenos Aires, Argentina, 365 pp.

En castellano

**Reseña realizada por Verónica Garea**

Fundación INVAP. [vgarea@fundacioninvap.org.ar](mailto:vgarea@fundacioninvap.org.ar)

Los tiempos históricos suelen estar marcados por conceptos que se usan para definir eras. Muchas de esas etapas históricas fueron definidas por irrupciones tecnológicas, como la utilización del hierro, la máquina de vapor, las comunicaciones y la carrera espacial. Desde finales del siglo XX vivimos una transformación en la manera en que nos comunicamos con las redes sociales como medios para informarnos, entretenernos, consumir. El volumen de información ha crecido exponencialmente, y con ese crecimiento ha surgido un concepto que define a nuestra era: la posverdad. *Pensar con otros*, de Guadalupe Nogués se propone como una guía para consumir información y poder discernir su calidad, tanto en origen como contenido. El libro nació a partir de las respuestas de la Dra. Nogués (Ciencias Biológicas, UBA) a las falsedades, desinformaciones y deformaciones de la evidencia en redes sociales. Se plantea como un modelo de supervivencia en tiempos de posverdad, y realmente lo es. El prólogo de Nora Bär nos marca el contenido y el estilo: este libro ayuda a armar el rompecabezas que nos genera la hiperinformación. Describe el trabajo de Guadalupe Nogués como de “puños de acero cubiertos de terciopelo” y de “mirada comprensiva pero intransigente”. Eduardo Levy Yeyati nos adelanta -en el otro prólogo- que la Dra. Nogués propone a la emoción y la curiosidad como antídotos para la posverdad. El texto está estructurado en cuatro secciones: Cómo sabemos lo que sabemos, Posverdad casual, Posverdad dolosa, y Pelear, sobrevivir, vencer. A su vez, aquellas están divididas en capítulos, que se pueden abordar de manera utilitaria, leyendo la sección y capítulo que ne-

cesitemos. El recorrido es parte del aprendizaje: partir de la importancia de las palabras, entender cómo se construye la posverdad, diferenciar entre evidencia y anécdota, entre creencias y conocimiento, distinguir la mala intención y la manipulación, para llegar al final a las propuestas de comunicación que permitan exponer la información genuina, sólida y basada en evidencia, versus las posverdades. Cada capítulo finaliza con una Guía de Supervivencia de Bolsillo, que resume los conceptos básicos y las herramientas derivadas: ¿Cómo decidir si confiar o no en una afirmación fáctica? ¿Cómo manejarnos con nuestras creencias irracionales y emocionales? ¿Cómo identificar información adulterada? Estas son algunas de las Guías de Bolsillo, aunque todas son igualmente útiles y jugosas. El estilo es ameno y abordable con fluidez, con muchos ejemplos esclarecedores, anécdotas propias y ajenas y una sinceridad absoluta de parte de la autora. Este libro es necesario tanto para los y las consumidores/as de información en general como para los científicos y las científicas y comunicadoras de la ciencia y de otros temas. Porque no estamos exentos y exentas de filtrar la realidad a través de creencias, y necesitamos también pensar nuestros saberes en el contexto de la sociedad. Considero que este texto debería ser de lectura obligatoria en la escuela secundaria, con un trabajo profundo de análisis. Y también en las distintas carreras universitarias. El aporte de *Pensar con Otros* es fundamental para entender de qué manera el conocimiento y la información interactúan con la vida cotidiana. Una genuina guía de supervivencia para los tiempos de hiperinformación.



## DESDE LA PATAGONIA

## EL GRAN ECLIPSE PATAGÓNICO

**La diferencia entre un eclipse del 99% y un eclipse total, no es 1%, ¡es 100%!**  
**por Guillermo Abramson**

Algo tan banal como un objeto pasando delante de otro produce algunos de los eventos naturales más maravillosos. En un juego de luces y sombras, los hermosos eclipses de Luna y de Sol tienen su origen en la anatomía de la sombra que un objeto astronómico produce al interponerse entre otro objeto y el observador. La Figura 1 nos ayudará a entenderlo.

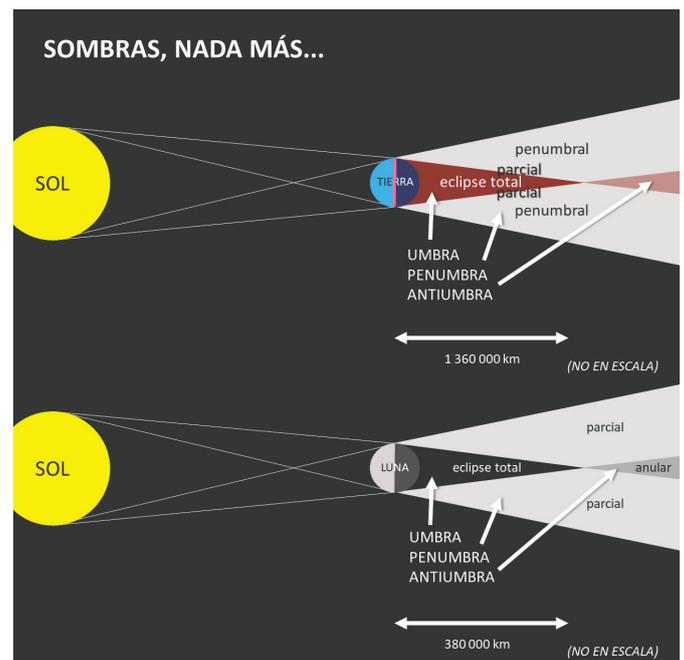
La sombra está formada por tres conos, unos medidos dentro de otros como una *mamushka*. La umbra es el cono de oscuridad total: cuando la Tierra cruza el de la Luna se produce un eclipse total de Sol. En el cono de penumbra el Sol está sólo parcialmente oculto, y cuando la Tierra lo cruza vemos un eclipse parcial. El cono de antiumbra también es de sombra parcial, con la silueta de la Luna completamente dentro del disco solar: son los eclipses anulares.

La umbra de la Tierra es mucho más grande que la de la Luna, y la Luna además es más chica que la Tierra, de manera que puede meterse entera dentro de la umbra. Son los eclipses lunares totales. Son hermosos de ver, lentos y se disfrutan durante horas. La atmósfera de la Tierra produce un efecto adicional al oscurecimiento de la Luna. Durante el eclipse, el hemisferio diurno de la Tierra apunta directamente hacia el Sol y el nocturno hacia la Luna. Separando el día de la noche, por supuesto, están todos los amaneceres y atardeceres de la Tierra, formando una corona circular de crepúsculos que, con su característica luz enrojecida, tiñe la umbra de la Tierra y le da a la Luna eclipsada una variedad de tonos rojizos. El próximo eclipse lunar total será el 26 de mayo de 2021, visible desde Bariloche durante el amanecer.

**Guillermo Abramson**

Doctor en Física  
 Centro Atómico Bariloche (CNEA), CONICET e  
 Instituto Balseiro, Bariloche, Argentina

guillermoabramson.blogspot.com



**Figura 1. Geometría de las sombras de la Tierra y de la Luna y los distintos tipos de eclipse. Durante un eclipse lunar total la Luna se sumerge por completo en el cono de umbra de la Tierra. Durante un eclipse solar, la Tierra se ubica en la punta de la umbra de la Luna.**

Los eclipses más extraordinarios son los solares totales. Es difícil describir el evento para quien no lo haya experimentado. Empieza con la creciente inquietud y entusiasmo que produce ver la silueta de la Luna ocultando progresivamente el brillantísimo disco del Sol a lo largo de horas. Cuando está a punto de cubrirlo por completo se percibe en el horizonte, por el lado del Oeste, la oscuridad de la sombra de la Luna acercándose a velocidad supersónica. De golpe hay un crepúsculo y una breve noche en pleno día, se oscurece el cielo y se ven las estrellas. Y donde estaba el Sol queda un disco negro rodeado de un halo etéreo, la corona solar, una atmósfera muy extensa del Sol que está siempre ahí, pero que solo podemos ver durante un eclipse solar (ver Figura 2).

## DESDE LA PATAGONIA



Imagen: G. Abramson.

**Figura 2. Eclipse solar total del 2 de julio de 2019.**

A diferencia de lo que ocurre durante los eclipses lunares, durante los eclipses totales la Tierra no se sumerge entera en el cono de la umbra lunar. Durante un eclipse solar la superficie de la Tierra apenas corta la punta del cono de umbra de la Luna. Se produce entonces una sombrilla de unos 100 km de diámetro, y a menos que uno tenga mucha suerte y que esta fugaz oscuridad pase por donde uno se encuentra, hay que viajar. El próximo eclipse solar total cruzará la Patagonia el 14 de diciembre de 2020, circunstancia ideal para que vayamos a observarlo.

La Figura 3 muestra el recorrido de la umbra lunar, una franja de 90 km de ancho desde la costa del océano Pacífico hasta la del Atlántico, donde el eclipse será total. En la línea central de la franja de totalidad este eclipse durará poco más de dos minutos, y será tanto más breve cuanto más nos acerquemos al borde. Por fuera de esta franja también se podrá ver un eclipse solar: un eclipse parcial, visible desde toda la Argentina y buena parte de Sudamérica, con solo una parte del Sol oculto por la silueta de la Luna. La fracción oculta es mayor cuanto más cerca de la región de totalidad.

Desde Bariloche, por ejemplo, el eclipse será del 96%. Pero hay algo importante a tener en cuenta: la diferencia entre un eclipse del 99% y un eclipse total no es 1%, ¡es 100%! Un eclipse total es un fenómeno completamente distinto de un eclipse parcial. So-

lamente durante un eclipse total la parte brillante del Sol (la fotosfera) se oculta por completo; se puede ver la corona, el cielo se oscurece como al comienzo de la noche y se ven las estrellas. El que puede viajar a la zona de totalidad no debe dejar pasar esta oportunidad en que nos pasa tan cerca. No se repetirá en siglos.

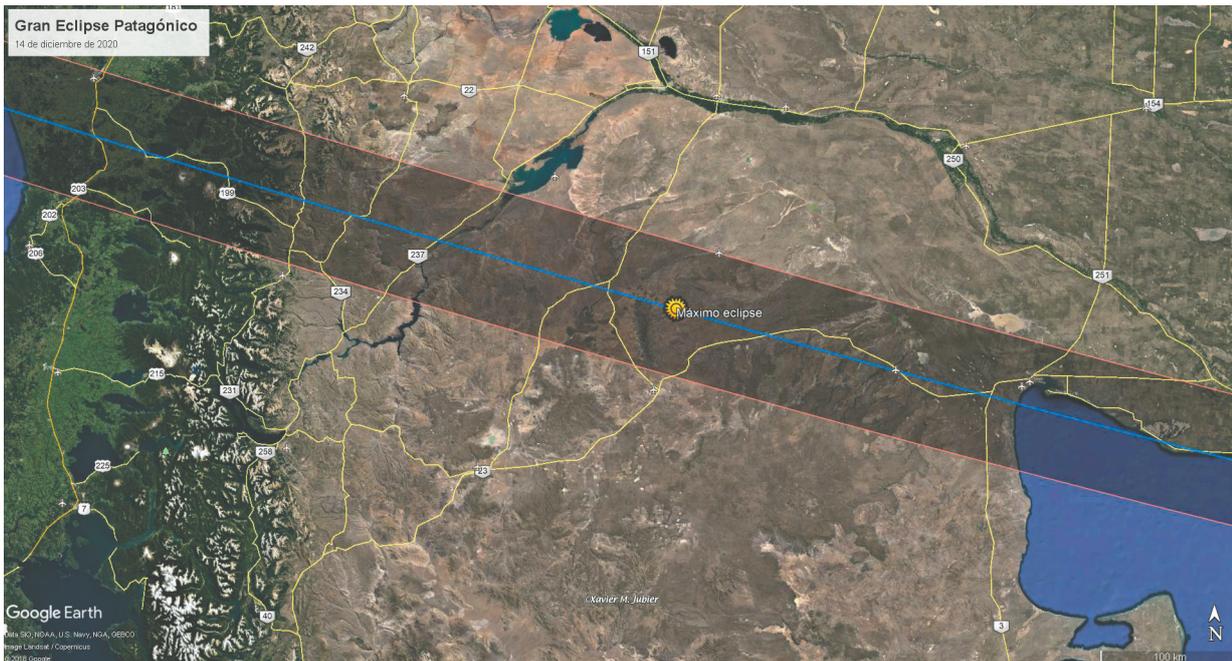
### Qué observar durante el eclipse El eclipse parcial.

La fase parcial dura más de dos horas, que parecen interminables. Con filtros adecuados se puede observar el Sol y ver la silueta de la Luna progresando sobre su disco. Es seguro usar anteojos de eclipse y también vidrios de máscara de soldar, del número 12 o superior (se compran en las ferreterías). Ni anteojos de sol, ni radiografías, ni vidrios de botella, ni papel de regalo, son adecuados. Observar el Sol (cualquier día del año, eclipse o no) con un filtro inadecuado daña irreversiblemente la vista.

Usando un colador, una espumadera, un tejido calado, o hasta el follaje de un árbol, se puede ver la forma del Sol eclipsado en la sombra que proyectan. A falta de filtros, ésta es la manera segura más barata de observar, y a los niños les encanta.

En las regiones donde el Sol queda bien finito (en Bariloche, por ejemplo), cambia notablemente la "calidad" de la luz (se hace tenue como en un crepúsculo,

# DESDE LA PATAGONIA



**Figura 3. Franja de totalidad durante el eclipse solar del 14 de diciembre de 2020.**

pero sin sus colores), las sombras de cualquier objeto se vuelven más nítidas y raras (basta hacer sombra con una mano, por ejemplo, para verlo).

## El eclipse total.

Desde el oeste se ve acercarse el oscurecimiento de la atmósfera producido por el cono de sombra (la umbra) de la Luna. Una vez dentro de la umbra, vale la pena mirar alrededor para ver un raro crepúsculo de 360 grados.

La fase total del eclipse DEBE observarse sin los filtros. Sólo hay que tener cuidado de sacárselos unos pocos segundos antes de que empiece la totalidad, y ponérselos unos segundos después (atención con los niños). El último pedacito de Sol brilla todavía cuando ya se ve la parte más brillante de la corona alrededor de la silueta de la Luna, produciendo una figura similar a un anillo de diamante.

Si tenemos suerte (ya que la atmósfera del Sol es dinámica y cada eclipse es distinto), el borde rojo de la cromósfera del Sol y las grandes erupciones (prominencias) que allí se producen serán visibles durante la fase total. En esta parte de la atmósfera solar se descubrió, durante un eclipse en 1868, el elemento químico helio, que es nada menos que la cuarta parte de la materia del universo.

Durante los breves minutos de totalidad se ve, alrededor del disco negro del Sol eclipsado, la corona solar, una atmósfera eléctrica muy extensa, un millón de veces menos brillante que la superficie del Sol. Tie-

ne aspecto de filamentos porque el campo magnético solar la acomoda así (ver Figura 2). Se pueden usar binoculares para ver detalles, sin problema.

Durante la totalidad, el paisaje y el cielo se ponen muy oscuros, y se ven las estrellas y los planetas brillantes. Mercurio y Venus estarán a la izquierda del Sol, con la estrella Antares entre ambos, y Júpiter y Saturno a la derecha, muy juntitos. El Sol estará en la constelación de Ofiuco, en medio de la parte más brillante de la Vía Láctea. La iluminación que produce la corona solar es como la de una noche de luna llena. En el momento del máximo eclipse puede tratar de verse la luz cenicienta: la cara oscura de la Luna, tenuemente iluminada por el día de la Tierra.

Durante la súbita y breve noche del eclipse total baja bastante la temperatura, cambia el viento, y dicen que los animales se preparan para la noche. Este eclipse ocurre al mediodía, de manera que estos efectos serán bastante apreciables.

Justo al terminar la totalidad puede verse un nuevo anillo de diamante, y otro eclipse parcial mientras el Sol se descubre, y uno salta, grita y aplaude de alegría y asombro, y ya le dan ganas de ver el próximo.

Las circunstancias exactas del eclipse dependen del lugar desde donde uno observe. Recomiendo instalar *Eclipse Calculator 2*, disponible para Android en la tienda de Google, desarrollada por la Universidad de Barcelona, es gratis y sin publicidad. Está disponible en español, es muy completa, bien diseñada y fácil de usar.

## CRÓNICAS DEL PASO POR LA VIRTUALIDAD

*La pandemia por SARS-CoV-2 obligó a replantear el desarrollo de actividades académicas en el Centro Regional Universitario Bariloche, entre ellas el dictado de clases. Cómo nos preparamos para esta nueva normalidad.*

**por Marcelo Alonso, Carolina Biscayart, Alfonso Aguilar, Mónica Palacio, Mónica González, Santiago Carballo y Fabián Viegas Barriga**

El año 2020 será, sin dudas, muy difícil de olvidar para toda la humanidad. La aparición del virus SARS-CoV-2 y su rápida expansión por todo el planeta produjo un descalabro de alcances aún incalculables y efectos todavía desconocidos en casi todos los órdenes de nuestras vidas. A partir de marzo de este año, todos los ciudadanos y las ciudadanas de Argentina debimos adecuar nuestra vida diaria a las políticas que los gobiernos y autoridades institucionales impusieron para enfrentar los efectos de la pandemia. La salud y la vida de las personas estaban en juego, junto con la economía y el trabajo, los proyectos y los deseos individuales. El sistema educativo en todos sus niveles debió adecuarse a un funcionamiento extraño, nuevo para toda la sociedad.

En esta nota focalizaremos en el nivel universitario, describiendo brevemente algunas experiencias, problemas y tareas emprendidas como responsables de la gestión de una unidad académica compleja como el Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), que tuvieron lugar en el contexto de la pandemia y sus restricciones. Hacemos énfasis sobre todo en la cuestión de las actividades relacionadas con el dictado de clases, dejando para otra oportunidad las demás actividades cotidianas que nos ocupan, como la investigación, la extensión y la interacción con nuestro medio social. Es preciso marcar que la comunidad universitaria del CRUB encaró con decisión y responsabilidad el desafío de seguir desarrollando tareas, aceptar las nuevas condiciones y participar de forma proactiva en esta inédita experiencia.

### **18 de marzo de 2020: la vieja normalidad**

El CRUB es una de las 17 sedes de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), que tiene localizaciones en diferentes ciudades de las provincias de Río Negro y Neuquén. En nuestra unidad académica se ofrecen distintas carreras de pregrado y grado (Tecnicatura Universitaria en Acuicultura, Profesorado y Licenciatura en Ciencias Biológicas, Profesorado Universitario y Licenciatura en Matemática, Profesorado en Educación Física, Licenciatura en Enfermería con

su título intermedio de Enfermero/a, un ciclo inicial de seis Ingenierías) y una de posgrado (Doctorado en Biología). Cuenta con cerca de 2.000 estudiantes, 200 docentes y 40 no docentes (administrativos, personal de apoyo, técnicos responsables de laboratorios, entre otros). En esta unidad académica se dictan también las carreras de Profesorado y Licenciatura en Historia, dependientes de la Facultad de Humanidades de la UNCo. Funcionan aquí dos institutos de bipertenencia de CONICET - UNCo, que nuclean aproximadamente a 140 investigadores, becarios y becarias y personal de apoyo técnico. Cuenta con cinco espacios físicos en los que se desarrollan las distintas actividades de docencia, investigación, extensión y vinculación tecnológica: el edificio del CRUB propiamente dicho, ubicado en el barrio Jardín Botánico, el Laboratorio Ecotono, el anexo Pasaje Gutiérrez, el Centro de Salmonicultura y la Estación Biológica de Puerto Blest.

Todo esto da cuenta de que, efectivamente, se trata de una institución muy compleja, teniendo presente que, como toda universidad, debe cumplir múltiples propósitos: tiene a cargo la formación recursos humanos (estudiantes de pregrado, grado y posgrado, becarios de investigación y extensión, etc.) y la producción de conocimiento, que se realiza a través de los casi 50 proyectos de investigación en curso, con dirección e investigadores en esta sede. También interactúa con la sociedad mediante proyectos y actividades de extensión, estructuras de vinculación y transferencia tecnológica, laboratorios que proveen servicios a la comunidad, distintas actividades de interés comunitario como charlas, cursos y conferencias, asistencia a productores regionales, por ejemplo el asesoramiento y provisión de bienes y servicios a criaderos de peces y fábricas de cerveza. Además, colabora con instituciones públicas y trabaja mancomunadamente con el CONICET y sus institutos de bipertenencia.

La primera parte del año 2020 nos encontró haciendo funcionar toda esta comunidad de forma bastante armónica, con los problemas habituales en la gestión de una institución pública de multipropósito. Las clases ya habían comenzado, los proyectos de investigación y

# DESDE LA PATAGONIA



extensión estaban en curso, las investigadoras e investigadores desarrollaban sus actividades en los lugares habituales, que en Bariloche incluyen laboratorios, escuelas, gimnasios, invernaderos y ecosistemas naturales diversos. Parecía que iba a ser un año normal.

## 19 de marzo de 2020: otro mundo

El gobierno nacional y los gobiernos provinciales y municipales, dispusieron que, a partir de ese día, se implementaría una serie de medidas destinadas a reducir, o al menos retrasar, los efectos de la diseminación del virus en nuestro país, para preparar los sistemas de salud de las distintas jurisdicciones provinciales y municipales y así enfrentar de mejor forma los "picos de contagio".

Las comunidades educativas de todos los niveles debieron suspender sus actividades presenciales, adecuando su funcionamiento a la virtualidad. Es decir, se decidió seguir con el dictado de clases a través de internet en los niveles inicial, primario y medio, y también en el nivel superior, con algunas otras cuestiones asociadas. En el caso de las universidades, al dictado de clases en esta nueva modalidad se debían sumar las demás actividades que mencionamos más arriba.

## Clases en pantalla, recuerdos del futuro

Las clases se han desarrollado tradicionalmente en aulas o laboratorios, con el o la docente al frente. En los últimos años se sumaron las presentaciones usando una computadora. Sin embargo, el pizarrón siguió siendo fundamental y la interacción entre todas y todos en el aula también ha formado parte de nuestra experiencia y nuestra historia. En ese ámbito siempre estuvieron la o el docente y sus auxiliares de cátedra para responder preguntas, orientar, discutir y organizar el trabajo. El estudiantado en esas condiciones tuvo la posibilidad de consultar sus dudas sobre los conceptos curriculares desarrollados en las clases, preguntar o discutir acerca de lo escrito en la pizarra.

## La Universidad del Comahue ha priorizado el cuidado de la salud y la vida de sus integrantes.

La educación a distancia (clases no presenciales, actividades mediadas por internet) ya venía siendo desarrollada en algunas universidades para carreras particulares o para algunos cursados específicos dentro de un contexto o carrera. No era el caso del CRUB, cuyos planes de estudio se basan en su totalidad en actividades presenciales.

COVID 19 mediante, se debió suspender la mayor parte de las actividades presenciales relacionadas con nuestras carreras: clases en aulas y laboratorios, salidas de campo, observación de clases, prácticas en escuelas y centros de salud. Las instancias teóricas se impartieron mediante plataformas digitales y redes sociales. Las prácticas mencionadas más arriba debieron quedar pendientes, y fue necesario readecuar la manera de tomar los exámenes a esta nueva forma de trabajo. Esta tarea fue extremadamente difícil, ya que requería una nueva formación casi inmediata, tanto por parte de los miembros de la gestión universitaria como de los y las docentes y del personal no docente. Su implementación ha sido por demás compleja y esa complejidad fue mostrándose en diferentes instancias y áreas.

## De cómo adecuar las clases al aislamiento

La virtualización consistió en adecuar las clases para ser desarrolladas mediante la utilización de una plataforma virtual. En este sentido, algunas se organizaron de modo tal, que el estudiantado pudiese acceder en cualquier momento a los materiales propuestos y participar en foros, *chats*, presentar trabajos, entre otros. A los espacios en los que se utiliza esta modalidad se los conoce como "clases asincrónicas". Otra modalidad muy utilizada consistió en establecer encuentros en simultáneo (aunque en diferente espacio, claro está) entre docentes y estudiantes, que se denominan "clases sincrónicas". Esto es lo más parecido a una instancia típica presencial, con la diferencia de que, entre docentes y estudiantes, media una pantalla con cámara, y donde con frecuencia se presentan inconvenientes con la conectividad o con el funcionamiento de la plataforma. Para esto resultó necesario que los equipos de cátedra contasen con una computadora y con buena conexión a internet, que los y las docen-

# DESDE LA PATAGONIA

## Equipo básico para las clases en cuarentena.

tes supieran hacer uso de herramientas informáticas para ésto, el estudiantado accediese a un dispositivo con conexión a internet para participar, y que, tanto docentes como estudiantes, dispusieran de un espacio físico adecuado para los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

El cumplimiento de estos puntos ha sido y es de muy difícil concreción. Algunas cuestiones pudieron facilitarse, y otras no. Se generaron capacitaciones y se seleccionaron herramientas para la preparación y dictado de clases considerando las Tecnologías de la Información y la Comunicación disponibles. Palabras como *Zoom*, *Jitsi*, o *meet* comenzaron a escucharse a diario, y dudas acerca de cómo compartir pantallas y habilitar cámaras y micrófonos preocuparon (y ocuparon) a docentes y estudiantes. La inquietud por dar una clase “como si fuera en la presencialidad” quitó el sueño de docentes durante un tiempo. La participación en clases virtuales marcó un cambio complejo, tanto para docentes como para el estudiantado, ya que, mirar a alguien hablar desde la pantalla de una computadora (o incluso desde un teléfono celular) no era suficiente. Con el correr del cuatrimestre, estos aspectos se fueron mejorando aunque, claramente, la modalidad virtual no reemplazó a la presencialidad y no fue lo mismo.

La situación de aislamiento (ASPO) o distanciamiento social preventivo obligatorio (DISPO) provocó que no solo docentes y estudiantes permanecieran en sus casas, también sus familias debían hacerlo, lo que hizo a veces difícil hallar el espacio físico o el momento adecuado, por los usos de los espacios comunes, la necesidad de compartir computadora y de atender familiares.

Respecto de nuestros estudiantes y sus familias, los problemas económicos, las inequidades sociales y las dificultades para acceder a recursos y condiciones adecuadas para estudiar, se evidenciaron y profundizaron en condición de pandemia. Esta información fue recabada a través de encuestas realizadas por las cátedras, en conexión con la Secretaría Académica, en las que se consultaban cuestiones relacionados a la conectividad.

Aquellos que no contaban con buen acceso a inter-



Imagen: I. Basfi

net debieron recurrir a “los datos” del teléfono celular, muy restringidos siempre. Quienes no tenían computadoras personales (Conectar Igualdad... ¡cómo se extrañó!) debían compartir los dispositivos disponibles en el hogar con los demás miembros de la familia o, más problemático aún, seguir la clase desde un celular.

La situación general en Bariloche era por demás preocupante, con una fuerte caída en el empleo por restricciones de movimientos y de funcionamiento de comercios e instituciones, pero también por las características de la ciudad, dependiente en gran medida del turismo, que no recibió visitantes durante la temporada invernal.

### La comunidad organizada

La situación descrita podría ser paralizante; ¿cómo atender a todas las demandas?, ¿cómo resolver todos los problemas?, ¿cómo cubrir las necesidades en situación de aislamiento, con dificultades económicas y tecnológicas? Todo ello con la prioridad de cuidar la salud de las personas.

La decisión de la UNCo había sido continuar con el cursado de las asignaturas en formato virtual, suspendiendo solamente las actividades presenciales y las prácticas, como ya relatamos. El CRUB definió un conjunto de iniciativas orientadas a sostener las actividades de la mejor forma posible.

Brevemente describiremos las estrategias que tuvieron como objetivo el desarrollo de las clases. Las iniciativas incluyeron generación de normativa, capacitaciones y propuestas de formas de trabajo para los docentes, junto con el apoyo de nuestras áreas políticas y técnicas para quien lo necesitara.

Para adaptar las clases a esta modalidad de dictado fue necesario hacer más robusta la plataforma virtual PEDCO, que era utilizada anteriormente, aunque

## DESDE LA PATAGONIA



Imagen: I. Basti



UNCo BARILOCHE

### Una de las actividades de formación docente para adecuar las prácticas cotidianas a la virtualidad.

como un complemento a las actividades presenciales. De repente, miles y miles de estudiantes y docentes de toda la UNCo comenzaron a utilizarla y no estaba preparada para soportar dicha demanda.

### Avances y retrocesos en la nueva normalidad

Las cátedras comenzaron a armar sus clases. Para ello, desde la iniciativa de este grupo de gestión, se elaboraron videos tutoriales sobre cómo utilizar PEDCO para acompañar a la comunidad educativa en este gran desafío (un poco impuesto, un poco asumido). Se generó aquí algo muy bueno. El cuerpo docente no solo se puso en situación de usuario de esos videos, sino que también contribuyó armando sus propios tutoriales y poniéndolos a disposición de toda la comunidad, demostrando una vez más el sentido solidario y cooperativo imprescindible para superar la complicada situación.

Empezaron a aparecer numerosos cursos, capacitaciones, *Webinar*, encuentros virtuales, aportando a la formación de quien pudiera aprovecharlos.

Paralelamente, la UNCo desarrolló una serie de capacitaciones para docentes y no docentes sobre la utilización de la PEDCO y fue el CRUB la unidad académica con mayor cantidad de inscripciones. Se conformó un firme equipo de trabajo en nuestra Área Informática, que atendió los requerimientos técnicos y operativos que surgían a cada momento. Asimismo, se reasignaron tareas a una agente no docente con el fin brindar soporte a docentes sobre la utilización de la plataforma virtual.

Además, en el CRUB realizamos un relevamiento sobre la situación particular de un gran número de

estudiantes, para intentar comprender su realidad y analizar cómo se podía colaborar y acompañar en este contexto. Si bien las restricciones presupuestarias y el consecuente ahogo institucional hacían imposible dar una respuesta efectiva a la falta de conectividad, el convenio firmado entre el Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM) y las universidades nacionales significó una mejora en la accesibilidad a los distintos recursos digitales. Sabiendo entonces que lo emplazado en un dominio ".edu.ar" no consumía datos móviles de los celulares, desde nuestra unidad académica apuntamos los pocos recursos materiales y los grandes recursos humanos (de los que pudimos valorar su gran calidad de formación) a aprovechar al máximo la potencialidad del convenio firmado. Desarrollamos una plataforma basada en el sistema *Jitsi* incrustado en el dominio institucional "crub.uncoma.edu.ar". También se implementó un repositorio digital propio, en el cual los equipos docentes podían cargar videos y luego vincularlos a la PEDCO. De este modo, su reproducción o descarga no consumía datos móviles.

También se debieron adecuar normativas y elaborar disposiciones puntuales para construir un marco institucional que validara las prácticas desarrolladas en la virtualidad, no sólo las clases, sino también los exámenes finales, las defensas de tesis y hasta los llamados a selección docente. Allí comenzaron nuevos desafíos, que resultaron exitosamente superados... ¿quién se hubiera imaginado recibirse a través de una computadora? Y así sucedió que una decena de estudiantes rindió su última asignatura, presentó su trabajo final o tesis en este contexto, con una llamativa proporción de matemáticas y matemáticos a quienes parece ser, que este contexto de ASPO y DISPO les ha sentado muy bien para culminar sus estudios. Gran parte del estudiantado, que contaba con la carrera avanzada antes de la pandemia, debía distribuir su tiempo entre asistir a sus lugares de trabajo y luego -en los resquicios del día- continuar con sus tesis, estudio y consultas. En muchos casos, permanecer en un lugar, les permitió optimizar su tiempo y llegar a los logros académicos que buscaban.

En cuestiones de relevamientos no nos podía quedar afuera el análisis de las cátedras. Conocer cómo venían trabajando para saber de qué manera mejorar las prácticas de gestión que permitieran acompañar este transitar por estos tiempos difíciles. Nos propusimos seguir generando y facilitando encuentros entre docentes. Fue así como desarrollamos un ciclo tendiente a discutir e intercambiar experiencias del trabajo en la virtualidad. Un espacio para contar cómo se habían adaptado ciertas prácticas y reflexionar a partir

## DESDE LA PATAGONIA

de allí, aportando miradas y pareceres que, sin dudas, nutrieron a otras y otros docentes. La idea fue realizarlo antes del inicio del segundo cuatrimestre para que pudiera ser aprovechado por los equipos de cátedra que comenzaban en la segunda mitad del año con sus clases. Cabe destacar que, en ningún caso, esto supuso un ámbito para la catarsis. Tuvo, en cambio, un real y cabal sentido de construcción colectiva: aportar para que la experiencia o el saber resultaran significativos a otra persona, y le permitieran interpelar su propia práctica.

En este sentido, también se desarrollaron encuentros institucionalmente importantes como fueron las Jornadas de Actualización en Actividades de Montaña, las VI Jornadas Pedagógicas en Educación Física y el Encuentro de Enseñanza de la Biología en contexto de Pandemia, entre otros.

Dada la importancia de focalizar en lo positivo y en lo constructivo para el conjunto, también establecimos contacto y realizamos gestiones con otras universidades del país para que estudiantes de esta unidad académica pudieran cursar de forma virtual algunas materias en calidad de optativas, en esas instituciones.

En un sistema como el universitario, con planes de estudios caracterizados por las correlatividades, entre otras exigencias, fue necesario otorgar al estudiantado, excepciones a algunas de estas normas. Nuestro propósito fue siempre acompañar, del mejor modo posible, a los y las estudiantes en este contexto tan complejo. ¿Eso implicaba garantizar todas las cursadas y en los tiempos establecidos por los planes de estudios? Sin dudas, no. Situaciones excepcionales, merecen consideraciones excepcionales y redundan en desarrollos excepcionales. Es así que no todas las asignaturas pudieron cerrar sus cursadas de forma efectiva, sino que han quedado abiertas a la espera de poder concretar encuentros presenciales que permitan terminar de construir los conocimientos asociados a los contenidos curriculares. Mañana, pasado mañana, el próximo mes, el año que viene... no sabemos cuándo, pero sabemos que resulta necesario ese espacio de encuentro, ese desarrollo presencial. En este sentido esperaremos el tiempo que haga falta. Porque entendemos que de eso se trata también garantizar el derecho a una educación de calidad como se merecen quienes estudian, ya sea en la presencialidad o en la virtualidad, y es lo que espera la sociedad de nosotros.

### El futuro llegó... hace meses

El contexto de virtualidad precipitó la necesidad de maximizar las comunicaciones digitales. Acostumbrados y acostumbrados a que parte de la información se

constituía en carteleras o afiches en las puertas de las aulas, debíamos repensar las estrategias para seguir siendo una comunidad universitaria que ya no se cruzaba por los pasillos, que ya no podía usar un patio para almorzar o el bar para tomarse un café.

Creídos de que una cuarentena duraba 40 días, aprovechamos la ausencia de personas para pintar paredes, diseñar y mandar a imprimir nuevas carteleras. Hace varios meses que esperan la presencialidad para ser usadas. Pero los usos ¿serán las mismas, necesitaremos las carteleras, o ya nos habremos acostumbrado a las comunicaciones digitales?

Enfocamos, entonces, gran parte de nuestros esfuerzos en optimizar las comunicaciones digitales. Fue así que terminamos de poner en línea la *webapp* del CRUB (<http://aap.crub.uncoma.edu.ar>), una página que modifica su formato según el dispositivo usado para verla. El diseño de sus contenidos y la forma en la que están dispuestos responden a un exhaustivo análisis que llevó dos años de trabajo previo, y que debió ponerse en línea antes de lo previsto. La plataforma está hecha para reemplazar a la página *web* anterior y canalizar toda la información institucional, tanto académica, como cultural, de investigación, o de extensión. El estudiantado tiene hoy su propia cartelera y, para algunas informaciones que requieren un aviso urgente, se utiliza un sistema de notificaciones que avisa directamente a celulares o computadoras de quienes se hayan conectado.

El próximo paso es la descentralización del uso de la *webapp*, para que algunas oficinas como los departamentos de Asuntos Estudiantiles, Docente, Postgrado, Ingreso y los departamentos académicos, de los que dependen las distintas asignaturas, puedan subir su información. Incluso, el Centro de Estudiantes tiene allí un sitio donde compartir sus actividades. Su puesta en marcha requirió que las áreas de Comunicación Institucional e Informática debieran investigar y formarse en el uso de estas plataformas, aprovechando al máximo los recursos tecnológicos preexistentes en nuestro CRUB.

Esas nuevas capacidades permitieron encarar otros desafíos de esta pandemia: se confeccionó una nueva *web* para la revista "Educación Física, Experiencias e Investigaciones" y otra para Postgrado donde se está actualizando la información del Doctorado en Biología y la nueva Maestría en Biodiversidad.

### Para "muestra" basta un botón

En abril de este año debía realizarse la Muestra de Carreras de Educación Superior Pública de Bariloche, una actividad que concentra la oferta académica de

## DESDE LA PATAGONIA

las seis instituciones públicas dedicadas a educación superior en la ciudad, y de la que el CRUB ha sido parte, tanto en su organización como poniendo a disposición sus instalaciones. La actividad, en la que cientos de jóvenes estudiantes de nuestra ciudad y de localidades vecinas visitarían la muestra en espacios municipales gestionados a tal fin, se suspendió debido a las disposiciones de aislamiento. Se pensó en posponer la propuesta para el año próximo. Al poco tiempo, comenzaron a llegar mensajes de las escuelas secundarias: docentes, directivos y personal de los equipos técnicos de Apoyo Pedagógico se comunicaron para pedir información de las carreras y de la muestra en especial. Quienes estaban en su último año de secundaria dudaban si seguir estudiando, qué carrera elegir o qué profesión, ciencia o arte podría interesarles. Ese era el mensaje que se repetía como requerimiento de información y solicitud de respuesta. Conformamos entonces un equipo de trabajo con el área de Comunicación y de Ingreso, y luego de revisar factibilidades, propusimos al resto de las instituciones retomar la Muestra de Carreras, esta vez en la virtualidad.

El CRUB generó una página web que inauguró el primer día de octubre y se organizó una estructura de información cruzada con toda la oferta académica local que tuvo además una semana de "Feria virtual de carreras" con actividades en vivo. Más de 100 personas participaron de diferentes maneras: armando textos, grabando videos, exponiendo sus charlas y talleres, o participando en *chats* sobre la vida estudiantil. El CRUB puso a disposición de los y las internautas unos 60 videos donde docentes y estudiantes explican cómo son las carreras, de qué trata ser estudiante universitario o responden a las preguntas que año a año se han acumulado de experiencias anteriores. El resultado de este trabajo resultó ser un sitio web que, al finalizar el mes de su publicación, ya llevaba casi 4.000 usuarios registrados, y más de 30.000 visitas a sus páginas. Todos los videos que se realizaron en vivo siguen sumando visualizaciones día a día. El resultado fue doblemente positivo: primero porque el enorme esfuerzo de trabajo permanecerá como material para próximos eventos, y además, porque el CRUB pudo encabezar la organización de una actividad que articuló el trabajo de seis instituciones públicas que priorizaron el trabajo colectivo.

### Otras partes del todo

30

Aun en condiciones de aislamiento y restricciones de movimientos, reuniones y tareas que pusieran en ries-

go la salud de las personas, es importante mencionar que se llevaron a cabo otras actividades relevantes.

Se prepararon protocolos de funcionamiento para quienes debían asistir a las instalaciones del CRUB a cumplir tareas esenciales. Así, se dotó a las instalaciones de materiales de sanitización, se reformularon modos y horarios de trabajo, se organizaron las tareas de mantenimiento y se readecuaron las oficinas para seguir atendiendo las tareas que permitieron que el CRUB siga funcionando razonablemente bien.

Por una parte, ante la emergencia sanitaria, algunos de los investigadores e investigadoras de la Universidad y los institutos de bipertenencia formularon proyectos de investigación, aportando soluciones para resolver problemas concretos relativos a la COVID 19.

Además, se coordinaron acciones con el Banco de Alimentos para asistir a integrantes de nuestro estudiantado mediante la entrega de módulos alimentarios.

También, en el contexto de la conmemoración del 1 de septiembre, que recuerda la tragedia en la cual fallecieron nueve estudiantes del CRUB en 2002, se realizó una colecta de libros para niños y niñas de la Escuela Primaria N° 329 del Barrio El Pilar II. Se recolectaron más de 500 libros que fueron muy bien recibidos por esa comunidad educativa.

### Sur, pandemia y después

La humanidad vive un tiempo extraordinario. A lo largo de la historia, hubo pandemias y epidemias que asolaron a la población. No son nuevas. Por ejemplo, la llamada "gripe española" y la poliomielitis, que causó estragos a mediados del siglo pasado en nuestro país.

En cada oportunidad, los países debieron aprestarse a cuidar la vida y la salud de sus habitantes. Esta vez, creemos que de forma más impactante que las anteriores, los efectos sobre la economía mundial y de cada país, son muy graves. Asistimos en estos días a la "segunda ola" de contagios en Europa y Asia; América Latina sigue enfrentando la primera ola, y nadie puede prever el curso de los acontecimientos, al menos hasta la aparición y aplicación masiva de vacunas. Es decir que esta "nueva normalidad virtualizada" que no permite reuniones, abrazos y mates compartidos seguirá acompañándonos un tiempo más. La sociedad argentina ha mostrado distintas respuestas a esta necesidad de cuidarse y cuidar al prójimo, de cambiar hábitos muy arraigados para reducir el número de contagios, y evitar la propagación descontrolada del virus. Preferimos quedarnos con las imágenes de responsabilidad

# DESDE LA PATAGONIA

y de solidaridad de muchos de los habitantes de este suelo, con el inmenso compromiso de los trabajadores y trabajadoras del sistema de salud, de todas las personas que desarrollan tareas esenciales día a día, para muchas de las cuales “quedarse en casa” no fue opción.

También hay que mencionar que el aislamiento y la suspensión de actividades causaron la pérdida de cientos de miles de puestos de trabajo, la reducción drástica de ingresos en muchos hogares, la imposibilidad de acceder a las necesidades básicas más elementales.

Además del tristísimo saldo en pérdidas de vidas, el aumento de la pobreza y de las desigualdades sociales nos golpea a todos, nos interpela para trabajar con mayor denuedo en buscar soluciones, en reducir estas inequidades, que no son nuevas, desgraciadamente. En este contexto, a la Universidad le tocó su parte, readecuando su funcionamiento y sus responsabilidades a la nueva normalidad. Hay que seguir trabajando, produciendo conocimientos, dando clases, atendiendo las necesidades de nuestros estudiantes que tenían dificultades para cursar, intentando poner a disposición de estudiantes, docentes y no docentes las mejores herramientas para lograr esto.

Estamos orgullosos de la responsabilidad, solidaridad y compromiso asumidos con tiempo, dedicación y esfuerzos de la comunidad universitaria para estar a la altura de las circunstancias que representan estos extraordinarios tiempos que corren. Sin dudas, el año 2020 será difícil de olvidar.



Imagen: I. Basfi

**Durante la cuarentena, la comunidad del CRUB reunió una importante cantidad de libros para entregar a los alumnos y las alumnas de la Escuela Primaria N° 329, del Barrio El Pilar II.**

Los autores de esta nota conforman el actual equipo de gestión del Centro Regional Universitario Bariloche.

**Mg. Marcelo Alonso**

Decano

**Mg. Carolina Biscayart**

Vicedecana

**Mg. Alfonso Aguilar**

Secretario Académico

**Mg. Mónica Palacio**

Secretaria de Ciencia, Técnica y Vinculación

**Arq. Monica Gonzalez**

Secretaria de Extensión

**Santiago Carballo**

Secretario de Gestión, Servicios Generales y Administrativos

**Lic. Fabián Viegas**

Referente del Área de Comunicación Institucional



CONICET



INIBIOMA

**El Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA) fue creado por el CONICET y la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) en el 2006. Su actividad científica está relacionada con aspectos ambientales y ecológicos, tanto de sistemas terrestres como acuáticos. Su sede está ubicada en el predio de la UNCo, en la ciudad de Bariloche.**

contactoinibioma@comahue-conicet.gob.ar - Tel: 294 4433040  
http://www.inibioma.conicet.gob.ar/ - Fb: Inibioma-Conicet/Unco

# ENSAYO

## CAMINOS PARA MEJORAR EL MUNDO

*¿Qué pasará después de la pandemia? Nos asomamos a este tema reflexionando sobre algunos problemas acuciantes de la sociedad actual y algunos senderos para su resolución.*

**Telma Barreiro**

Comienzo a escribir este artículo en el mes de junio de 2020, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Resulta pertinente puntualizar esto, que puede parecer absolutamente trivial, porque estamos en plena vigencia de la cuarentena (en el Aislamiento Social Preventivo Obligatorio), que se impuso en nuestro país desde el 20 de marzo del presente año, a raíz de la existencia de la pandemia por coronavirus.

Y es así como, desde hace varios meses, la vida de millones de habitantes de nuestro país, y del mundo en general, se vio bruscamente alterada en su cotidianidad por la aparición de este terrible flagelo que ha sacudido prácticamente al mundo entero.

Cuándo va a terminar la pesadilla de esta auténtica catástrofe sanitaria y cómo va a quedar el mundo cuando esto acabe, es algo complejo de predecir. Difícilmente la sociedad quede tal cual como nos encontrábamos al comenzar el año 2020. ¿Servirá este tremendo sacudón para mejorar el mundo, o contribuirá a empeorarlo?

Hay diversas posturas al respecto. Conocemos el testimonio de distintos pensadores con miradas diversas. Algunos tienen una mirada optimista en este sentido. Otros, por el contrario, creen que el mundo, lejos de mejorar, entrará en una feroz recesión. Creo

que nadie puede tener una certeza absoluta en esta cuestión.

Lo que sí parece bastante claro es que la pandemia puso de relieve, puso al rojo vivo, algunas inequidades que viene atravesando la sociedad humana en las últimas décadas, violencias estructurales que producen dramático sufrimiento totalmente injustificado a millones de personas y una gravísima depredación del medio ambiente y del planeta todo.

Durante el foro virtual "Voces Múltiples de la Red de Intelectuales y Artistas en Defensa de la Humanidad", que en mayo de este año se realizó en torno al tema "La pandemia y después", el periodista y catedrático español Ignacio Ramonet, en una brillante metáfora, comparó la pandemia con el producto Luminol, que utilizan los médicos forenses para descubrir las huellas de sangre que intentan borrar los asesinos. Dijo: "La pandemia iluminó la cosa destructiva y genocida que representa esta época del capitalismo y del neoliberalismo globalizado". Y, de hecho, numerosos foros que se han realizado en estos meses en distintas partes del mundo han puesto de relieve las inequidades que caracterizan al mundo actual, marcando que la sociedad humana estaba muy lejos de ser un paraíso cuando comenzó la pandemia.

El objetivo de este artículo es, por un lado, puntualizar algunos de los males que aquejan al mundo actual y, por el otro, hacer referencia a algunos de los diversos y numerosos senderos que se vienen transitando, y que podrían enriquecerse en estos tiempos, para intentar encauzarnos hacia una sociedad mejor. Este es un tema demasiado vasto, por cierto, imposible de agotar en un artículo. Pero intentaré exponer aquí algunas ideas para potenciar la sensibilidad y el debate en torno a esa cuestión crucial, al menos entre aquellos lectores que se sientan interpelados por esta búsqueda.

### **El mundo está mal y no va por buen camino**

Partimos, pues, de la afirmación de que el mundo no está bien y, lo que es más grave aún, que no va por buen camino. Cuando afirmamos que el mundo no

**Palabras clave:** cambio social, desigualdad, injusticia, malestar global, resistencia.

#### **Telma Barreiro**

Es Profesora en Filosofía, graduada en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Fue docente de nivel medio y de varios institutos terciarios y Universidades argentinas, en particular del Centro Regional Universitario Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue entre los años 1974 y 1983. Tiene una amplia trayectoria en formación docente y asesoría a instituciones educativas.

telma.barreiro@gmail.com

Recibido: 10/09/2020. Aceptado: 20/10/2020.



"La gota". Mural en Zapala, de Chelo Candia.

va por buen camino, nos referimos a la dirección que va tomando el devenir histórico de la mano del poder dominante sobre el planeta, y de cómo se perfila el futuro si no se lograra modificar ese rumbo.

Sucede que, a pesar de los enormes adelantos en el orden tecnológico y científico, que han posibilitado logros realmente espectaculares en numerosos aspectos de la vida humana, y que favorecen a muchos millones de personas, sigue subsistiendo un malestar profundo y devastador que afecta también a millones de personas, y existen, por otra parte, a nivel planetario, situaciones de grave riesgo que penden cual Espada de Damocles sobre la especie humana en su conjunto.

Caracterizaré a continuación, sucintamente, algunos de los problemas que aquejan al mundo en la hora actual.

### **Desigualdad socioeconómica, miseria y riqueza**

Lo primero que debemos mencionar, como la punta más ominosa del iceberg, es que hay mucho sufrimiento humano real, concreto y profundo que afecta a muchísimas personas en este mundo, atravesadas por carencias básicas, sufrimiento totalmente innecesario e inmerecido, producto de un manejo arbitrario y codicioso del poder y de los bienes de la Tierra.

Es bien sabido que existe una descomunal desigualdad en las situaciones de vida de distintos grupos humanos dentro de la población mundial. Por un lado, un grupo mínimo de personas poseen fortunas inconmensurables. Por otro, existen a la vez millones de seres humanos que padecen grave pobreza y miseria extrema, subalimentación, desnutrición, falta de vivienda y de protección de la salud, falta de agua, y,

en general, insatisfacción de lo que se conoce como necesidades humanas básicas.

En parte, la existencia de poblaciones con graves carencias se ha evidenciado crudamente en algunos países a raíz de la pandemia, por el hecho de que un gran porcentaje de los muertos por coronavirus corresponde a los barrios o sectores más pobres (llamados, a mi juicio eufemísticamente, "vulnerables").

Lo más notable, que confirma nuestra afirmación de que el mundo va por mal camino, es que, a pesar del presunto progreso, no se han reducido las desigualdades, sino que, por el contrario, se han profundizado. Es decir, aumentó el índice de desigualdad entre los ricos más ricos y los pobres más pobres del planeta. Y no disminuyó la cantidad de personas que viven en extrema pobreza. Por eso nos permitimos preguntarnos ¿no deberíamos revisar el concepto de progreso?

Otros problemas gravísimos, asociados con la situación que acabamos de describir, que sacude cada vez más a distintas poblaciones a nivel planetario, son la desocupación, la falta de trabajo y la subocupación. Cientos de miles de ciudadanos de distintos países se ven privados de una fuente laboral que les permita llevar adelante su vida en forma relativamente normal, dar adecuado sustento a sus familias, y alentar el proyecto de un progreso personal, aunque sea mínimo.

El fenómeno es muy abarcativo, y afecta también a gente que está trabajando y teme perder su empleo al ser desplazada por otras personas más jóvenes o capacitadas. Cada vez la edad que hace "potable" a un trabajador se ha ido reduciendo. De modo tal que la desocupación, la búsqueda incesante de trabajo, y también, el temor a perder el empleo ha sido y es motivo de angustia para miles de ciudadanos.

# ENSAYO

## **Migrantes: dura realidad contemporánea**

La cuestión de las migraciones es otro flagelo terrible de nuestro tiempo. La grave situación del desempleo en algunos de los países más pobres del planeta, así como también la aguda violencia instalada en ciertas regiones, ha empujado a una parte de su población a intentar migrar hacia lugares, donde, supuestamente, encontrarán formas de ganarse la vida. En algunos casos estas migraciones, que se producen en situaciones de total desesperación, se llevan a cabo de modo muy precario e inhumano, con enorme riesgo de la vida de las personas.

## **Deterioro del medio ambiente**

Otro tema importante es el grave deterioro del medio ambiente y del planeta en su conjunto en diversos aspectos. Por ejemplo, la deforestación de vastas zonas de bosques (en Brasil y también en nuestro país y en otras naciones de América Latina). El desarrollo de la minería a cielo abierto que supone la contaminación de la tierra, el agua y el aire. La explotación del petróleo realizada con métodos no convencionales (*fracking*), que acarrea la contaminación de las aguas, a cargo de empresas que han sido desalojadas de algunas naciones y ahora se afincan en otros países (como el nuestro), como el caso de Chevron en la cuenca petrolífera de Vaca Muerta, en la provincia de Neuquén. Otro tema preocupante son los derrames de petróleo. En diversas ocasiones hubo derrames masivos en el océano, que produjeron la muerte de infinidad de organismos de las comunidades marinas. La instalación de centrales nucleares que han provocado en diversas ocasiones distintos accidentes que acarrearán consecuencias gravísimas para la población. Otro fenómeno grave es el del cambio climático. El aumento de la temperatura en la atmósfera de la Tierra, producido por la emisión descontrolada de gases, está poniendo en peligro el carácter habitable del planeta en un lapso relativamente breve. La producción de incendios incontrolables en la Amazonia y en Australia en años recientes, da cuenta del impacto negativo de estos fenómenos.

Por otra parte, al fabricarse en forma indiscriminada multitud de objetos, aparatos, vehículos, etc. para el consumo, por un desarrollo tecnológico imparable y por un determinado modelo de desarrollo socio-económico totalmente dominante, se consumen elementos básicos del planeta y, además, se producen desechos que no son biodegradables, como son, por ejemplo, los miles de aparatos electrónicos que se descartan, o los productos elaborados con plástico y nylon que terminan invadiendo los ríos y los mares al ser desechados.

## **El consumismo y la "consumopatía"**

Esto tiene que ver con un modelo de desarrollo que pone el énfasis en un consumo desenfrenado donde, tras la búsqueda del confort y de la comodidad, y también del prestigio social, las personas que tienen un poder adquisitivo que les permite gozar de estas formas de bienestar material, son cautivadas por estos aparatos y estas comodidades tecnológicas sin las cuales ya les resulta cada vez más difícil desarrollar su vida. En muchas ocasiones se contraen deudas con elevados intereses que terminan exigiendo mucho esfuerzo y pérdida de tiempo libre a los deudores compulsivos.

## **El poder de la banca financiera**

Otra cosa gravísima que ocurre en el mundo es el poder que tienen actualmente los financistas, quienes se dedican al manejo especulativo del dinero a nivel mundial, los dueños de los bancos y de las corporaciones transnacionales, las grandes empresas financieras. El capital financiero es actualmente uno de los más grandes y omnímodos poderes que controlan la vida social en todo el planeta. A partir de sus manejos, dirigidos única y exclusivamente a producir ganancias para las personas poseedoras de esos inmensos capitales, se realizan operaciones que ponen en juego la vida cotidiana de millones de personas.

Uno de los lugares preferidos para la especulación financiera es lo que se ha dado en llamar "paraísos fiscales", a través de los cuales la gente adinerada envía sus caudalosas fortunas a bancos internacionales, eludiendo con ello el pago de impuestos a los Estados nacionales. Al eludir el pago de impuestos, estas personas conservan intactas sus ganancias (e incluso las incrementan con los intereses recibidos) y privan a los países de origen de sumas cuantiosas de dinero (amasadas, precisamente, allí). Sumas con las que los respectivos Estados deberían atender las necesidades básicas de la población.

Otra forma de especulación la constituyen las acciones de algunos organismos mundiales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional, que prestan dinero a países con problemas fiscales y aplican enormes intereses, imponiendo a estas naciones políticas económico-sociales que van en desmedro de la población con menores recursos, como la llamada flexibilización laboral, el recorte de recursos para jubilados, la reticencia de apoyo a las pequeñas y medianas empresas, etc.

## **Guerras, producción y venta de armamentos**

Otro grave flagelo es el surgimiento y permanencia de conflictos bélicos en distintas partes del mundo, con

lo que implica en términos de enorme sufrimiento para la población involucrada.

Los fabricantes de armamentos lejos están de detener su producción, y elaboran armas de destrucción cada vez más sofisticadas y deletéreas. Es necesario colocar esta mercadería y, especulando con los manejos del poder y las luchas entre sectores, se sostienen cuantiosas ganancias a costa del padecimiento humano.

### El agronegocio

El agronegocio es un conjunto de actividades que vinculan la producción, distribución y comercialización de productos agrarios a nivel mundial. Consiste básicamente en controlar la producción de alimentos de origen vegetal, implementando cultivos masivos con una, dos o tres especies (por ejemplo, la soja) llevados a cabo con semillas transgénicas, que son productos de laboratorios. Estos cultivos extensivos imponen la fumigación de las plantaciones con agrotóxicos como el glifosato, que daña gravemente la salud de la población y, en muchas ocasiones, conducen a la producción de desmontes promoviendo el desalojo de campesinos y pueblos originarios.

El agronegocio atenta abiertamente contra lo que suele denominarse la soberanía alimentaria, una modalidad de política agraria más asociada con la agricultura tradicional que supone, en primer lugar, abastecer al mercado interno, satisfaciendo las necesidades de la población local y nacional. Además, esta modalidad posibilita emplear extensiones moderadas de superficie, promueve la rotación periódica de cultivos y es una fuente de trabajo para los campesinos, permitiendo la existencia de pequeños productores.

Los impulsores de los agronegocios buscan el logro de ganancias extraordinarias con producciones a gran escala, a muy bajo costo y en poco tiempo, aunque esto implique atentar contra la salud de la población, deteriorar el medio ambiente, y erradicar a campesinos que terminan trasladándose a la periferia de las zonas urbanas, en condiciones de alta vulnerabilidad.

### La cría industrial de animales

Otro fenómeno ligado a la producción de alimentos que atenta abiertamente contra la salud de la población y la salubridad del planeta todo, es la cría industrial de animales.

Consiste básicamente en producir animales en grandes cantidades en un mínimo de tiempo y con crecimientos acelerados para obtener cuantiosas ganancias. Esto se transforma en una especie de fábrica y replicación de virus, porque los animales se crían hacinados, particularmente en el caso de los pollos y cerdos, al



**“Monsanto se va de Córdoba” nota de Andrés Arnone publicada el 3 de agosto de 2016 en la publicación digital de La Izquierda Diario.**

punto de que no pueden moverse y, por lo tanto, tienden a propagarse muchas enfermedades. Todo lo cual produce un sufrimiento ingente a los animales encerrados.

Hay cepas diferentes de virus y bacterias, que se transmiten entre individuos en estos espacios reducidos. Los animales son sometidos a aplicaciones regulares de antibióticos y antivirales para prevenir las enfermedades, lo que va creando resistencias cada vez más fuertes.

Silvia Ribeiro, investigadora uruguaya radicada en México, en una entrevista realizada por el diario Página 12, menciona que Rob Wallace, un biólogo que ha estudiado un siglo de pandemias durante 25 años, dice que todos los virus infecciosos de las últimas décadas están muy relacionados a la cría industrial de animales. Un hecho bastante elocuente en tal sentido es el surgimiento de la gripe aviar en Asia y de la gripe porcina AH1N1.

### Otros temas

Hay más cuestiones para plantear, cuyo desarrollo debemos postergar por limitaciones de espacio, que aluden a hechos que son extremadamente dañinos para la sociedad.

Enunciados brevemente se refieren a: a) la violencia de género; b) la trata de personas; c) el narcotráfico; d) el racismo y la xenofobia; e) la violencia contra las poblaciones originarias; f) los espionajes contra naciones, instituciones y personas, usando la tecnología más sofisticada; g) la manipulación de la opinión pública realizada por los medios de comunicación hegemónicos; h) la puesta en acción de distintos golpes de Estado “blandos” en América Latina, desplazando a gobiernos democráticos progresistas; i) las adicciones (drogadicción, alcoholismo, consumo de psicotrópicos), etc.

Si bien es imposible aquí abordar el desarrollo de cada uno de estos temas, no podía dejar de enumerarlos a la hora de describir los males que aquejan a la

# ENSAYO

sociedad contemporánea. Males que, a mi juicio, se originan, al igual que los referidos anteriormente, en los manejos desorbitados del poder, que reducen a los seres humanos a la categoría ontológica de mercancías, y orientan el desarrollo de la sociedad al predominio de una minoría -movida por el afán de lucro y la lógica del mercado- sobre el resto de la población.

## El sistema de valores del capitalismo

Podemos afirmar que este estado de cosas es una consecuencia natural del capitalismo, dado que el éxito alcanzado por este sistema en su dominio del mundo es enorme. Prácticamente está instalado en casi todo el planeta a nivel económico-financiero, lo que en estas últimas décadas se conoce como neoliberalismo globalizado.

Pero el éxito más rotundo y arrasador del sistema capitalista ha consistido, a mi juicio, en la imposición y afianzamiento de un sistema de valores, una visión del mundo y un modelo antropológico social cuyo dominio es mayúsculo. En el ámbito de la cultura, la victoria del capitalismo es abrumadora.

Se ha instituido una cosmovisión que pone el eje de una buena vida en el éxito individual desde el punto de vista de la posesión de bienes materiales, de la fama, del prestigio, de los lugares de poder, del destacarse sobre los otros; un sistema de valores que exalta hasta el paroxismo los aspectos competitivos del ser humano.

Podríamos decir que se ha instalado en el corazón de la sociedad humana en su conjunto una suerte de "Santísima Trinidad" resumida en tres pilares: individualismo, exitismo y consumismo. Y su gran instrumento para ascender en la escala social es la competencia. Competir en, prácticamente, todos los terrenos de la vida. Al haber logrado naturalizar este modelo, este esquema motivacional como obvio, y pregonar que representa o expresa, de algún modo, la auténtica naturaleza humana, este móvil de la conducta tiene una fuerza muy poderosa sobre el accionar de la gente. Por otra parte, resulta constantemente alimentado por los aparatos publicitarios en todas sus formas.

## Una pregunta clave

Frente a todo esto la pregunta que naturalmente surge es: ¿se podrá cambiar este estado de cosas? En caso positivo, ¿por qué vías? Y en cierta forma, más urticante y movilizante aún: ¿habrá algo que yo pueda hacer para ayudar a promover un cambio hacia una sociedad mejor?

36

Volvemos así a los párrafos iniciales de este artículo. Como señalaba allí, en el transcurso de este período

afectado por la pandemia, se han levantado muchas voces denunciando los males que aquejan al mundo e instando a hacer actividades, nucleamientos y propuestas diversas para dar un giro positivo a este devenir histórico.

No es posible enumerar aquí los distintos llamamientos y convocatorias que se están haciendo en esta dirección. Escogiendo solo algunos he de mencionar, por ejemplo, la convocatoria a constituir en el mes de mayo una Red Internacional Progresista con la firma de personalidades críticas y reconocidas por su actuación pública y su solvencia, como Noam Chomsky, Naomi Klein, Yanis Varoufakis o Fernando Haddad entre otros. Una iniciativa dirigida a "fomentar la unión, coordinación y movilización de activistas, asociaciones, sindicatos, movimientos sociales y partidos en defensa de la democracia, la solidaridad, la igualdad y la sostenibilidad" (puede leerse al respecto una nota publicada en Página 12, el pasado 12 de mayo).

A su vez, en Francia, en mayo de este año, las izquierdas proclamaron el propósito de una apuesta en común. Socialistas, comunistas, ecologistas y economistas como T. Piketty firmaron un programa que articula conceptos fundamentales de la izquierda, los valores ineludibles del ecologismo y las propuestas que emanan de las asociaciones que luchan contra la pobreza.

Por otra parte, en nuestro país, durante el mes de junio de este año comenzó a consolidarse un nuevo espacio de intelectuales e investigadores de distintas áreas y procedencias que conforman la agrupación Comuna Argentina. Abogan por "una radicalización de la democracia y una reconstrucción del Estado y la Nación, sobre la base de un nuevo humanismo crítico y como parte de un proyecto latinoamericanista". Entre muchos otros firmantes figuran Dora Barrancos, Alberto Kornbliht, Adrián Paenza, Ricardo Aroskind, Horacio González y Raúl Zaffaroni. A poco de constituirse ya nucleaba 400 miembros.

Lo interesante de estas convocatorias es que todas ellas plantean el carácter estructural de los problemas que afectan al mundo, intentando desnudar los mecanismos del poder y buscando aunar voluntades y recursos. Esta búsqueda, a mi juicio, tiene algo en común con los movimientos que dieron lugar al Foro Social Mundial y sus réplicas sucesivas a partir del año 2001, en que se realizó el primer encuentro en Porto Alegre (Brasil).

## Caminos hacia el cambio

Anuncié al comienzo de este artículo que mi objetivo era, en primer término, enunciar algunos de los males



“La Vija” Ilustración de Chelo Candia.



“Circular” Ilustración de Chelo Candia

que aquejan al mundo actual, y, en una segunda parte, mencionar algunas iniciativas y formas de resistencia que se llevan a cabo para mejorar la realidad. Llegados a este punto, advertimos que esta tarea nos coloca en una difícil encrucijada. Ocurre que las formas de resistencia, de lucha, y de construcción alternativa que distintos grupos humanos van adoptando, son muchísimas y maravillosamente diversas. Hay una paleta de pintor multicromática o, parafraseando a Claudia Korol, “un verdadero caleidoscopio de formas de resistencia para luchar contra los males y las injusticias del mundo y poner en jaque a los depredadores”.

Es imposible registrar en estas páginas este espectro de acciones en su totalidad. Por tal razón, he decidido -siguiendo con nuestra metáfora pictórica- dar solo algunas pinceladas de colores variados, mencionando un pequeño puñado de acciones en algunos de los ámbitos conflictivos mencionados. Todo esto, meramente a título de ejemplo, sin que deba interpretarse en menos-cabo de las múltiples otras estrategias de lucha que se omiten, que son centenares, si no miles.

### En busca de la justicia social

La lucha contra las desigualdades, contra la injusticia social y contra la explotación de unos seres humanos por otros es una constante en la historia de la humanidad y en ella se ha apelado a los más variados y diversos recursos, que en nuestra época asumen también un amplio espectro. Asistimos a las manifestaciones en reclamo por un cambio en las políticas económico-sociales vigentes. Tal el caso de las marchas de los Indignados en España y, en América Latina, muy recientemente, las marchas multitudinarias en Chile y Ecuador, las denuncias de los paraísos fiscales con identificación

de los contribuyentes y los bancos involucrados, la propuesta de impuestos diferenciados a las transacciones financieras, y, naturalmente, las luchas emprendidas por los trabajadores, a las que aludiremos a continuación.

Aparte de las luchas tradicionales libradas por los distintos gremios para mejorar su condición laboral, en nuestro país se vienen llevando a cabo algunas luchas puntuales y específicas por la existencia misma del trabajo, sea para defender sus puestos como asalariados o para poder incorporarse al sistema regular que les permitirá tener una condición laboral digna. Mencionamos las luchas de los trabajadores que están precarizados o “en negro”, las marchas y manifestaciones masivas de los trabajadores desocupados o “flexibilizados”, su agrupamiento en una entidad gremial específica, como el Movimiento de Trabajadores Excluidos, y el importante movimiento de los Trabajadores de la Economía Popular. También particularmente interesante es el movimiento de las empresas recuperadas, con numerosos ejemplos, siendo pioneras las del Hotel Bauen, Zanon, Chilavert e IMPA (Industrias Metalúrgicas y Plásticas Argentina).

### Luchas vinculadas al agronegocio

Los movimientos y resistencias vinculados al agronegocio en general reconocen un amplio espectro en distintas partes del mundo y muy especialmente en América Latina y en nuestro país. Por mencionar sólo un caso puntual hemos de referirnos al que fue ejemplo paradigmático: el de la resistencia de la población en las localidades de Malvinas Argentinas e Ituzaingó, en la provincia de Córdoba. En 2012, la multinacional Monsanto anunció la construcción de lo que presentó como una de las plantas de acondicionamiento de se-

# ENSAYO

millas de maíz transgénico más grandes del mundo en la localidad de Malvinas Argentinas. La planta comenzó a construirse en enero de 2013.

Los vecinos, alertados sobre los efectos deletéreos de ese tipo de emprendimientos, comenzaron una lucha para detener el avance del proyecto, se constituyeron como Asamblea Malvinas Lucha por la Vida, y comenzaron una resistencia que habría de extenderse durante años. En septiembre de 2013, con el apoyo de las Madres del Barrio Ituzaingó y otras organizaciones de la provincia y del país, emprendieron una forma de resistencia territorial: un bloqueo del acceso al predio para impedir el ingreso de camiones con materiales de construcción para la planta, acción que habría de transformarse en un acampe. Por otra parte, elevaron denuncias y recursos de amparo ante el poder judicial. Hasta que, en agosto de 2016, luego de una lucha sin cuartel, finalmente Monsanto abandonó el proyecto y se retiró de Córdoba.

Y entre muchas otras luchas locales, recordamos también el accionar del Grupo de Reflexión Rural con la difusión e implementación del proyecto "Paren de fumigar", aplicado en varias de las áreas afectadas. Y la labor del científico del CONICET Andrés Carrasco, avalando con sus investigaciones el carácter iatrogénico del glifosato.

En el orden internacional mencionamos como muy reconocida la labor de la ecofeminista hindú Vandana Shiva dedicada, entre otras cosas, a la preservación de semillas nativas y al agrupamiento de campesinas dedicadas a su acopio y cultivo.

## Defensa del medio ambiente

Desde hace ya varias décadas se vienen realizando prácticamente en el mundo entero, numerosas y diversas formas de resistencia para intentar detener el grave deterioro del medio ambiente que viene padeciendo el planeta por el accionar de distintos factores de poder.

En el plano internacional, la lucha abarca amplios sectores del movimiento ecologista, algunas ya tradicionales y ampliamente reconocidas como el accionar de *Greenpeace*, otros más recientes como el movimiento llevado a cabo por la joven activista sueca Greta Thunberg, la emergencia de los partidos Verdes en varios países de Europa, las denuncias de diversos países ante la ONU, la realización de conferencias internacionales donde se ponen de manifiesto las políticas de algunos países que es necesario modificar, etc.

Pero también, y quizás menos difundidos, son los numerosos hechos de resistencia puntual, concreta y sostenida llevados a cabo por parte de las poblaciones

amenazadas por proyectos gravemente contaminantes y destructores de su hábitat. A título de ejemplo mencionamos algunos casos paradigmáticos producidos en nuestro país, vinculados específicamente a la megaminería.

Uno de los ejemplos exitosos de movilización popular se produjo en Esquel (provincia de Chubut), donde se logró frenar, en 2002, el avance del proyecto minero de extracción de oro de la empresa canadiense *Meridian Gold*, gracias a la lucha de la comunidad organizada en la Asamblea de Vecinos Autoconvocados por el "No a la Mina". A raíz de las movilizaciones y la presión popular se aprobó una ley que prohíbe la megaminería a cielo abierto con uso de cianuro en todo Chubut. Aún hoy la actividad de la asamblea es incesante. En marzo de 2020 repudiaron el accionar de *Yamana Gold*, empresa a cargo de un nuevo proyecto, que también impulsa el cuestionado plan Agua Rica en Catamarca, denunciado por la afectación de fuentes hídricas.

Otro ejemplo de acción colectiva organizada y perseverante, es la realizada en la localidad neuquina de Loncopué. Desde 2008 a 2012 se logró rechazar la instalación de un proyecto minero para extraer cobre a manos de una empresa china. De ese rechazo nacieron la Asamblea de Vecinos Autoconvocados de Loncopué y la Asamblea de Vecinos Autoconvocados de Campaña Mahuida. Y se organizaron junto a la comunidad mapuche Mellao Morales directamente afectada por el proyecto. Lucharon desde la calle por medio de volantes, charlas debate, cortes de ruta, informativos. En 2012 se aprobó finalmente la ordenanza que prohíbe la minería a cielo abierto en las 8.000 hectáreas del ejido municipal.

El más reciente ejemplo de éxito es el de Mendoza, que en diciembre de 2019 salió a defender la Ley 7.722 que prohíbe el uso de cianuro y otras sustancias tóxicas en minería metalífera de la provincia, frente a los intentos de modificación para flexibilizar el uso de dichas sustancias por parte de las autoridades de turno. El debate en torno a los cambios generó una protesta social masiva en toda la provincia que tuvo expresión en la denominada "marcha más grande de la historia de Mendoza", los días 22 y 23 de diciembre de 2019. Esta presión popular consiguió que, finalmente, el 30 de diciembre se derogara la modificatoria de la ley.

## Educación emancipadora y arte liberador

Un capítulo aparte merecen otras varias acciones sociales vinculadas con la cultura que, si bien no son una respuesta inmediata de lucha o resistencia ante circunstancias depredatorias puntuales, contribuyen en forma

decisiva a ir desanudando la compleja trama sociocultural en que se sustenta el dominio de los poderosos.

Así, por ejemplo, podemos mencionar las actividades que se realizan en diversos ámbitos educativos con abordajes pedagógicos que procuran alentar el desarrollo del espíritu crítico y reflexivo en los alumnos, donde se promueve el análisis de la realidad propiciando el compromiso y la autonomía de pensamiento.

Escuelas donde se estimula el crecimiento personal y grupal de los niños y jóvenes (¡y adultos!), donde se despliega no solo lo atinente a lo pedagógico-curricular sino también a lo socioafectivo y se procura generar un espacio de pertenencia, de cooperación y de solidaridad entre quienes allí transitan su cotidianeidad. Todo lo cual confronta con el individualismo competitivo de la cultura dominante.

Y nos quedan por mencionar varios otros ámbitos culturales interesantísimos, aptos para remover estructuras rígidas de dominación y conservadurismo, como las distintas formas de arte renovador y revolucionario que se van plasmando en la sociedad contemporánea, periodismo crítico, radios barriales comunitarias, intervenciones callejeras creativas, etc.

### Senderos fecundos

En la segunda parte del artículo he descripto muy sucintamente algunas de las múltiples formas de lucha frente a las distintas situaciones de injusticia y de avasallamiento. He procurado destacar la capacidad de resistencia de las comunidades y colectivos humanos organizados y mancomunados luchando en defensa de una vida digna y noble.

No quiero cerrar estas reflexiones sin hacer explícito cuál sería, a mi juicio, un aspecto definitorio de un accionar profundamente transformador del sistema social dominante.

Quiero destacar la importancia crucial de que, en el transcurso de las distintas acciones de activismo y militancia, se vaya plasmando y consolidando en el seno de los grupos una nueva forma de intersubjetividad, una matriz comunicacional donde prevalezca la cooperación, la solidaridad y la horizontalidad, el respeto y el cuidado mutuos. Esto implica ir consolidando una estructura psicosocial no dominada por los resortes habituales que suelen instalarse en los vínculos humanos en las sociedades capitalistas, donde prevalece la competencia, el individualismo y el exitismo.

Considero que la crítica al sistema de valores dominante está en el corazón de la temática hacia el cambio que queremos promover. Porque todo parte de ahí. Afán de lucro, ganadores y perdedores, consumismo, progreso entendido como crecimiento material desmedido, búsqueda de ganancia y de poder por encima de toda otra consideración por parte de quienes desean dominar el mundo.

Si en los espacios combativos se logra instalar la matriz comunicacional y vincular propia del grupo sano, ahí tenemos el germen de una sociedad distinta, opuesta al espíritu de *marketing* que hoy parece gobernar el mundo. Será muy importante visibilizar, poner de manifiesto y valorar de continuo todos estos espacios de resistencia, de lucha y de construcción alternativa, aun después de que pase el efecto "Luminol" de esta pandemia que hoy nos afecta.

## Resumen

La pandemia ha puesto de relieve la inequidad prevaleciente en el mundo actual. Me propuse puntualizar algunos de los males que asolan a la sociedad contemporánea, y la necesidad y la posibilidad de promover un cambio hacia un mundo mejor, y distintas formas de activismo en este sentido. Destaco el papel decisivo e insoslayable del accionar mancomunado de múltiples colectivos humanos que transitan senderos de cooperación, horizontalidad, inclusión y solidaridad. Se trata de consolidar un accionar grupal donde se vaya gestando y consolidando una matriz intersubjetiva fraterna y solidaria, distinta al modelo cultural competitivo, individualista y exitista de la sociedad capitalista.

## Para ampliar este tema

- Adamovsky, E. (2008). *Anticapitalismo para principiantes*. Buenos Aires, Argentina: Era Naciente.
- de Sousa Santos, B. (2020). *La cruel pedagogía del virus*. Buenos Aires: Clacso.
- Korol, C. (2019). *Las revoluciones de Berta*. Buenos Aires, Argentina: América Libre.
- López Echagüe, H. (2002). *La política está en otra parte*. Buenos Aires: Grupo Editorial Norma.
- Magnani, E. (2003). *El cambio silencioso*. Buenos Aires, Argentina: Prometeo Libros.

MICORRIZAS, BOSQUES Y PLANTACIONES

# LOS PINOS Y SUS EFECTOS INVISIBLES

Las plantaciones forestales poseen gran importancia económica y ecológica, pero también generan en el ambiente muchos cambios que no solemos tener en cuenta, especialmente aquellos que ocurren bajo el suelo.

**Facundo Fioroni, Matías Soto Mancilla, Natalia V. Fernández y Ayelen I. Carron**

En los últimos 30 años nuestro planeta ha perdido 178 millones de hectáreas (ha) de bosques nativos debido a diferentes actividades humanas, tales como el aprovechamiento forestal (extracción de productos maderables) y su reemplazo por espacios productivos destinados a la agricultura. Pese a ello, los bosques nativos aún se encuentran ampliamente distribuidos sobre la superficie terrestre y ocupan aproximadamente 3.800 millones de ha. También existen bosques creados por el ser humano, generalmente conocidos como bosques plantados o plantaciones forestales.

Se estima que estos últimos abarcan cerca de 294 millones de hectáreas y se utilizan principalmente para producción agrícola y forestal.

## Beneficios de las plantaciones forestales

El establecimiento de plantaciones forestales aporta beneficios económicos y sociales, ya que permite la obtención de recursos madereros y el desarrollo de economías locales o regionales. Desde una perspectiva ecológica, las plantaciones contribuyen a disminuir la sobreexplotación de bosques naturales y, al igual que los bosques nativos, a mitigar el efecto invernadero (ver Glosario). Esto se logra mediante la fijación de carbono en las plantas y el suelo, reduciendo así los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera, siendo éste uno de los gases que más aportan al efecto invernadero.

En la actualidad, las plantaciones forestales producen la mayor parte del suministro de madera utilizada por la sociedad, pudiendo cubrir hasta el 90% de la demanda interna de cada país, como ocurre en Chile y Nueva Zelanda. A escala global, el incremento significativo de la población humana ha derivado en un marcado aumento en la demanda de madera y, en consecuencia, del área ocupada por plantaciones forestales. En este sentido, algunos estudios han predicho que hasta el año 2050 habrá un aumento anual global del 1,8% de la superficie utilizada para plantaciones forestales, pudiendo alcanzarse tasas mayores en algunas regiones. Por ejemplo, en Sudamérica se prevé que la superficie de tierra destinada a plantaciones aumentará casi un 50% para el año 2030. En la Patagonia constituyen también una importante actividad económica (ver Recuadro).

## Efectos adversos

Pero también, las plantaciones forestales pueden afectar su entorno y presentar consecuencias indeseadas sobre el ambiente. Por ejemplo, cuando se prepara el sitio para establecer la plantación, se suelen utilizar grandes maquinarias que nivelan el

**Palabras clave:** bosques nativos, micorrizas, microorganismos, plantaciones no-nativas, suelo.

### Facundo Fioroni<sup>1,2</sup>

Lic. en Ciencias Biológicas  
ffioroni@unrn.edu.ar

### Matías Soto Mancilla<sup>3</sup>

Estudiante Lic. en Ciencias Biológicas  
matyas.soto.33@gmail.com

### Natalia V. Fernández<sup>4,5</sup>

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

### Ayelen I. Carron<sup>4,5</sup>

Lic. en Ciencias Biológicas  
ayecarron@gmail.com

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Río Negro. Instituto de Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural. Río Negro, Argentina.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). IRNAD. Río Negro, Argentina.

<sup>3</sup> Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo).

<sup>4</sup> Laboratorio de Microbiología Aplicada, Biotecnología y Bioinformática - IPATEC (UNComahue - CONICET)

<sup>5</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Recibido: 22/09/2020. Aceptado: 26/11/2020.

terreno, eliminan la vegetación original del lugar e incluso se realiza la quema de los restos vegetales, afectando así de forma significativa la estructura del ecosistema. Es de destacar que, independientemente del tipo de ambiente donde se realice la plantación, ésta terminará reemplazando una comunidad vegetal diversa por un cultivo generalmente monoespecífico, es decir, compuesto por una única especie de árbol. Luego de establecidas, pueden generarse otros efectos adversos sobre el ambiente, tales como el impacto negativo sobre la vegetación del ecosistema local, la fragmentación del hábitat (ver Glosario), la alteración de las condiciones y propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, el aumento del riesgo de plagas y enfermedades, y cambios en los regímenes de incendios. Además, a medida que los árboles implantados crecen, comienza a cerrarse el dosel arbóreo (ver Glosario), reduciéndose el ingreso de luz a los niveles inferiores. Esta falta de luz contribuye a limitar el desarrollo de plantas en el sotobosque (ver Glosario), haciendo que no crezca o que sea poco denso, dejando el suelo descubierto y susceptible de erosión tras la extracción maderera. Por lo tanto, una de las grandes consecuencias adversas de las plantaciones, y que significa un gran impacto medioambiental, es que se reduce en gran medida la biodiversidad (ver Glosario) del lugar.

Por otro lado, las plantaciones forestales suelen tener necesidades hídricas y nutricionales diferentes a la de los bosques naturales. Al tratarse, en general, de especies arbóreas de rápido crecimiento, tienden a absorber mayor cantidad de agua y nutrientes. Esto lleva a una mayor explotación de los recursos del suelo. Además, cuando la plantación adquiere la madurez apropiada para la extracción maderera, los árboles son talados para su comercialización, y de esta forma los nutrientes utilizados por la planta para crecer no regresan al suelo, volviéndolo cada vez menos fértil. Esto puede disminuir significativamente la productividad en las siguientes cosechas. En conjunto, estos fenómenos pueden provocar una importante degradación y erosión del suelo, dificultando la

recuperación del ambiente y de la vegetación del lugar una vez que la plantación ya no es productiva o que se decide no continuar con su explotación. Sumado a lo anterior, en las plantaciones de pinos se genera una gran cantidad de hojas, que al secarse caen y se acumulan sobre el suelo, generando una capa de varios centímetros conocida como pinocha. Este material es altamente inflamable y puede desencadenar incendios forestales mucho más intensos y con una frecuencia mayor a la que naturalmente ocurriría en ausencia de la plantación.

Otro aspecto a tener en cuenta es que, en términos generales, se han implementado prácticas de cultivos monoespecíficos con especies forestales que suelen ser no-nativas, es decir, cuyo origen es diferente del lugar donde fueron implantadas. Algunas de estas especies forestales no-nativas pueden dispersarse fuera de las plantaciones generando invasiones biológicas (ver Glosario) en los ecosistemas aledaños. A medida que las especies invasoras avanzan, son capaces de desplazar y reemplazar a la vegetación nativa, lo que puede generar grandes cambios en estos ecosistemas. Las invasiones biológicas son consideradas uno de los principales factores que aportan al cambio global, debido a que modifican tanto la disponibilidad y distribución de los recursos de los ecosistemas afectados, como la estructura de las comunidades que los constituyen, entre otros aspectos.

Todo esto permite destacar cómo las alteraciones que genera el establecimiento de plantaciones forestales contribuyen, no sólo a generar cambios drásticos en la estructura y dinámica de los ecosistemas, sino también a incrementar la pérdida de biodiversidad. En este contexto, el suelo y los organismos que en él habitan resultan de fundamental importancia, ya que proveen sostén y recursos a todas las comunidades que se desarrollan sobre el mismo.

### **Los microorganismos del suelo y su importancia**

El suelo sobre el que vivimos es un sistema complejo y dinámico que suele ser considerado como un "gran

### **Plantaciones forestales en Patagonia**

Dada la necesidad de materia prima y las ventajas sociales inherentes al establecimiento de plantaciones forestales comerciales (fuente de trabajo y desarrollo de economías regionales, entre otras), durante las últimas décadas esta actividad productiva ha sido muy promovida por el Estado Argentino, contribuyendo con el otorgamiento de créditos monetarios y aplicando reducciones en impuestos. Estas políticas resultaron, a comienzos del año 2000, en 70.000 ha de plantaciones de diferentes especies pertenecientes al género *Pinus*. En Patagonia se ha establecido este tipo de plantaciones durante años y en diferentes ecosistemas. Esto ha llevado a que estén presentes a lo largo de todo el paisaje patagónico, inmersas en la estepa, matorrales y bosques. De hecho, de las 86.000 ha de plantaciones de pino ponderosa que existen en Argentina en este momento, aproximadamente 67.650 ha se encuentran en Patagonia, lo cual representa el 80% del total de las plantaciones de la región. Le sigue en orden de importancia el pino contorta (*Pinus contorta*), que ocupa el 3% de superficie plantada.

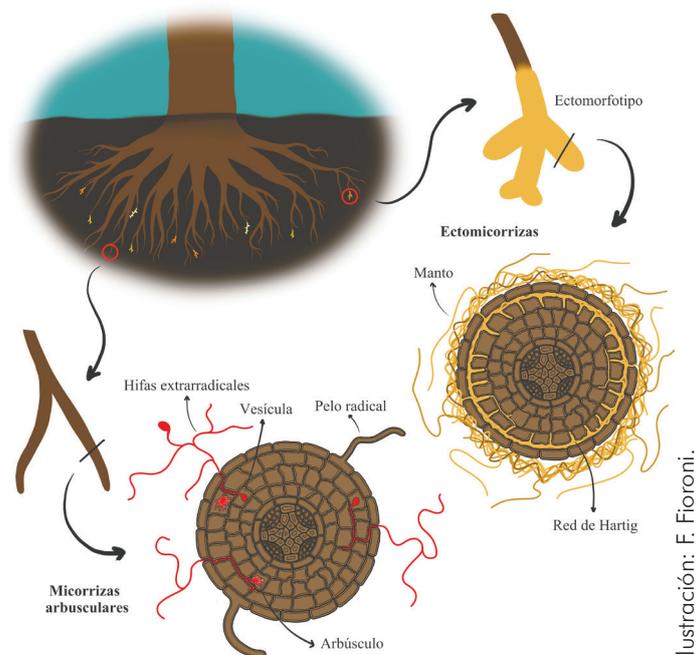
sistema vivo". En reiteradas ocasiones se subestima la importancia que tiene para el resto de los organismos que se desarrollan sobre la tierra. Su papel es esencial para la vida como la conocemos, ya que proporciona sustrato físico, satisface los requerimientos nutricionales para el crecimiento de las plantas y brinda diversos servicios ecosistémicos (ver Glosario), como la producción de alimentos, la captura de carbono, el almacenamiento y la filtración de agua. El suelo está formado por una fracción sólida (componentes minerales y materia orgánica) y una red de poros llenos de agua y aire. Además, el suelo ofrece una gran variedad de hábitats donde se aloja una inmensa diversidad de organismos, que aún en la actualidad dista de conocerse por completo. Gran parte de esta diversidad corresponde a los microorganismos, pequeños seres vivos que sólo pueden ser vistos a través de un microscopio, tales como bacterias y hongos.

Los microorganismos, en general, son muy importantes, no sólo para el bienestar humano y nuestra vida cotidiana (por ejemplo son ampliamente utilizados en la producción de alimentos como panificados, lácteos y bebidas fermentadas, y tienen importantes aplicaciones farmacéuticas), sino también para diversos procesos ecológicos. Sin la acción de los microorganismos los restos animales y vegetales no podrían descomponerse y se acumularían sistemáticamente, dejando el mundo entero cubierto por ellos. Por otro lado, gran parte del oxígeno que respiramos es liberado por diversos microorganismos al hacer fotosíntesis. En el suelo, existe una amplia variedad de microorganismos que se relacionan directamente con las raíces de las plantas. Algunos de éstos son perjudiciales, ya sea porque producen enfermedades (patógenos) o porque compiten con ellas por recursos vitales (agua y nutrientes). Sin embargo, muchos otros son capaces de promover el desarrollo y el crecimiento vegetal.

Entre los microorganismos del suelo, los hongos son un grupo abundante y muy diverso. Uno de los grupos más importantes, tanto en términos de biomasa como de los procesos ecosistémicos en los que participan, son aquellos que forman "micorrizas". Las micorrizas son asociaciones simbióticas que se establecen entre diferentes hongos del suelo y las raíces de la mayoría de las plantas, generalmente beneficiando el desarrollo de ambos tipos de organismos. Al formarse la micorriza, los hongos ingresan en la raíz de las plantas y se desarrollan en ellas formando estructuras particulares a través de las cuales se relacionan e intercambian nutrientes: la planta aporta al hongo azúcares elaborados durante la fotosíntesis, mientras que el hongo le brinda a la planta mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes, protección contra

patógenos y tolerancia a situaciones de estrés, como la sequía o la contaminación por metales pesados e hidrocarburos. El hongo logra incrementar la absorción de agua y nutrientes debido a que se extiende por el suelo desde la superficie de la raíz y alcanza mayor distancia que ésta, no sólo aumentando el volumen de suelo explorado, sino también llegando a lugares que resultan inaccesibles para las raíces de la planta. De esta forma el hongo micorrícico le permite al vegetal obtener recursos que antes no estaban disponibles. Cuando la simbiosis se establece exitosamente, el órgano de absorción de la planta ya no es simplemente la raíz, sino la micorriza.

Esta asociación simbiótica puede ser tan importante para el desarrollo de una o ambas partes, que muchas veces resulta indispensable para que el hongo o la planta completen su ciclo de vida. En ocasiones el establecimiento de la simbiosis no es imprescindible para la supervivencia de la planta, pero su crecimiento sin el hongo simbionte es más lento y enfrenta condiciones desfavorables al momento de competir por recursos. En este contexto, suele ocurrir que las plantas micorrizadas se encuentran en mejores condiciones que las no-micorrizadas para acceder a diferentes fuentes de agua y nutrientes, permitiendo que se desarrollen mejor que aquellas que no establecieron la simbiosis. Es por esto que el establecimiento de micorrizas puede influir sobre la estructura de las comunidades vegetales, beneficiando a algunas especies por sobre otras. A su vez, diferentes especies vegetales suelen estar colonizadas por distintos grupos de hongos, y



**Figura 1. Esquema de una raíz colonizada por ectomicorrizas (arriba a la derecha) y micorrizas arbusculares (abajo a la izquierda), y de un corte transversal de las mismas, donde se destacan las estructuras características de cada tipo de simbiosis.**

Ilustración: E. Fioroni.

**Figura 2. Estructuras correspondientes a micorrizas arbusculares dentro de una raíz. Los arbusculos se encuentran señalados con asteriscos.**

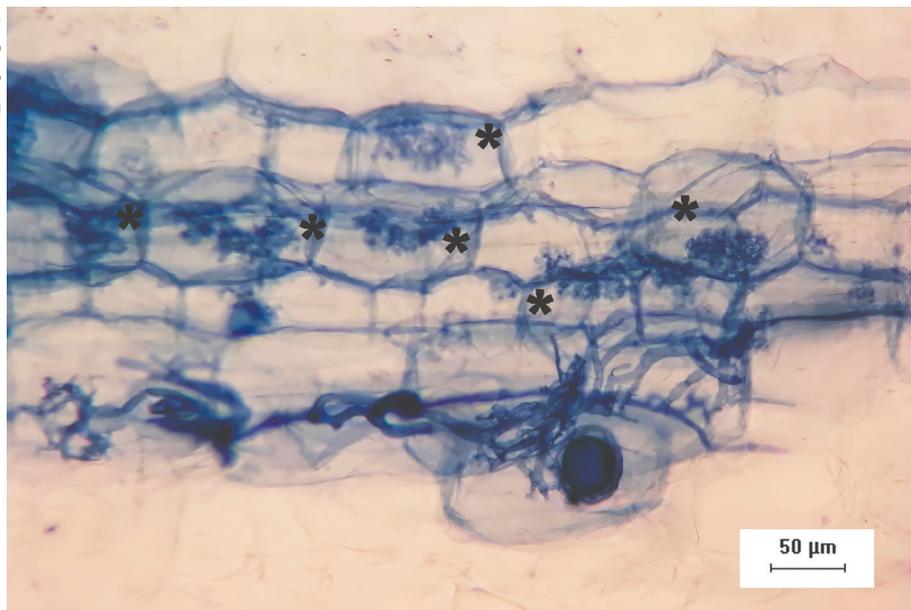


Imagen: M. Soto Mancilla

por ello las comunidades de hongos presentes en el suelo también varían según las especies de plantas presentes en el sitio.

Existen varios tipos de micorrizas, de los cuales las micorrizas arbusculares y las ectomicorrizas son los más importantes (ver Figura 1). Las micorrizas arbusculares se encuentran en la mayoría de las plantas (el 72% de las especies descritas hasta el momento), desde hierbas hasta árboles, siendo más frecuentes en herbáceas y arbustos. En Patagonia, este tipo de micorrizas se encuentra asociado también a especies arbóreas como el ciprés (*Austrocedrus chilensis*) y la araucaria (*Araucaria araucana*). Los hongos que establecen micorrizas arbusculares ingresan a la raíz sin modificar su morfología y forman estructuras particulares dentro de las células, entre las que se encuentran los arbusculos, estructuras similares a árboles donde se produce el intercambio de nutrientes con la planta (ver Figura 2). Por otro lado, las ectomicorrizas se encuentran generalmente en plantas leñosas (principalmente árboles) y, a diferencia de las anteriores, modifican significativamente la estructura de las raíces más delgadas. Esto se debe a que el hongo crece en torno a la raíz, formando un manto y modificando la forma en que ésta se ramifica. Estas nuevas estructuras se denominan "ectomorfortipos". En términos generales, ectomorfortipos formados por diferentes especies de hongos poseen características distintivas, como el patrón de ramificación, la forma, el color y la textura. En ocasiones los ectomorfortipos pueden observarse, incluso, a simple vista. Todas las especies de *Nothofagus* (coihue, lenga, ñire, roble pellín y raulí), que son los árboles dominantes en los bosques andino-patagónicos, poseen ectomicorrizas en sus raíces.

Dado que la mayor parte de las especies utilizadas para plantaciones forestales en la Patagonia

(*Pseudotsuga menziesii* y diferentes especies de *Pinus*) poseen ectomicorrizas en sus raíces, esta simbiosis constituye un factor fundamental a tener en cuenta al estudiar las consecuencias de la producción forestal sobre los ecosistemas. Los pinos son especies no nativas ectomicorrícicas obligadas, es decir que necesitan de esta simbiosis para poder establecerse y desarrollarse. Un aspecto interesante para remarcar es que los primeros intentos de introducir pinos en el país fracasaron a causa de que los suelos de la zona no contenían los hongos micorrícicos que se asocian con estas especies forestales, y no fue hasta que también se introdujeron los simbiosiontes apropiados que estas plantas pudieron cultivarse y prosperar adecuadamente.

### ¿Y qué pasa con las micorrizas?

Dado que la estructura de las comunidades de hongos micorrícicos está fuertemente asociada a las especies de plantas que se encuentren en el sitio, es de esperar que cambios significativos en la vegetación afecten la microbiología del suelo. Un ejemplo son las sucesiones ecológicas (ver Glosario) que ocurren tras un disturbio de gran magnitud. Por ejemplo, cuando un incendio afecta un bosque y se pierden los árboles, el terreno es comúnmente colonizado por especies de plantas pioneras que, en su mayoría, son hierbas. Estas variaciones en la vegetación van acompañadas de cambios significativos en las comunidades de hongos micorrícicos. Esta situación es evidente en los bosques andino-patagónicos, en los que las especies forestales dominantes (por ejemplo coihue, lenga, ñire) poseen ectomicorrizas en sus raíces, mientras que el sotobosque y los espacios abiertos se encuentran principalmente colonizados por hierbas y arbustos que, típicamente, poseen micorrizas arbusculares. De esta forma, tras un incendio se observa en estos sistemas naturales una

sucesión no sólo de las comunidades vegetales, sino también de las comunidades micorrícicas asociadas, destacando cómo varían las especies de hongos micorrícicos según las especies vegetales que dominan el sistema.

Existen diversos causantes de cambios en las comunidades vegetales y microbianas, y algunos de ellos pueden deberse a la intervención humana, tales como las invasiones biológicas por parte de especies vegetales no-nativas. Cuando estas especies avanzan sobre áreas naturales suelen hacerlo de manera eficiente y compiten por diferentes recursos con la vegetación nativa, pudiendo llegar a desplazarla completamente. En ocasiones, los cambios en las comunidades vegetales son intencionales, como es el caso de las plantaciones forestales. Ya hemos descrito algunos de los efectos que el establecimiento de estas plantaciones tiene sobre el ambiente, pero sus consecuencias sobre las comunidades de hongos micorrícicos y la vegetación asociada suelen ser erróneamente subestimadas. Un ejemplo de ello es que el establecimiento de una plantación de pinos puede favorecer la invasión por parte de estas especies. Es conocido que existen especies de hongos, como es el caso del hongo de pino (*Suillus luteus*), cuyas esporas pueden dispersarse a grandes distancias del punto de origen. Al establecerse la plantación puede ocurrir que estos hongos prosperen, se reproduzcan, y que sus esporas sean fácilmente dispersadas a sitios naturales aledaños, en los que no se encontraban presentes con anterioridad. De esta forma, las semillas de pino que se dispersan y llegan a estos lugares en los que sus hongos simbiosntes ya están disponibles, pueden germinar y prosperar, poniendo en peligro la vegetación nativa. Más allá de las desventajas ecológicas de este tipo de fenómenos, existen otras económicas, ya que el costo que tiene el control de especies invasoras es sumamente elevado, y requiere de planificación y manejo durante períodos prolongados de tiempo.

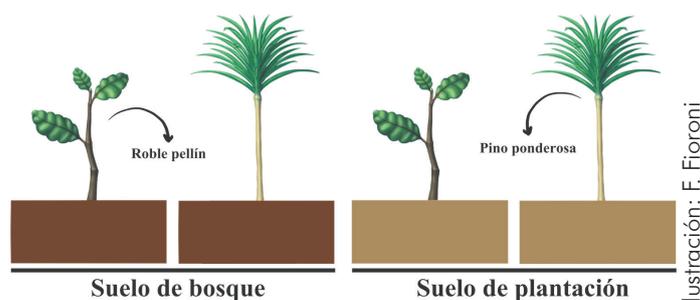
Si pensamos en la implementación de plantaciones de pinos en matrices boscosas nativas de la región Andino-patagónica, podría pensarse que la microbiología del suelo no se vería afectada severamente debido a que las especies involucradas tienen la misma forma de crecimiento (arbórea) y tipo de micorriza (ectomicorrizas). Sin embargo, este no es el caso. Los hongos formadores de ectomicorrizas son, mayoritariamente, específicos para cada especie o grupo de especies taxonómicamente cercanas. Esto implica que los hongos que colonizan una especie arbórea (por ejemplo, el coihue o la lenga, que son especies cercanas), generalmente no se encuentran en otras no emparentadas con ellas (como los pinos). Por lo tanto, el cambio en la especie forestal dominante puede generar que los hongos ectomicorrícicos que predominan en un bosque natural sean desplazados

e incluso reemplazados por aquellos asociados a la especie introducida. De esta forma, si los bosques andino-patagónicos, ricos en especies vegetales y de hongos, son reemplazados por una plantación forestal de pino o son invadidos por estas especies, las comunidades vegetales y de hongos micorrícicos cambiarán significativamente, disminuyendo la biodiversidad y funcionalidad del ecosistema. Estos cambios, que se encuentran asociados a serias consecuencias socio-ambientales (por ejemplo limitando los servicios ecosistémicos que el ambiente puede proveer), resultan aún más preocupantes al saber que, en muchos casos, son irreversibles.

### Un ejemplo local

Para tener mayor conocimiento de la dinámica de las comunidades de hongos ectomicorrícicos en bosques naturales y plantados de Patagonia, realizamos un ensayo en el vivero del INTA Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Bariloche con una especie forestal nativa, el roble pellín (*Nothofagus obliqua*) y otra no-nativa, el pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), que es comúnmente utilizada para plantaciones forestales de la región. Los objetivos de este ensayo fueron evaluar el crecimiento y colonización micorrícica de ambas especies forestales según el tipo de suelo en el que se cultivaran: suelo proveniente de una plantación de pinos o de un bosque nativo de roble pellín. En base a la teoría, esperamos que cada especie forestal presentara mayor colonización y diversidad de micorrizas así como mayor crecimiento al ser cultivadas en el suelo donde típicamente se desarrolla cada una.

En septiembre, germinamos semillas de ambas especies en arena. Cuando las plántulas desarrollaron sus primeras hojas, las trasplantamos a macetas que contenían suelo proveniente de un bosque nativo de roble pellín o de una plantación de pino ponderosa (ver Figura 3). Además, realizamos análisis químicos de cada tipo de suelo para caracterizarlos (acidez, conductividad, contenido de carbono, nitrógeno y fósforo).

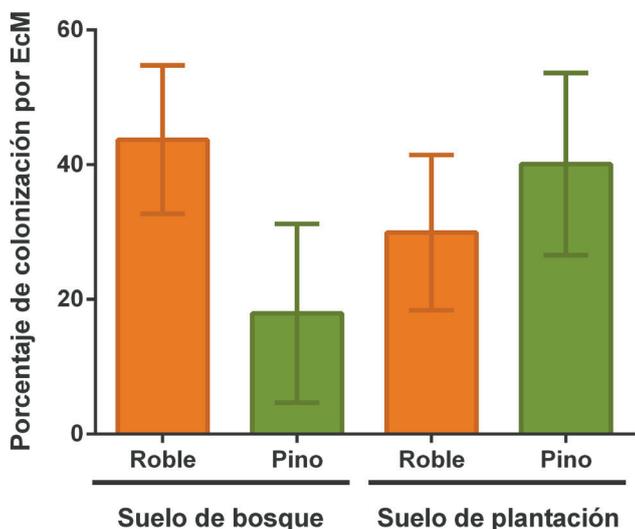


**Figura 3. Esquema del diseño utilizado para el ensayo de vivero. El color de cada bloque representa las macetas con los distintos tipos de suelo (bosque y plantación).**

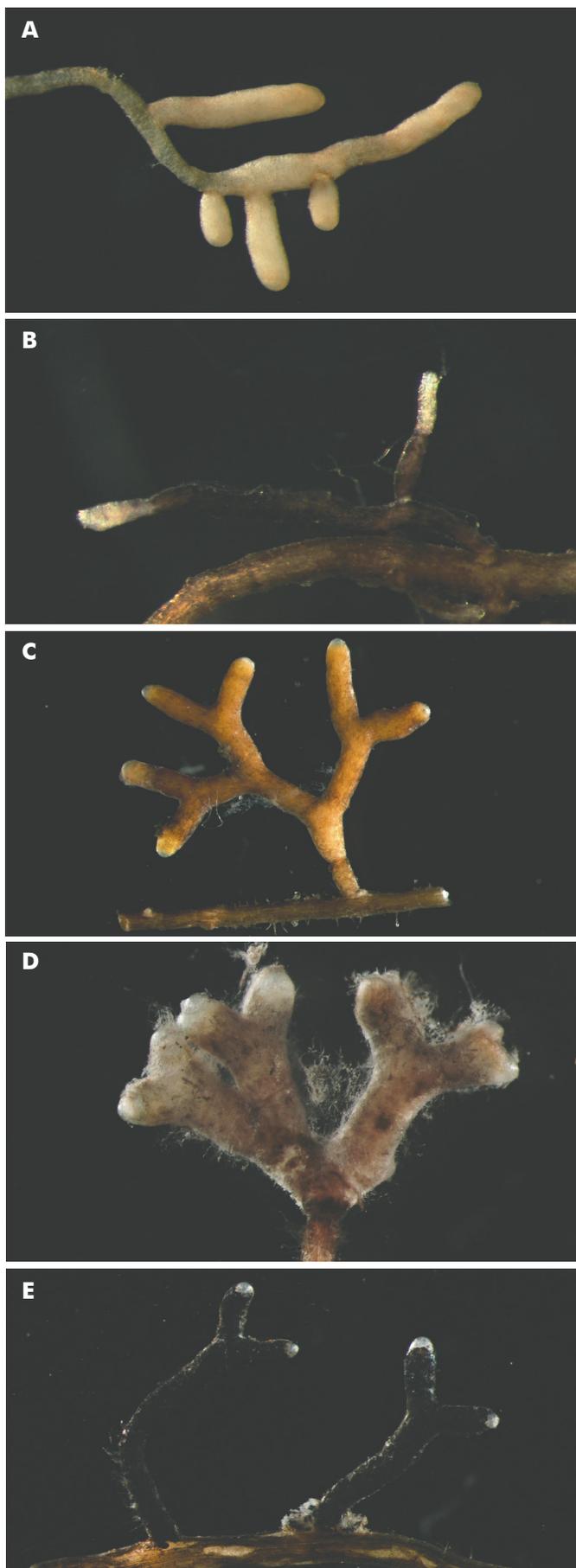
Ilustración: F. Fioroni

Luego de seis meses, llevamos las plantas al laboratorio para realizar los análisis de crecimiento vegetal y micorrización. Para estimar la diversidad de hongos micorrícicos en las raíces de las plantas realizamos análisis moleculares, es decir realizamos pruebas para identificar los hongos a través de su ADN.

Lo primero que observamos fue que ambas especies forestales crecieron más en el suelo del bosque, que se determinó tenía mayor cantidad de nutrientes que el de la plantación. Esto significa que las plantas tuvieron más recursos nutricionales para poder crecer y desarrollarse. Luego de analizar las raíces, determinamos que ambas especies forestales fueron colonizadas por diferentes hongos ectomicorrícicos en los dos tipos de suelo. En el caso del roble pellín, el porcentaje de colonización por ectomicorrizas fue más elevado en el suelo de bosque (44%) que en el de la plantación (30%). Sin embargo, en los ejemplares de roble pellín cultivados en el suelo de la plantación encontramos cuatro especies de hongos formadores de ectomicorrizas, mientras que en los que crecían en el suelo del bosque se encontraron sólo dos, una de las cuales favoreció su crecimiento. Por el contrario, el pino presentó tanto mayor porcentaje de colonización por ectomicorrizas como número de especies de hongos que las formaban en el suelo de plantación (40% y seis especies) respecto del suelo de bosque (18% y cuatro especies) (ver Figura 4). Estos resultados indican que cada especie forestal forma mayor cantidad de micorrizas en el ambiente donde se desarrolla naturalmente, aunque en el suelo de la plantación ambas tendieron a establecer la simbiosis con mayor diversidad de hongos. En la Figura 5 se muestran los principales ectomorfofototipos que encontramos en suelo de bosque y en la Figura 6 los más abundantes en suelo de plantación.

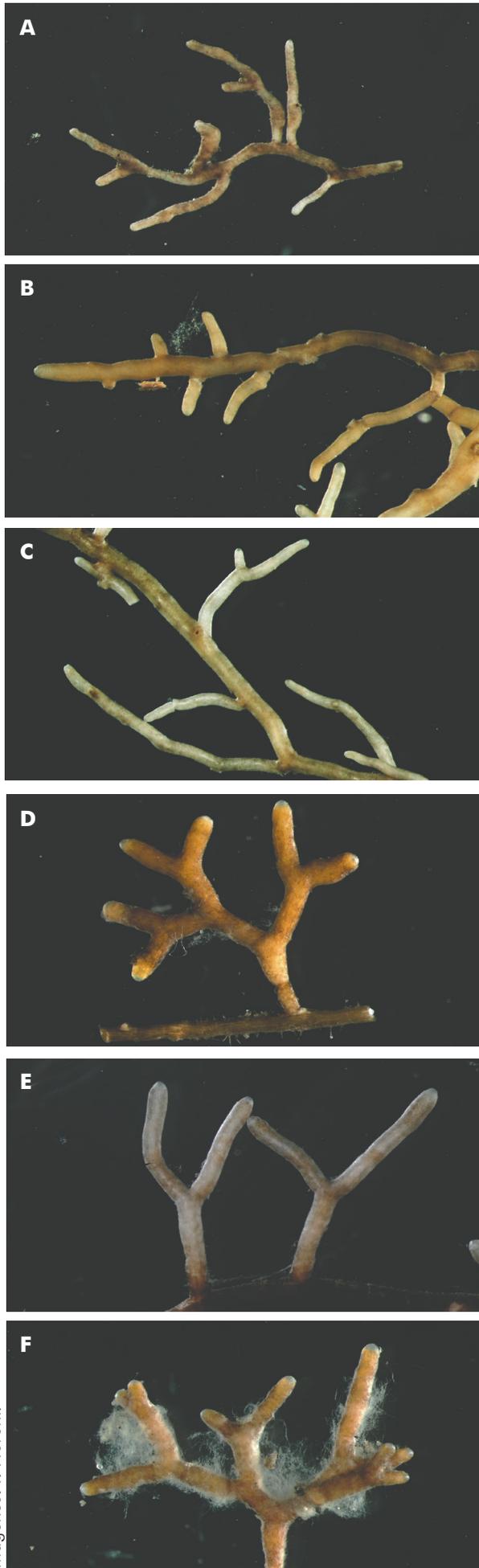


**Figura 4. Porcentajes medios de colonización por ectomicorrizas en roble pellín y pino ponderosa cultivados en los dos tipos de suelo (barras horizontales).**



**Figura 5. Ectomorfofototipos más abundantes hallados en suelo de bosque nativo, en raíces de roble pellín (A y B) y pino ponderosa (C, D y E).**

Imágenes: F. Fioroni



**Figura 6. Ectomorfotipos más abundantes hallados en suelo de la plantación, en raíces de roble pellín (A, B y C) y pino ponderosa (D, E y F).**

Por otro lado, observamos que las comunidades de hongos micorrícicos presentes en las raíces de la misma especie forestal fueron completamente diferentes según el suelo en el que se cultivará. Esto se debe a que el inóculo fúngico (ver Glosario) de cada tipo de suelo es distinto, y por ello las especies de hongos capaces de colonizar una misma especie vegetal también difirieron entre uno y otro. Estas variaciones en las comunidades de hongos del suelo se deben tanto a factores abióticos (por ejemplo acidez, contenido de nutrientes y humedad) como bióticos (especies del sotobosque), entre los que destaca el tipo de especie forestal dominante y sus micorrizas asociadas.

Ahora, al comparar los hongos formadores de ectomicorrizas en las raíces de ejemplares de roble pellín y pino cultivados en el mismo tipo de suelo, observamos que los hongos que colonizaron las raíces de cada especie de planta fueron, en términos generales, muy distintos. Estos resultados ponen de manifiesto que, a pesar de que la comunidad de hongos en el suelo (esto es, el inóculo fúngico) es la misma, los que efectivamente forman ectomicorrizas pueden variar según la especie vegetal que haya presente en un sitio, dada la especificidad que presenta esta simbiosis. Por ello, nos sorprendió encontrar que dos de los hongos identificados en las raíces de las plantas cultivadas en el suelo de la plantación fueron capaces de colonizar tanto al roble pellín como al pino ponderosa. Esto ocurre, únicamente y de manera excepcional, cuando en el suelo de cultivo existen especies de hongos ectomicorrícicos más generalistas, capaces de establecer la simbiosis con un rango más amplio de plantas.

Estos hallazgos muestran que la especie vegetal presente en un determinado lugar condiciona las comunidades de hongos ectomicorrícicos en su entorno, favoreciendo el desarrollo de aquellas especies que se asocian a sus raíces por sobre las demás. Es decir que al establecer una plantación próxima a un ambiente boscoso nativo, los pinos se irán asociando a hongos simbiosntes específicos, diferentes a los que se hallan en las raíces de las especies arbóreas nativas. Por lo tanto, las comunidades de hongos que forman esta simbiosis irán variando en el suelo de la plantación respecto de su entorno natural. Si, además, la especie de pino implantada es invasora, los resultados de este estudio sugieren que a medida que los pinos avanzan sobre el ecosistema nativo, podrían ir desplazando a las comunidades de hongos ectomicorrícicos propios del lugar, incluso afectando el establecimiento de las

especies forestales nativas. Esto representa un gran problema considerando que, como se mencionó con anterioridad, estos cambios pueden afectar al ambiente de forma irreversible.

Es importante tener en cuenta que, si bien ambas especies forestales presentaron ectomicorrizas en los dos tipos de suelo, esto no significa que las especies de hongos que las formaban sean las que les resulten de "mayor utilidad" o las que más las beneficien. Diferentes hongos aportan distintos beneficios a las plantas con las que se relacionan. Mientras que algunos promoverán su crecimiento y capacidad de competir, otros no generarán cambios aparentes o significativos. De hecho, encontramos que la especie de hongo que favoreció el crecimiento del roble pellín estaba presente únicamente en las plantas cultivadas en suelo de bosque. Considerar esta información es relevante porque, aunque se planten robles pellín en un sitio donde haya estado establecida una plantación de pino (ya sea para generar cultivos forestales mixtos o para restaurarlo) y éstos sean colonizados naturalmente por hongos micorrícicos propios del lugar, es posible que no puedan prosperar exitosamente porque las condiciones nutricionales del suelo pueden ser más pobres y sus simbiontes no ser los más apropiados, por lo que estarían en desventaja frente a los pinos. Y aunque los pinos hayan sido removidos, la microbiología del suelo habrá cambiado de tal forma que dificultará el establecimiento de especies forestales nativas.

### ¿Por qué es importante?

Por lo general, el interés en este tipo de prácticas productivas es el de obtener un producto forestal maderable y el mejor rédito económico posible. Por ello, el enfoque de manejo está orientado casi exclusivamente al crecimiento de las plantas hasta el momento de su aprovechamiento, sin considerar las comunidades microbianas del suelo ni los efectos sobre el ambiente a largo plazo. Hemos mostrado en este artículo que el conocimiento acerca de los cambios en las comunidades de microorganismos tiene un gran valor ecológico y económico, y puede contribuir a la toma de decisiones respecto del manejo de sistemas forestales nativos y cultivados, incluso en un contexto de invasiones biológicas y de planificación de actividades de restauración.

Por otro lado, es importante considerar que los microorganismos del suelo proveen servicios ecosistémicos fundamentales, como la degradación de materia orgánica, el mejoramiento nutricional y estructural del suelo, el secuestro del carbono gaseoso (que es uno de los principales impulsores del calentamiento global) y la regulación de microorganismos perjudiciales, todo gracias al delicado balance que se mantiene en el ecosistema.

En muchas ocasiones las plantaciones generan desequilibrios en este balance, y por lo tanto muchos de los beneficios aportados por los microorganismos del suelo son alterados o bien se pierden completamente, ocasionando diversos problemas ambientales. Esta es hoy una problemática a nivel global.

Además, realizar estudios de las comunidades de microorganismos que se encuentran en el suelo, puede ser clave para establecer modelos innovadores de plantaciones, más amigables con el medio ambiente, como las plantaciones mixtas. Encontrar hongos micorrícicos que promuevan el desarrollo de especies nativas (como el raulí, ñire, lenga, coihue y el roble pellín) o su adaptación al medio cuando las condiciones son desfavorables, podría permitir que estas especies se desarrollen a la par de los pinos, sin que se vean severamente perjudicadas por la interacción con ellos. Estos hongos podrían reproducirse en laboratorio y ser comercializados como bioinoculantes (ver Glosario) para utilizar en plantaciones de este tipo y promover el crecimiento de las plantas, como ya ocurre para el caso de plantaciones de pinos. Si bien es cierto que la formulación de bioinoculantes es un proceso complejo, en los últimos años la producción y utilización de diferentes bioinoculantes ha aumentado, y aparenta tener un gran potencial. De hecho, en el país vecino de Chile se han formulado inoculantes micorrícicos con gran éxito y aceptación en el mercado ([www.myconativa.cl](http://www.myconativa.cl)). La utilización de bioinoculantes resulta día a día más atractiva, ya que es una práctica sustentable y ecológicamente amigable, a diferencia de la aplicación de fertilizantes inorgánicos y pesticidas. Es de destacar también que para la formulación de estos productos sería importante utilizar especies de hongos no invasoras, o que no promuevan la invasión de la especie forestal de interés en cultivar. Otra ventaja de llevar a cabo este tipo de estudios es encontrar y aplicar en producción forestal especies de hongos micorrícicos que producen cuerpos fructíferos comestibles (la parte del hongo que normalmente se ve emerger del suelo), sumando a la plantación la posibilidad de producir recursos no maderables y aportándole mayor valor agregado.

En los últimos años se ha logrado avanzar mucho sobre estas temáticas, pero aún hay muchas cosas por estudiar y descubrir, y considerando la implicancia de esta información, es necesario seguir avanzando en esta dirección. También es fundamental compartir esta información fuera del ámbito académico ya que, para cuidar nuestros ecosistemas y hallar formas más sustentables de producción y manejo, se requiere que la sociedad en general conozca qué ocurre en ellos y las implicancias de diferentes actividades económicas sobre los mismos.

## Agradecimientos

Agradecemos al INTA EEA Bariloche por su acompañamiento en la realización de este ensayo, y a Mario Pastorino en particular, quien siempre nos asesoró durante el transcurso del mismo. También se agradece a Parques Nacionales por brindarnos la posibilidad de trabajar en áreas protegidas; a la Universidad del Comahue, IPATEC, y la Universidad Nacional de Río Negro, IRNAD, por brindar el espacio para desarrollar nuestras tareas; y a CONICET por financiar la actividad de investigadores y becarios.

## Glosario

**Efecto invernadero:** proceso en el cual determinados gases que se encuentran en la atmósfera retienen parte de la energía que la Tierra emite luego de ser calentada por el Sol, produciendo un aumento de la temperatura del planeta.

**Fragmentación del hábitat:** proceso por el cual un ambiente es dividido en porciones más pequeñas que quedan incomunicadas entre ellas. Esto puede llevar a la pérdida de biodiversidad, al modificar el ambiente e interrumpir la interacción entre individuos de una misma población.

**Sotobosque:** vegetación que crece en el suelo de los bosques, por debajo de los árboles, y que está conformada principalmente por hierbas y arbustos.

**Dosel arbóreo:** zona del bosque que comprende las copas y regiones superiores de los árboles. Si este es muy denso o cerrado impide que llegue luz al suelo.

**Biodiversidad:** diversidad de seres vivos que habitan en un ambiente.

**Invasión biológica:** proceso por el cual una especie no-nativa se establece exitosamente en un nuevo ambiente, en ocasiones reemplazando a las especies nativas.

**Servicio ecosistémico:** servicio que aporta un ecosistema al bienestar humano. Algunos ejemplos son: la polinización (los polinizadores permiten que los cultivos sean productivos), la provisión de espacios

recreativos (como el turismo, parte clave de la economía de algunas ciudades), fuentes de energía (como represas o combustibles fósiles), y servicios de regulación (como del clima o descomposición de residuos).

**Sucesión ecológica:** proceso de cambio en la composición de especies en las comunidades ecológicas que habitan en un determinado ambiente según varíen las condiciones del entorno. Estos cambios son observables a lo largo del tiempo y del espacio.

**Inóculo fúngico:** material fúngico que se utiliza para introducir especies de hongos en un sitio. Por ejemplo, en el suelo de un determinado lugar existen diversas especies de hongos micorrízicos, por lo que puede utilizarse ese suelo como inóculo para que las plantas desarrollen micorrizas.

**Bioinoculante** (o inoculante biológico): producto formulado en base a microorganismos (hongos y/o bacterias) que, aplicados a un cultivo determinado, promueven el crecimiento vegetal y aumentan su rendimiento. La aplicación de este tipo de productos se ha incrementado mucho durante las últimas décadas dado que pueden reemplazar a los fertilizantes químicos, constituyendo una forma de cultivo más amigable con el ambiente.

## Para ampliar este tema

- Chávez, P. G., Gallén, I. S., Sánchez, J. Á. y Zapata, J. R. (2004). Hongos y plantas, beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *Ciencias*, 73: 38-45.
- Fernández, N. V., Marchelli, P. y Fontenla, S. B. (2018). Las micorrizas y el raulí. Una sociedad con mucho para brindar. *Desde la Patagonia, Difundiendo Saberes*, 15(25): 50-59.
- Raffaele, E., Núñez M. A. y Relva, M. A. (2015). Plantaciones de coníferas exóticas en Patagonia: los riesgos de plantar sin un manejo adecuado. *Ecología Austral*, 25: 89-92.
- Relva, M. A., Damascos, M. A., Macchi, P., Mathiasen, P., Premoli, A. C., Quiroga, M. P., Radovani, N. I., Raffaele, E., Sackmann, P., Speziale, K., Svriz, M. y Vigliano, P. H. (2014). Impactos humanos en la Patagonia. En: E. Raffaele, M. de Torres Curth, C. L. Morales y T. Kitzberger (Eds.), *Ecología e Historia Natural de la Patagonia Andina* (pp. 157-182). Buenos Aires, Argentina: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Simard S. (2016, junio). *How trees talk to each other* (subtítulos en español disponibles). En: [https://www.ted.com/talks/suzanne\\_simard\\_how\\_trees\\_talk\\_to\\_each\\_other?language=es#t-9292](https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other?language=es#t-9292)

## Resumen

Las plantaciones forestales proveen múltiples beneficios, desde ecológicos hasta económicos, y hoy en día satisfacen la creciente demanda de la sociedad mediante la industria forestal (ej. papel, madera). Sin embargo, en muchos casos el establecimiento de plantaciones puede tener consecuencias ambientales negativas, tales como el impacto sobre las interacciones entre plantas y un grupo de hongos del suelo, conocidas como micorrizas. Estas interacciones cumplen un importante rol medioambiental. Por ello resulta de gran relevancia estudiar el efecto de las plantaciones sobre comunidades de hongos micorrízicos, y considerar esta información en planes de conservación, manejo y producción sustentable.

# CONTRA LOS MOLINOS DE LA POSVERDAD

## Reportaje

### a Guadalupe Nogués

por Cecilia Fourés, Mónica de Torres Curth y Gustavo Viozzi

**Interesados por su forma de difundir el rol de las evidencias científicas en el mundo real, Desde la Patagonia se reunió con Guadalupe Nogués, autora del libro *Pensar con otros*, para entablar un diálogo que permita conocer su trabajo y sus ideas.**

**Desde La Patagonia (DLP):** La idea de entrevistarte surgió porque en este número de la revista hay una reseña de tu libro, *Pensar con Otros*, que hizo Verónica Garea, (presidenta de la fundación INVAP con un largo trayecto en divulgación de las ciencias). Para que el público conozca un poco más de vos, ¿Cómo definirías tu actividad actual?

**Guadalupe Nogués (GN):** Quiero agradecerles por invitarme. Estoy muy contenta de que podamos hacer esta entrevista. Es una pregunta realmente difícil para mí. En este momento diría que soy fundamentalmente docente, me dedico a la educación y amo la educación, pero también me dedico mucho a esta idea de difundir la importancia y el valor de las decisiones basadas en evidencias. En ese sentido la divulgación de esa mirada la hago hacia la sociedad en general: a partir del libro y las colaboraciones que realizo con el colectivo El Gato y la Caja, por redes sociales, y también tratando de vincularme con empresas, universidades, o decisores de políticas públicas, como legisladores o funcionarios, más allá de las banderas partidarias. Es decir, hoy más que nada estoy abocada a pensar cómo incluir evidencias en las tomas de decisiones desde el lado de la comunicación.

**DLP:** Nos gustaría que cuentes cómo fue el proceso de dejar el sistema científico (CONICET) en el que trabajabas.

**GN:** Salir del sistema científico fue una decisión dura para mí, me llevó años de gradualidad. Hice un doctorado en biología molecular con Alberto Kornblihtt, quien dirige un grupo relativamente privilegiado porque siempre contó con recursos. El grupo es muy desafiante, Alberto como director fue una maravilla y todo andaba muy bien, congresos, publicaciones, etc. A mí no me terminaba de cerrar la actividad científica, no tanto por la actividad científica en sí, sino porque me empezó a seducir otra cosa. Primero la educación que para mí empezó muy casualmente, como le pasa



Imagen: J. Pizlo.

**Guadalupe Nogués es Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires, especializada en Biología Molecular. Actualmente es docente de distintos niveles y divulgadora científica y autora del libro *Pensar con Otros*, de la editorial del grupo El Gato y la Caja, que ha tenido mucha repercusión por su original enfoque sobre el lugar de las evidencias en la toma de decisiones.**

a la mayoría de quienes se dedican a la investigación científica, que cuando avanzan en la investigación hacen algo de docencia. Le empecé a tomar el gusto a la docencia y al valor de llevar esta mirada científica, primero a personas más jóvenes de la carrera. Pero después empecé a pensar que estas personas tarde o temprano van a recibir esta mirada científica y me gustó meterme en el secundario, agarrarlos más temprano, más "fresquitos". También la docencia con adultos que no tienen nada que ver con las ciencias desde un punto de vista disciplinar, porque me parecía que podían enriquecerse sabiendo cómo opera la ciencia y cómo se consigue el conocimiento a través de la ciencia. Desde ahí me fui metiendo en divulgación a través de un blog, que se llama "Cómo sabemos", donde empecé a incursionar en esto de divulgar. Después con El Gato y la Caja, aunque yo no formo parte del equipo pero evidentemente tenemos algunas miradas en común, pudimos colaborar un montón y lo segui-



mos haciendo. Hoy, aunque me fui del sistema científico, siento que mi mirada científica la sigo ejerciendo: no paro de leer artículos científicos de todo tipo, de hacer análisis críticos, de enviar emails a expertos de todo el mundo y de enseñar y llevar esta mirada de la mejor manera que puedo.

**DLP:** ¿En qué materias estás trabajando en docencia?

**GN:** En el nivel secundario soy profesora de Biología, una cosa tradicional y acotada. Por muchísimo tiempo hice formación de docentes en ejercicio, docentes de ciencia que muchas veces fueron formados en profesorados de biología, química o física, por ejemplo. En ocasiones la formación en estas carreras está muy apuntada al contenido disciplinar o a lo pedagógico y no cubren tanto la formación en cómo se hace ciencia, cómo a través de experimentos y observaciones se ponen a prueba hipótesis. Justo hace un par de meses dejé de hacer esta actividad. Ahora, en la universidad, estoy dando una materia en la carrera de Diseño de la Universidad de San Andrés, para futuros diseñadores. Somos un equipo interdisciplinario en el que trabajo con un diseñador y una politóloga en donde aporto mi mirada basada en evidencias para la solución de problemas complejos.

**DLP:** Nosotros tuvimos una experiencia muy interesante parecida a algunas de las tuyas, participamos como jurados de las ferias de ciencias regionales y nacionales, y encontramos esa falta de formación metodológica de los docentes que acompañaban el trabajo de los chicos, e hicimos un trabajo arduo de capacitación intentando abarcar varias localidades. No es muy fácil incorporar esta mirada. Había muchas dificultades en varios pasos, como el de hacerse preguntas que puedan responderse.

**GN:** Los docentes lo valoran mucho, porque saben que no lo tienen y necesitan aprender y hay que ayudarlos a saber cómo transmitirlo. Pero ¡ojol!, hacer buenas preguntas que pudieran responderse es mucho más difícil cognitivamente que entender qué nos dicen las evidencias. El orden de dificultad para los docentes es primero trabajar con hipótesis y ver qué cosas dice o no dice un experimento o una observación, sacar

conclusiones y demás. Pero generar preguntas investigables es casi lo último. También para los científicos profesionales es difícil. Lo que ocurre es que nadie nos los enseña prolijamente, de hecho, a un tesista las preguntas se las suele dar un director, al menos cuando recién empieza.

**DLP:** ¿Qué lugar considerás que tiene la educación como proveedora de herramientas que posibiliten el aprendizaje sobre el lugar de las evidencias en los procesos de conocimiento?

**GN:** Este tema me preocupa. Sinceramente creo que hoy no lo está haciendo, en líneas generales. Siempre hay algún docente que lo hace, que le encuentra la vuelta o alguna institución que estimula a sus docentes para que lo hagan. Yo viajé por el país viendo distintas realidades y contextos. Muchas veces se pueden ver docentes que tienen toda la disposición y la capacidad para hacerlo, que muchas veces están insertados en contextos que no se lo permiten y les cortan las alas. Lo cual tampoco es mala voluntad, sino las realidades que se viven. Es decir, en líneas generales eso no está, lo cual puede parecer un poco deprimente y frustrante, pero nos muestra la enorme capacidad de impacto que cualquier iniciativa pequeña puede tener. En ese sentido lo veo como oportunidad de acción en lo que es enseñanza de las ciencias, que es el camino para insertar la mirada basada en evidencias, no solo en la ciencia sino en cualquier rama del conocimiento, para cualquier acción de la realidad que se requiere para solucionar un problema. Ese trabajo se puede y se debería hacer desde jardín de infantes, obviamente hay distintas capacidades cognitivas por la edad de los estudiantes, pero en jardín de infantes se pueden trabajar habilidades científicas como la observación y la comparación y la clasificación. Son cosas que los niños pueden hacer jugando, observando, por ejemplo, distintas semillas, dibujándolas, clasificándolas, etc. Estas son cosas que igual se hacen, pero con otro enfoque. Habría que lograr transferir esto a la primaria, e ir sumándole complejidad. Ir aprendiendo además contenidos científicos, trabajando sobre preguntas investigables, después un experimento sencillo y ¡pum!, aprendemos. Sacar la idea de que investigar es buscar cosas en internet o en los libros, que es la mirada que lamentablemente tienen, no solo los chicos, sino la mayoría de los docentes. Después llevarlo al secundario y de ahí a la formación universitaria de cualquier disciplina, eso es algo que no se logra al 100% en ningún país, pero sería algo que favorecería una mirada basada en evidencias y de pensamiento crítico. La realidad, sobre todo la realidad argentina hoy, no es esa. Por lo que, cualquier cosa que se pueda hacer, puede sumar. Hoy, lo que llamamos educación en ciencias en nuestro país no nos lleva a mirar evidencias. De hecho, hay muchas ideas equivocadas, que no sé si no es más grave tenerlas que no tener ninguna

idea, y lo estamos viviendo ahora con la pandemia. En nuestra sociedad parece estar instalada la idea de que la ciencia nos da una respuesta uniforme que nunca cambia, inflexible, una idea de verdad dogmática. Esta concepción es totalmente contraria a la verdad científica. Eso está metido en la cabeza de la mayor parte de los ciudadanos argentinos y está provocando mucho ruido porque hay muchas recomendaciones y muchos aprendizajes que están teniendo idas y vueltas en este proceso sobre el virus, la pandemia, la cuarentena y sobre cuáles son las mejores medidas. Eso tiene que ver con una formación deficiente sobre lo que la ciencia realmente puede hacer, cuáles son sus limitaciones, cuáles son sus posibles logros.

En educación en ciencias, lo que solemos enfatizar es que la ciencia es un producto -en términos de contenidos conseguidos- y también es un proceso, una manera de responder preguntas que tiene una rigurosidad, que no es "a mí me parece que", pero también creatividad, complejidades y matices. A veces una interpretación de los resultados puede tener matices. Además, la actividad científica es una cuestión colaborativa y acumulativa en dos ejes: en el tiempo y en el espacio. Es decir nos basamos en lo que se aprendió en el pasado y además lo hacemos colaborando con gente que está mirando lo mismo en otra parte del mundo. Todo eso que hace a la actividad científica, con sus problemas y todo. No solamente lo metodológico, la publicación de los *papers*, la revisión por pares, todo eso forma parte de la mirada de la ciencia como proceso y es lo que suele estar ausente en enseñanza de las ciencias. Está todo bien con enseñar el producto, de hecho, tampoco podemos enseñar el proceso sin enseñar el producto, no podemos porque no tienen sentido y se sabe, desde la didáctica, que no funciona. Tiene que estar conjuntamente en la formación de los chicos en la escolaridad obligatoria, hasta secundaria. En cuanto a la formación de los docentes y de profesionales universitarios en áreas científicas y no científicas, pero que se basan en la realidad, en líneas generales no se está incluyendo la mirada de la ciencia como proceso. Si eso estuviera, posiblemente serviría para la toma de decisiones a través de evidencias, pero como eso prácticamente no está, la mirada de la ciencia solamente como producto no aporta demasiado.

**DLP:** Justamente estos vaivenes en la pandemia con respecto a las vacunas, el ibuprofeno, el uso de barbijo, etc., pareciera que le quitan credibilidad a la ciencia. Se escucha que los científicos no saben donde están parados, y eso tiene que ver con no entender el proceso.

**GN:** Para mí es un ejemplo excelente eso, porque tenemos un virus nuevo que está afectando a todo el mundo al mismo tiempo, que no vimos nunca, al menos en nuestras vidas. Todos estos vaivenes son nor-

males para quienes venimos de la actividad profesional de las ciencias y tenemos una formación científica de ese estilo. Lo que vemos es la ciencia funcionando bien. Por ahora, con las mejores evidencias disponibles, se recomienda una cosa y cuando se sabe más se recomienda otra cosa. Eso es una buena noticia y esa flexibilidad es genial. De ahí a la percepción pública hay un salto enorme y nosotros desde las ciencias tenemos que saber que desde el otro lado se va a interpretar de esa manera y en lo posible tomar acciones sabiendo que, cuando comunicamos, eso es lo que va a pasar y anticiparnos a que va a haber una distorsión y una confusión al respecto. Hoy, lo que un ciudadano promedio entiende de esa situación, es que los científicos y los expertos no tienen idea; hoy dicen una cosa y mañana otra cosa, no paran de contradecirse y eso genera mucha incertidumbre y mucha desconfianza porque, justamente, está transmitida la información de una manera en que no está contemplando el proceso. Entonces solamente se percibe el producto, que pierde valor, no tiene contexto, no hay manera de anclarlo en nada. Encima, muchos de nuestros políticos de cualquier color, muchos de los comunicadores y los periodistas -que no son periodistas especializados- también hacen lo mismo. Lo que termina pasando en la percepción pública, generalizando, por supuesto, es: "esta gente no se pone de acuerdo, para eso hago lo que yo quiero, me voy a esta fiesta de casamiento, hago la mía". Es lo peor que podemos hacer. Desde mi perspectiva no es un planteo teórico de ... "¡Ey!, quieran a la ciencia porque la ciencia es muy valiosa...", sino que tiene consecuencias muy pragmáticas que, en este momento además están afectando a la salud pública. Esto genera en el ciudadano una desconfianza y una confusión crecientes. Todo esto tiene consecuencias muy concretas en el mundo real, que es que las decisiones que se toman son decisiones que, a veces, no son las adecuadas basándonos en lo que se sabe. Así que hay toda una complicación en la transferencia de la información que es importante, no es anecdótica, no es teórica, no es una cosa abstracta.

**DLP:** Justamente ayer estábamos viendo un video de una diputada o senadora que invitaba a sus pares a visitar a un intendente de una localidad que había difundido como prevención la utilización del dióxido de cloro y nos preocupa que desoye las evidencias y nos preguntábamos sobre el lugar que se le da a este tipo de especulaciones a la par de la ciencia. Hace poco en un programa de radio, acá en Bariloche, invitaron a una persona a hablar sobre las conductas, basadas en evidencias, que había que tener frente a la pandemia y a la par invitaron a otra persona (una ingeniera agrónoma), que defendía el uso del dióxido de cloro. El espacio que tuvieron fue el mismo y la gente llamaba a la radio pidiendo el teléfono de la agrónoma.

**GN:** Hace unos años escribí algo justamente sobre

ese tema de poner a las dos posturas como si fueran cosas comparables<sup>1</sup>. Cuando una está basada en evidencias y la otra no, lo que se suele terminar haciendo es darle visibilidad y respaldo a la visión que no está basada en evidencias. Es una mala acción periodística, que más allá de quienes participan en eso, que muchas veces no saben que va a estar también invitado un oponente. Tenemos que reclamarle al periodismo una acción mucho más profesional que la que están teniendo porque, nuevamente, caemos en lo mismo: el daño que se provoca no es un daño teórico. No es decir: “que la gente escuche y decida”, no es así. Con lo que pueden ser distintas miradas ideológicas sobre cosas que tienen que ver con la emocionalidad, con las preferencias, ahí uno puede poner una, dos, o más voces que tengan distintas miradas. De hecho, habilitar distintas miradas está bueno siempre, pero esto no son distintas miradas. Estamos hablando de cuestiones fácticas que tienen que ver con el mundo real y hay una mirada que está basada en evidencias sólidas, contundentes que tienen décadas o siglos de afianzarse, y del otro lado hay cualquier cosa como lo del dióxido de cloro, para lo cual no solamente no hay evidencia, sino que hay evidencia de que es muy perjudicial. No son dos miradas equivalentes. Entonces ahí hay que ponerle un freno porque es deshonesto, es peligroso y el periodismo tiene una responsabilidad profesional que tiene que ejercer.

**DLP:** Tomando la emocionalidad, que podría estar interfiriendo en el análisis de la evidencia, y volviendo al sistema educativo. Actualmente hay una corriente fuerte de educación emocional en las escuelas. ¿Qué lugar te parece que tienen esta relación entre lo emocional y lo científico o la enseñanza basada en la evidencia?

**GN:** Me interesa mucho ese tema. Pero primero hay que ponerse de acuerdo en lo que estamos llamando “educación emocional”. Si hablamos de algo *new age*, de “seamos todos felices”, no estoy de acuerdo y no lo veo en la escolaridad obligatoria. Si estamos hablando de entrenarnos en, por ejemplo, ser más capaces de identificar en nosotros mismos cuáles son nuestras emociones y nuestras creencias, o qué ideas previas tenemos sobre los temas, eso sí me parece importante. Me parece, de hecho, muy importante permitir que las evidencias lleguen. Una de las dificultades enormes que tenemos para aceptar evidencias es cuando contradicen algo nuestro o nos produce algún tipo de rechazo, entonces para que eso llegue necesitamos identificar en nosotros qué está trabando o dificultando la llegada de la información. En ese sentido, entrenarnos en introspección sí creo que es importante, sí creo que es valioso. En algunos países se hace, con otro nombre, no se llama educación emocional, no

importa el nombre, es como un objetivo y también el entrenamiento de entender al otro como una persona a la que le está pasando también todo eso, con lo cual aparece un poco la mirada empática. Si llamamos a eso educación emocional, a mí sí me parece valioso. No es algo que hoy los docentes argentinos, en general, estén capacitados para hacer, porque tampoco nadie se los enseñó. Hay iniciativas particulares con buena intención y que lo logran. Pero en términos de lo que es la educación formal, hoy no estamos para lograr eso de una manera seria, basada en evidencias y respetuosa, pero me parece que es un camino que estaría bueno explorar.

**DLP:** Nos pareció que hay una idea optimista de que, si uno da evidencias a las personas, respecto de un hecho o de alguna cosa, la persona va a decir ¡claro, tenés razón! y va a cambiar de idea. Queremos preguntarte cómo lo ves porque parece una tarea muy difícil. Nosotros nos rendimos ante la evidencia, la cuestión es: ¿quienes no son científicos, lo hacen? Murió un niño tomando dióxido de cloro, es decir no importan las evidencias, siguen sosteniendo sus creencias a pesar de la evidencia ¿Cómo hacer para que la gente se disponga a cambiar sus ideas frente a las evidencias de la ciencia?

**GN:** No basta con darles las evidencias a las personas, de hecho, todo el libro está enfocado en que muchas veces podemos hacer eso, pero no funciona en todos los casos. Ese es el mundo de la posverdad y hay que ver como destrabarlo. Les cuento, desde mi experiencia personal, cómo me metí en el tema, por cosas que pasan en la vida. Me empezó a interesar justamente el tema de las vacunas. ¿Por qué hay personas que desconfían de las vacunas, cuando hay evidencias a montones? Cuando me metí en esto fue a través de millones de fracasos en los que, con estudiantes o con personas que no vacunaban a sus hijos, yo iba a explicarles cómo funcionaba el sistema inmune: antígeno, anticuerpo, inmunidad de grupo, todos los *papers*... y nada. Fue rebotar contra la pared porque era lo mismo que nada. ¡O peor! Lo único que lograba era que la persona se pusiera a la defensiva y estuviera cada vez más afianzada en su postura. Después de infinidad de fracasos me metí a leer todos los *papers* al respecto: sobre percepción pública de vacunas, sobre cómo comunicar el tema, a hablar con gente, a aprender, porque yo no soy médica. Después, cuando logré apropiarme de algunas herramientas, fui a hablar con personas que no vacunan a sus hijos y tratar de destrabar el miedo, justamente desde lo que es el vínculo, el puente que uno arma con la otra persona. Creo que, como científicos, nos enseñan que si hay algo emocional hay que sacarlo. El *paper* tiene que ser lo más neutro y despojado posible y cuanto más adjetivos hay, peor luce, todo tiene que ser preciso. Pero lo que más funciona con estas personas tienen que ver

<sup>1</sup> ¿No va a debate? (2017). En: [elgatoylacaaja.com/19835-2/](http://elgatoylacaaja.com/19835-2/)

con entender que al otro le está pasando algo, muy de la emoción, de las creencias, del vínculo de esas personas con otras personas que tampoco vacunan a sus hijos. Les llegó la información que dice cualquier cosa y no tienen las herramientas de pensamiento crítico, porque nadie se las enseñó, para evaluar esas evidencias y dentro de esto, justamente se trata de desarmarlo, muy gradualmente. Hoy cuando hablo con personas que no se vacunan, como acciones muy individuales, muchos deciden vacunarse o vacunar a sus hijos y luego me mandan *e-mails* diciendo “no puedo creer que puse a mis hijos en riesgo y ahora estoy mucho más tranquila o tranquilo”. ¡Es hermoso! No, las evidencias no alcanzan, aunque siempre las necesitamos como insumo, y si no alcanzan hay que ir por otro lado. Segunda cosa. Yo soy optimista, creo que me identifico como “optimista pragmática”. No como optimista arco iris, “todo estará bien”, sino que creo que tenemos evidencias que nos muestran que hay maneras. Es muy difícil, pero hay maneras. En ese sentido creo que vamos en el rumbo correcto. Podríamos ir más rápido, o mejor, pero va queriendo. Sí, tengo una mirada optimista, pero más o menos basada en la realidad. En realidad, quería contradecir eso que decías de que nosotros estamos entrenados para basarnos en evidencias. Creo que eso es cierto en nuestras áreas de *expertise*, muy específicas. Por ejemplo, si a mí me sacan de mi tema de tesis y un poquito más yo no puedo manejar como experta en otra área de biología molecular. Puedo leer los *papers*, puedo entender la generalidad, pero no puedo entender técnicas que no manejé nunca, no sé todo el conocimiento que hay a nivel global. Por lo cual ser experto es algo muy acotado, y muchas veces los científicos pensamos que podemos poseer *expertise* en diversas áreas. Justamente, una de las cosas que me preocupan de la pandemia, es que veo a expertos migrando, sin ningún tipo de recaudo, a otras áreas. Los periodistas a veces no se dan cuenta de eso. Un biólogo no puede hablar de epidemiología, capaz que algunos sí, o justo le puede pegar, o sabe qué leer para opinar de alguna cosa, pero a mí se me plantan las banderas de alerta. Hay, por ejemplo, muchos economistas hablando de epidemiología. Para mí hay un tema que es delicado, que es la idea de que somos expertos en esto, entonces podemos ser expertos en esto otro. Hay investigaciones y hay un *paper* que me gustó mucho<sup>1</sup>, que muestra que en realidad para temas científicos que despiertan posverdad -como vacunas, cambio climático y ese tipo de cosas- cuando se investiga la postura y la capacidad de personas no científicas y personas científicas, de cambiar de percepción frente a las evidencias, las más refractarias a cambiar son los científicos. Eso aparentemente tiene que ver con que, cuanto más profesional científico se es, más recursos cognitivos tenemos para convencer-

nos de nuestra equivocación, con lo cual, no pongo las manos en el fuego por los científicos. Por lo menos hasta donde yo encontré, las evidencias muestran lo contrario. Por eso hace falta la introspección y ver los sesgos cognitivos propios, ver si uno está en un grupito de gente que piensa parecido. Es distinto en los temas que no despiertan posverdad, que no despiertan emociones, que no nos chocan. Por ejemplo, a mí con *splicing* que es lo que yo investigué, me dicen lo contrario y me muestran evidencias, yo desaprendo y aprendo en un minuto, porque a mí no me mueve emocionalmente y no tengo mi identidad asociada a que los genes se comporten de una manera o de otra, entonces ahí sí podemos cambiar nuestra postura frente a la evidencia. Ahora, si es una postura que nos toca algo interno, no.

**DLP:** Ahora tenemos toda la información al alcance de un *click*, ¿Cómo juega esta posibilidad a la hora de tratar de instalar la toma de decisiones a partir de evidencias?

**GN:** Creo, en un punto, que esté todo al alcance de un *click* es una herramienta que tenemos, que está a disposición de cualquiera y en ese sentido está buenísimo. Pero, como cualquier herramienta, depende mucho de cómo la usemos cada uno de nosotros. Si hacemos un uso descuidado o poco atento o malintencionado, no solamente nos vamos a confundir, porque vamos a buscar e incorporar cosas que no son ciertas o muy confusas, o las vamos a malinterpretar. Además, cada uno de nosotros es un agente propagador de contenido a través de las redes sociales. Todos podemos sumar a ese ecosistema de información cosas valiosas o cosas sin valor. En ese sentido es un potencial problema, pero si usamos bien la herramienta, el acceso que tenemos hoy a la información de todo el mundo, de todas las áreas, cosas que eran inimaginables hace sólo treinta años, es maravilloso. Cuando nosotros estudiamos no había Internet, era ir a buscar cosas en papel, que a veces no llegaban a la Argentina. Era completamente otro mundo. En ese sentido, si tengo que evaluar la herramienta de “un *click*”, diría que es muy positiva pero que depende del uso. Y respecto a lo de la gente común, no creo que los científicos tengamos superpoderes, ni los expertos en general. Me parece que, si esta herramienta estuviera acompañada de una mejor educación en el proceso de la ciencia, realmente la potencialidad de la herramienta sería muchísimo mayor. Yo puedo seguir a gente que trabaja sobre vacunas, detecto las cosas que pasan por *twitter*, las que pasan en Australia, en Asia, en Europa, si publican un *paper*. Si aparece un

<sup>1</sup> Drummond C. and Fischhoff, B. (2017). Individuals with greater science literacy and education have more polarized beliefs on controversial science topics PNAS 114 (36) 9587-9592. (Las personas con una mayor alfabetización y educación científicas tienen creencias más polarizadas sobre temas científicos controvertidos) [Disponible en Internet]

experto que da una charla, lo encuentro enseguida, lo veo sin intermediarios y es hermoso. Pero lo tomo y lo contrasto con evidencias y le doy una vuelta y lo miro críticamente y en un montón de cosas que no tengo idea lo tomo con prudencia, pero sabiendo que puedo caer en sesgo cognitivo por algún tipo de cuestión ideológica que no estoy viendo. Así que un *click* me parece hermoso, hay que agarrarlo con cuidado y si le sumáramos entrenamiento masivo en la ciudadanía, en pensamiento crítico, en una actitud de sano escepticismo, de no creernos cualquier cosa y desafiarnos y preguntarnos ¿en qué se basa esto?, ¿es de calidad o no?, ¿cuál es el consenso científico sobre este tema? Sano escepticismo en el sentido de no “irnos de mambo” y pensar que todos mienten y que todo es una conspiración. Confiar en todo o no confiar en nada son dos extremos peligrosos.

**DLP:** Tal vez la cantidad de información es tan abrumadora que puede desalentar incluso a mirarla. Es decir, es tanta la información que mejor me retiro.

**GN:** Hace años que viene esa preocupación, ahora se lo está llamando “infodemia”, epidemia de información. La OMS lo llama así en el sentido de que primero tenemos exceso de información que puede ser valiosa y confiable, pero que al ser excesiva puede ser abrumadora y al mismo tiempo viene mezclada con desinformación que va desde las noticias falsas hechas a propósito, a mitos o rumores o distorsión de información, incompleta o malinterpretada. Todo eso se mete en la bolsa de desinformación, que circula y puede llegar mucho más lejos porque es sexy y atractiva. Que yo sepa no está muy claro qué hacer, pero las recomendaciones de la OMS y de otros organismos preocupados por este tema son auto restringirnos, aunque es difícil. No estar todo el tiempo informándonos con noticias, sino elegir muy específicamente cómo nos vamos a informar, cuánto nos vamos a informar, cuáles van a ser las fuentes de información y tratar de restringirlo a lo que necesitamos para estar informados y tomar buenas decisiones, pero no pasarnos de rosca porque es intoxicante. Yo lo hago, contesto mails y miro redes sociales temprano a la mañana una vez y punto, después trabajo. Está el ocio, mi familia, mi vida y, salvo alguna cosa extrema, no vuelvo a mirar noticias hasta la mañana siguiente. Pero eso es muy personal.

**DLP:** Esta dificultad se ve cuando los chicos en las escuelas tienen que acceder a determinada información, para distinguir buena o mala calidad o lo que tienen que ver con el principio de autoridad. Por ejemplo, en los medios se puede ver a una médica llamada Chinda Brandolino que da su punto de vista sobre muchas cosas, sin presentar evidencias.

**54 GN:** Esta mujer y el grupo al que pertenece son muy vistos. Ella da una charla por *YouTube* y al día siguiente tiene 500 mil vistas. La conozco porque es del mun-

do antivacunas. Quiero señalar dos cosas. Ella es un ejemplo -y no es el único- de algunos agentes desinformadores muy activos que tenemos en nuestro país y que, además, logran penetrar en un determinado grupo de personas que esperan ávidamente su próxima reunión o comunicación o participación en debate. Por lo que ahí hay algo que siento que no estamos logrando resolver. Tampoco debería ser callar o censurar, en un punto es una persona que tiene derecho a decir lo que quiera, pero es muy peligroso. Me preocuparía menos ella hablando por Instagram, desde su casa, que cuando un medio de comunicación “respetado” la invita para opinar. Ahí me parece gravísimo e inaceptable, porque un medio tiene una responsabilidad profesional que no está cumpliendo. El otro tema es este de los chicos accediendo a información que no pueden evaluar, pero tampoco muchos docentes reconocen la información de calidad. Creo que hay una falencia en lo que es educación en la capacidad de evaluar la información, como reconocer si lo que se dice es algo que va a favor o en contra del consenso científico. Si uno pudiera tener una mirada de pensamiento crítico más rigurosa, no es difícil de identificar. En el caso de esta señora, ella es médica y eso confunde bastante. En la ciencia uno no confía en un científico porque es de determinada universidad, uno debería confiar si lo que dice está basado en evidencias. La ciencia no es un qué, sino más bien un cómo, pero lo que seguro no es, es un quién. En ese sentido quizás es más confiable un estudiante secundario que habla del uso de tapabocas como una manera de disminuir la propagación de este virus, porque leyó a la OMS, que Donald Trump que dice que no funciona, a pesar de que las evidencias señalan que sí funciona. No me importa quién habla, sino en qué se basa. Como esa idea no está clara en los docentes, no podemos esperar que esté clara en los estudiantes y no está clara en algunos científicos tampoco. Muchos docentes, y sobre todo ahora en pandemia y virtualidad, lo que terminaron haciendo, en base a falta de recursos de formación o de apoyo, es mandar trabajos para los chicos que consisten en buscar información en internet, que los chicos copian y pegan y eso es una tarea. Puede ser valioso, pero si él o la docente no está al mismo tiempo enseñando al chico cómo evaluar esa información o cómo identificar una fuente confiable, le resta valor. Si para los docentes hubiera algún tipo de formación orientada más específicamente a aprender estas herramientas y también a cómo enseñarlas -porque tampoco es directa la transferencia entre saber algo y saber cómo enseñarlo- ahí funcionaría mucho mejor. Este aspecto tiene mucha posibilidad de mejora. El trabajo de los docentes me parece muy valioso y es un trabajo poco reconocido. Muchas veces están muy solos y eso puede ser muy frustrante.

**DLP:** Pensando en los terraplanistas, ¿debemos preo-

cuparnos por ese tipo de movimientos absurdos? ¿Se sabe por qué surgen?

**GN:** Es algo que está bastante estudiado. Los terraplanistas en particular son muy pocos y están muy asociados a las teorías conspirativas porque no hay manera de ser terraplanista sin pensar que la NASA nos mienten, los gobiernos nos mienten, los pilotos de avión nos mienten, etc. Tienen mucha prensa porque llaman la atención, la gente se divierte y todo está amplificado por quienes no somos terraplanistas.

**DLP:** Terraplanistas, antivacunas, ¿pertenecen al mismo grupo?

**GN:** Más o menos. El terraplanismo es súper conspirativo, es bastante inocente, "¿qué daño pueden hacer?, que crean lo que quieran". Son muy refractarios a las evidencias, porque no es que las evidencias estén escondidas, pero lo que uno ve, y en esto sí hay investigaciones, es que cuando una persona entró a una idea conspirativa es muy fácil que esa manera de pensar se transfiera a otros temas. Cada vez que hay un encuentro de terraplanistas en cualquier parte del mundo, suele tener asociada una charla antivacunas, una charla sobre el nuevo orden mundial y cualquier otra idea conspirativa. Desde que Elvis no murió, que Paul McCartney es un doble, que es falso el alunizaje, todo forma parte de la "conspiranonia". Ese perfil de personas, que son muy pocos, a nivel pragmático son muy inaccesibles porque son muy refractarios. A mí no me gusta hablar de antivacunas en términos genéricos, porque los antivacunas como Chinda Brandolino son muy pocos, y son muy ruidosos porque están todo el tiempo activamente militando en contra de las vacunas y eso es peligroso porque tienen mucha llegada y mucho impacto. El terraplanismo en sí, no me preocupa, pero cuando viene asociado a estas cosas sí es preocupante. Lo que pasa es que a nivel práctico no hay muchas maneras efectivas de llegar. Entonces tampoco está muy claro que se puede hacer al respecto. Ahora, respecto a la gente que no se vacuna hay toda una serie de categorías, que incluye a los que dudan de las vacunas, que son muchos más que los antivacunas y que sí son permeables a las evidencias, cuando uno habla con amor, se ocupa de hacer el vínculo y de entender lo que les pasa. Esas son las personas con las que yo me vinculo y esas personas no son terraplanistas. No quisiera que se mezclen esas dos maneras de no vacunarse.

**DLP:** Contamos sobre el modo que encontraron para publicar el libro *Pensar con otros*, junto con el colectivo de El Gato y la Caja.

**GN:** El Gato y la Caja y la editorial asociada que es Abre Cultura, tienen una mirada de conocimiento libre y compartido, por lo que el funcionamiento cambia mucho respecto de lo que es un editorial tradicional. Pero cuando hay que pagar la imprenta, la plata tiene

que salir de algún lado. La manera de financiarnos fue a partir de una preventa. Yo iba publicando algunos capítulos que se ponían en la web gratis y eso fue generando cierta comunidad de personas que estaban esperando más contenido sobre eso. Les prometimos un libro que, mientras tanto, estaba escribiendo. Se armó una cosa muy de comunidad. Cuando teníamos el libro casi terminado empezamos la preventa que fue decirle a la gente: este libro va a salir tanta plata, si lo querés compralo ahora y si entre varias personas compran 10 ejemplares, un ejemplar va a ir a un legislador nacional. Fue una acción que convocó mucho porque gran parte de la ciudadanía pensó: ¡hey! ¡ustedes, decisores, pueden tener un poco más de cuidado con las evidencias! Mucha gente se enganchó con esa propuesta y quería enviarles el libro a legisladores que no le gustaba, pero también había gente que quería enviárselos a legisladores que sí le gustaba y pensaba que el libro podía sumar en algún eje. Fue muy diverso en ese sentido. Con esa preventa vendimos miles de libros que todavía no estaban terminados de escribir y, dos meses después, lo recibieron por correo, ¡fue muy lindo! El libro está subido gratis en la web<sup>1</sup>, pero mucha gente igual decide comprarlo en papel, por lo cual cerró como acción comercial y también como llegada de la mirada basada en evidencia. Muchos de los políticos los leyeron y algunos son fans. Los legisladores que lo leyeron me han mandado fotos con los stickers pegados o partes subrayadas y fue una experiencia muy linda. Es un granito de arena, no sé si después cambiará algo.

**DLP:** Seguro que sí. Lo que quieras agregar para cerrar la nota...

**GN:** Quería agradecerles mucho por este intercambio. Creo que cubrimos muchos temas. Lo único que agregaría quizás es que cualquiera que tenga ganas de contactarme, para seguir charlando y también por supuesto para desafiar lo que digo, puede hacerlo a través de las redes sociales. Mi usuario es @uadlup y tengo abiertas las redes para que me puedan escribir. ¡Muchas gracias!

**DLP:** Muchas gracias por tu tiempo.

<sup>1</sup> El libro *Pensar con otros* está disponible y gratuito en [pensarconotros.com](http://pensarconotros.com).

EL METEORITO ESQUEL

# UNA GEMA QUE CAYÓ DEL CIELO

Un meteorito formado por cristales de olivino inmersos en metal, de excepcional estética e interés científico.

**Isabel Giraudo de Lucio**

Los meteoritos son fragmentos de cuerpos rocosos o metálicos que alcanzan la Tierra provenientes del espacio exterior. Aunque hay un pequeño número de meteoritos procedentes del planeta Marte y de la Luna, el lugar de origen de su gran mayoría es el Cinturón de Asteroides, una extensa franja situada entre el planeta Marte y el planeta Júpiter, en la que orbitan cuerpos subplanetarios de tamaños que oscilan entre casi 1.000 km y pocos metros de diámetro.

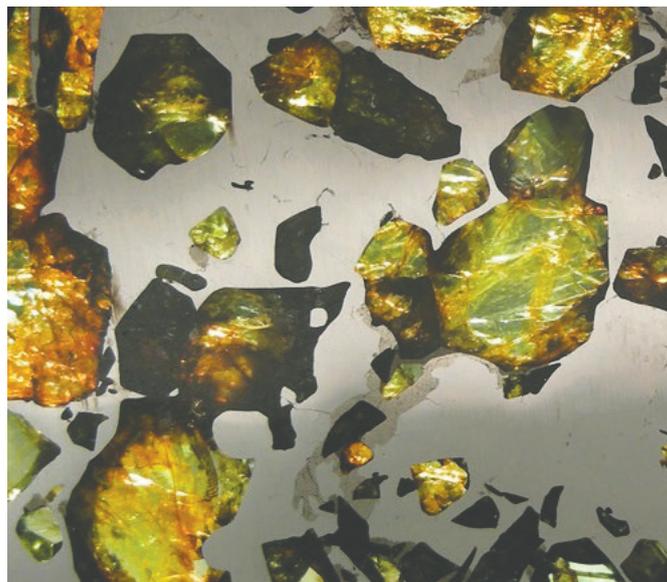
Al presente se han catalogado y descrito miles de asteroides, y se estima que deben ser más de un millón los de tamaños mayores a un kilómetro, y quizás miles de millones los más pequeños. Paralelamente, se han estudiado y clasificado miles de meteoritos y se los interpreta como muestras de unos -como mínimo- 50 distintos asteroides de origen.

El interés por estos fragmentos pétreos o metálicos reside en que retienen claves que nos permiten decodificar la historia del sistema solar primitivo y la historia temprana de nuestro propio planeta.

El meteorito Esquel tiene la particularidad de ser metálico y al mismo tiempo contener gran proporción de cristales transparentes inmersos en él. Un enjambre luminoso de transparencias en matices de verde resplandeciendo a través del brillo del metal (ver Figura 1).

## En el principio...la nube molecular

Observaciones astronómicas han permitido interpretar que los sistemas solares se forman cuando fragmentos de grandes nubes moleculares colapsan. Estas son nubes interestelares cuya densidad y tamaño



**Figura 1. Corte del meteorito Esquel.**

permiten la formación de moléculas, a diferencia de otras zonas del espacio interestelar que consisten predominantemente en gas ionizado. Cerca del 1% de la masa de estas nubes consiste en partículas de polvo de tamaños inferiores al micrón, otro 1% son moléculas gaseosas más pesadas que el helio, y lo restante es hidrógeno y helio gaseoso.

El colapso gravitatorio de un fragmento de la nube molecular conduce a la formación de una nebulosa protosolar (ver Glosario), con una protoestrella (ver Glosario) en su interior, y un disco circumestelar de materia sólida y gas rotando a su alrededor. Los pequeños volúmenes de materia sólida (partículas de polvo, granos, corpúsculos) se unen unos a otros inmersos en el gas del disco y permanecen unidos incorporando materiales nuevos para formar cuerpos mayores en un proceso llamado acreción.

La protoestrella crece concentrando casi el 99% de la masa de la nebulosa protosolar, generando una alta energía térmica y gravitatoria en su entorno. Alcanza su dimensión de estrella cuando la densidad en su interior es tal que desencadena el proceso de fusión nuclear de hidrógeno (ver Glosario). En el disco circumestelar, en donde orbita el 1% restante de la masa de la nebulosa, el proceso de acreción dará origen al

**Palabras clave:** asteroides, Esquel, meteoritos, olivinos, pallasitas.

**Isabel Giraudo de Lucio**<sup>1</sup>

Licenciada en Filosofía y en Geología  
piedrasdepatagonia@elbolson.com

<sup>1</sup> Museo de Piedras Patagónicas  
Mallín Ahogado, El Bolsón, Río Negro, Argentina.

Recibido: 11/09/2020. Aceptado: 20/11/2020.

resto del sistema solar: planetas, asteroides, cometas, cuerpos menores orbitantes y polvo interplanetario (ver Figura 2).

Las fases estelares se infieren a partir de observaciones astronómicas de nebulosas y estrellas en formación. También algunos de los procesos de formación y evolución de los asteroides pueden ser inferidos a partir de estas observaciones.

Sin embargo, tanto la inferencia sobre los elementos contenidos en la nebulosa protosolar, como la reconstrucción de los procesos de crecimiento y evolución de los cuerpos planetarios y asteroidales, sólo es posible de manera tangible a través del estudio de los meteoritos.

### Mensajes remotos encriptados

Algunos tipos de meteoritos son la muestra de mano de la composición inicial de la nebulosa. Otros, constituyen registros de cada fase sucesiva de los procesos tempranos acaecidos en el sistema solar en formación.

Hay meteoritos que retienen los primeros sólidos acrecionados: son pequeños agregados, de formas irregulares o más o menos esféricas, de minerales formados mayormente por calcio y aluminio, llamados CAIs (acrónimo de "Inclusiones de Calcio y Aluminio"). Calcio y aluminio son elementos altamente refractarios (se encuentran en fases sólidas a muy altas temperaturas) y se interpreta que se condensaron formando minerales a partir de una fase vapor, sin pasar por una fase líquida intermedia. Además, pequeñas cantidades de elementos radiactivos contenidos en esas inclusiones han permitido datar con precisión el nacimiento de ellas, hace 4.567 millones de años. Así, las CAIs marcan el tiempo cero del Sistema Solar.

En esos mismos meteoritos que contienen las CAIs, llamados "meteoritos primitivos", se encuentran, además, pequeñas esferulas, llamadas "cóndrulos", cuyos tamaños oscilan entre décimas de milímetros a pocos milímetros. Se las interpreta como pequeñas gotas de fluido solidificadas, formadas a partir de una fase líquida, un fundido efímero en condiciones de ingravidez.

Los cóndrulos están formados en gran parte por olivino, un mineral que contiene silicio, magnesio y hierro, los elementos más abundantes de la Tierra sólida, junto con oxígeno, uno de los elementos más abundantes y ubicuos del Sistema Solar entero, capaz de formar fases sólidas, líquidas y gaseosas. El olivino se encuentra dentro del grupo de minerales llamados silicatos, que son los principales formadores de rocas en nuestro planeta y los restantes planetas del Sistema Solar interno: Mercurio, Venus y Marte, además de muchos asteroides.

La composición de los meteoritos primitivos también permite saber que, además de minerales de calcio y



**Figura 2. Fotografía de una estrella en formación -de un millón de años- con un disco circunestelar rico en gas y polvo.**

Imagen: NASA Telescopio Espacial Hubble

aluminio, y de silicatos como el olivino, a partir del polvo de la nebulosa condensaron también metales, fundamentalmente hierro y níquel, lo mismo que sulfuros, que son compuestos de azufre y metales, siendo un sulfuro de hierro el predominante.

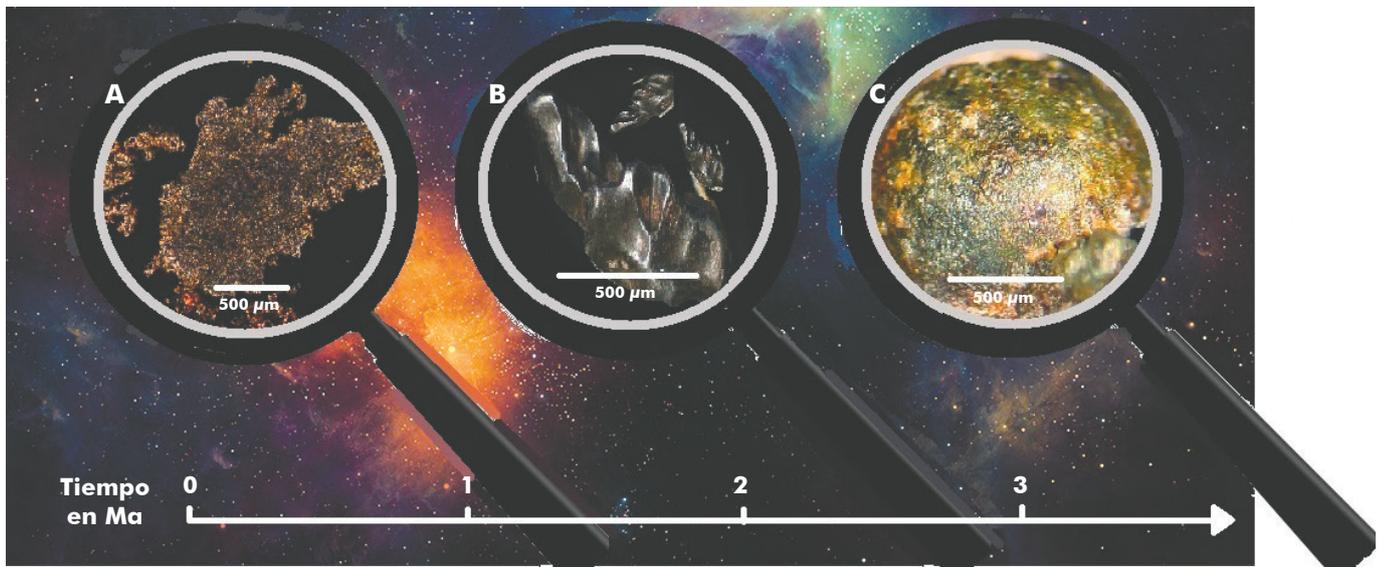
Estos meteoritos primitivos, llamados "condritos"- por contener cóndrulos- retienen así los primeros sólidos formados en el disco circunestelar, ese flujo turbulento de gas y polvo a partir del cual se van a condensar planetas, satélites, cometas y asteroides (ver Figura 3).

### La fragua asteroidal

En el disco circunestelar, además de estar presentes todos los elementos que forman hoy los cuerpos orbitantes del Sistema Solar, distribuidos de manera mayormente uniforme, también se encontraban algunos isótopos (ver Glosario) radiactivos de corta vida como el aluminio-26 ( $^{26}\text{Al}$ ) y el hierro-60 ( $^{60}\text{Fe}$ ). Éstos son llamados "de corta vida" porque sus períodos de semidesintegración abarcan, como mucho, unos pocos millones de años, a diferencia de los más conocidos, como el torio o el uranio, por ejemplo, cuyos períodos de semidesintegración abarcan miles de millones de años.

Los procesos de desintegración radiactiva, además de la emisión de rayos de alta energía, también liberan mucho calor. Se piensa que la desintegración de estos isótopos radiactivos de corta vida generó, en algunos cuerpos ya acrecionados, de unos cinco a siete km de diámetro como mínimo, temperaturas a las cuales funden metales y silicatos, cercanas a los  $1.700^{\circ}\text{C}$ .

Los modelos térmicos postulan que, a partir de un material primigenio similar al contenido en los meteoritos primitivos, en algunos cuerpos, al ser calentados por la acción de los isótopos radiactivos de



**Figura 3. Secuencia de condensación en la nebulosa protosolar. A. Minerales refractarios de calcio y aluminio en CAIs. B. Metales como hierro y níquel. C. Olivino y otros silicatos de alta temperatura en cóndrulos. Tiempo en millones de años (Ma).**

corta vida mencionados, y al alcanzar temperaturas de entre 950°C y 980°C, comenzarían a fundir metales asociados a sulfuros.

Los metales, entre los cuales predomina una aleación de hierro y níquel, tienen densidades promedio de entre 7,8 y 7,9 gramos por centímetro cúbico, mientras que los sulfuros de metales tienen densidades cercanas a los 5 gramos por centímetro cúbico. Los silicatos presentes en esos mismos meteoritos, como el olivino, tienen, en cambio, densidades cercanas a los 3,3 gramos por centímetro cúbico. Así, los fundidos de metales y sulfuros, más densos que los silicatos, que a esas temperaturas todavía permanecerían sólidos, comenzarían a separarse por gravedad, y a migrar hacia las partes más profundas del cuerpo protoplanetario o protoasteroidal.

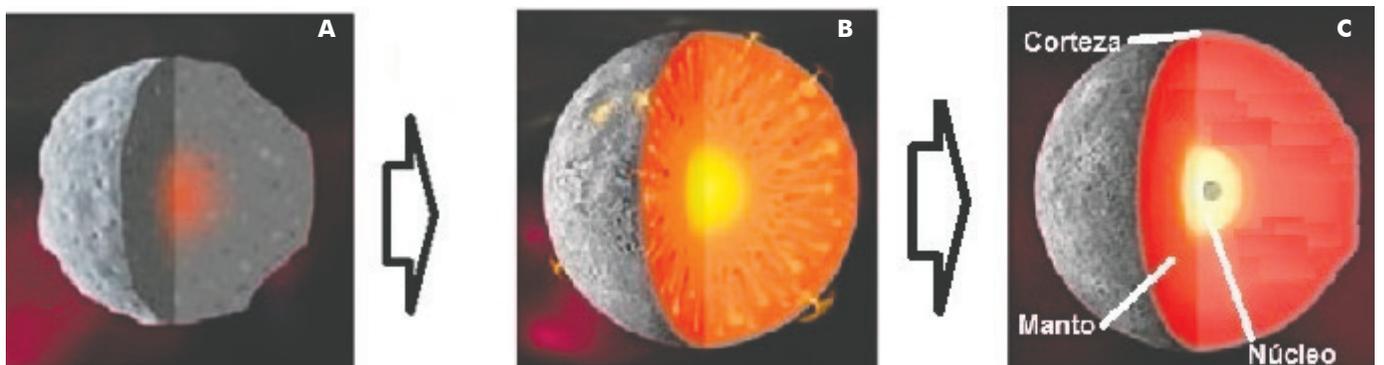
Al continuar el proceso de incremento del calor, y alcanzar temperaturas cercanas a los 1.050°C,

comenzarían a fundir también algunos silicatos, acelerando el proceso de separación con los metales.

Algunos fundidos tempranos de silicatos, productos de fusión parcial y menos densos aun que el olivino, migrarían hacia la parte más superficial del cuerpo asteroidal, y serían expulsados en parte a través de erupciones volcánicas o cubrirían la superficie del protoplaneta o asteroide con un "océano de magma".

Al generalizarse el proceso de fusión, a temperaturas cercanas a los 1.700°C, los silicatos más densos, como los olivinos, separados ya por gravedad, tanto de metales más densos como de otros silicatos menos densos, comenzarían a recristalizar formando la capa intermedia y más voluminosa del cuerpo entero: el manto.

El resultado de la culminación de estos procesos es la estructura interna de la Tierra, de los planetas rocosos y de los asteroides diferenciados: una capa



**Figura 4. A. Al comenzar la acreción de protoplanetas y asteroides se formarían cuerpos no diferenciados de material condritico. Algunos de ellos seguirían acrecionando material sólido hasta alcanzar un tamaño mínimo de 100 km, como para comenzar el proceso de diferenciación. En tanto, el calor generado por radionúclidos de corta vida, como  $^{26}\text{Al}$  y  $^{60}\text{Fe}$ , provocaría un aumento de las temperaturas. B. A 950°C comenzarían a fundir metales asociados a sulfuros, y luego a segregarse y migrar hacia el centro por diferencia de densidades. A 1.050°C comenzaría la fusión parcial de silicatos. Los primeros fundidos migrarían a la superficie y parte de ellos sería eyectada por vulcanismo explosivo. C. Al completarse la diferenciación, los metales concentrados en el centro formarían el núcleo, los silicatos más densos formarían el manto, y los silicatos menos densos, la corteza.**

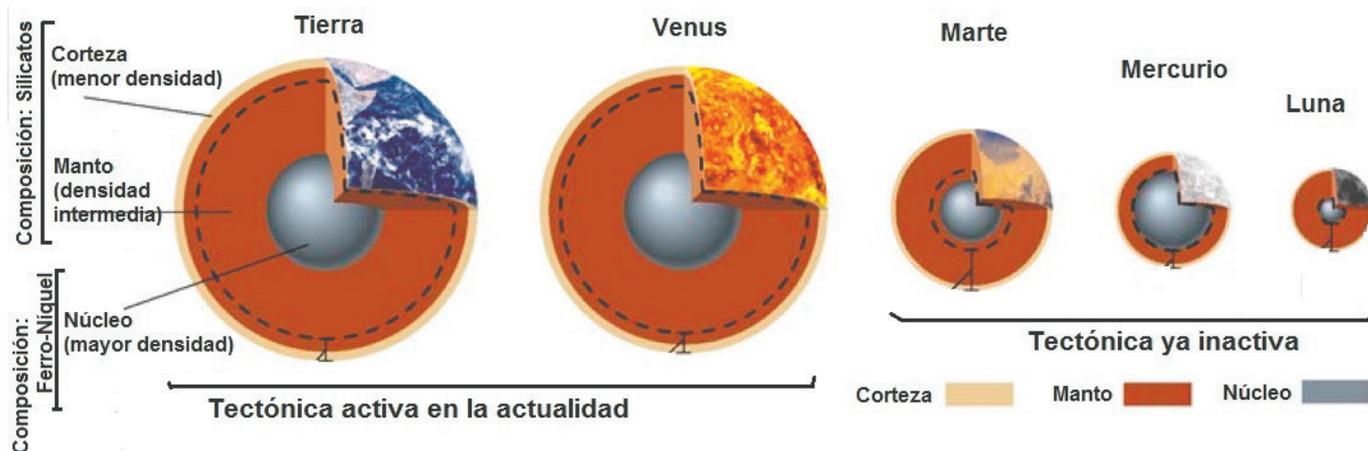


Figura 5. Estructura interna de los planetas terrestres y la Luna.

más externa formada por silicatos menos densos (corteza), una capa intermedia formada por silicatos más densos entre los que se encontraría un gran porcentaje de olivino (manto) y un núcleo interno esencialmente metálico, formado por hierro y níquel con algún porcentaje de sulfuros (ver Figuras 4 y 5).

### Colisiones y catástrofes siderales

Hay meteoritos no condriticos, provenientes de planetas rocosos o asteroides diferenciados, que consisten en rocas similares a los basaltos de la corteza terrestre, y otros que consisten en rocas de idéntica composición a las halladas en el manto superior terrestre, constituidas fundamentalmente por el mineral olivino y otros silicatos que cristalizan también a altas temperaturas, como ese mineral, y que tienen densidades semejantes.

Hay también otros meteoritos, quizás los más conocidos, aunque no los más abundantes, que consisten esencialmente en aleaciones naturales de hierro y níquel, y que tienen una composición similar a la que se estima tiene el núcleo terrestre, que se encuentra a una profundidad de 2.900 km.

Las composiciones de los meteoritos nos permiten inferir los procesos acaecidos en los asteroides de los cuales provienen.

Los modelos muestran que cuerpos del tamaño de la Luna (con masas 80 veces menores a la masa de la Tierra), podrían haberse formado en el Sistema Solar interno entre los cien mil y los diez millones de años desde el comienzo del Sistema Solar. Se piensa que en tanto los cuerpos protoplanetarios adquirirían grandes volúmenes, por acreción de cuerpos menores, las colisiones entre ellos debieron ser muy frecuentes, en cuanto se encontraran en órbitas todavía imprecisas e inestables.

Pero pronto la gravedad comenzaría a estabilizar órbitas. Los cuerpos más grandes crecen más rápido, en tanto atraen a otros cuerpos en áreas más grandes, además, tienden a adquirir órbitas más regulares, lo que concentra las fuerzas gravitacionales y retroalimenta el

proceso, generando un nuevo aumento en los ritmos de crecimiento. En la medida en que unos pocos cuerpos grandes se volvieran dominantes, el crecimiento comenzaría a desacelerarse hasta culminar con unos pocos grandes cuerpos planetarios (ver Figura 6).

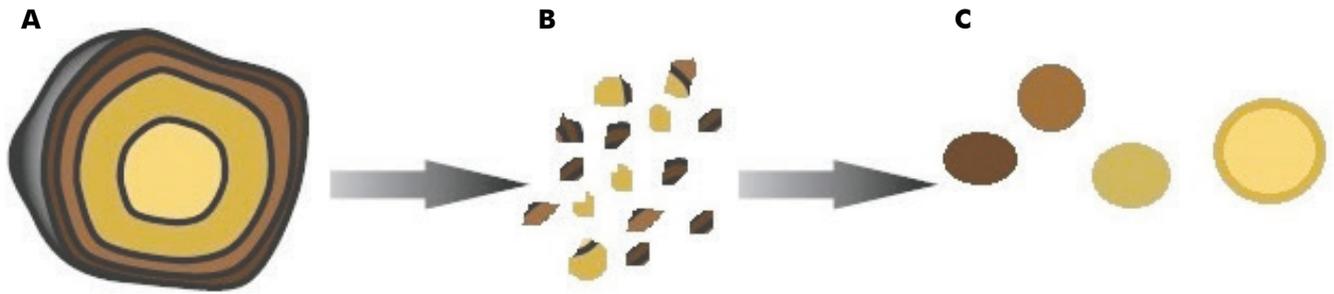
Sin embargo, no todas las colisiones parecen haber finalizado en una acreción exitosa. Modelos numéricos recientemente desarrollados muestran que, tomando en cuenta las masas y las velocidades estimables, y en el escenario propuesto, cerca de la mitad de las grandes colisiones no terminarían en acreción de masas. En muchos casos, especialmente en impactos tangenciales, el cuerpo impactante o gran parte de él resultaría fragmentado sin posterior reintegración. Se piensa que los fragmentos de esos cuerpos desintegrados por impactos, no reincorporados a los grandes planetas y arrojados fuera del sistema solar interno, habrían sido desplazados al cinturón de asteroides.

Los procesos de colisión, seguidos por erosión, fractura o desintegración, parecen haber sido la regla y no la excepción en el sistema solar primitivo. En muchos casos tuvo lugar una reacreción aleatoria de fragmentos dispersos dando lugar a la formación de asteroides de segunda generación. Muy pocos asteroides parecen haber sobrevivido incólumes (ver Figuras 7 y 8).



Figura 6. Representación artística de una colisión entre protoplanetas.

Imagen: Tomada de Youdin (2010)



**Figura 7. Modelo de formación de asteroides no diferenciados de segunda generación por reacreación de escombros. A. Materiales prístinos acrecionados: CAIs, cóndrulos, metales, con muy bajo grado de alteración o metamorfismo. B. Desmembramiento por colisiones. C. Nueva reacreación de fragmentos desmembrados: asteroides que albergan meteoritos primitivos.**

### Bellas y enigmáticas

Como se dijo, hay meteoritos formados por rocas a las que se presume provenientes del manto de un cuerpo asteroidal diferenciado, otros, por rocas de corteza, y otros, por metales del núcleo. Hay, además, otros excepcionales meteoritos compuestos por rocas del manto y metales del núcleo al mismo tiempo: son los llamados "pallasitas".

Las pallasitas, entre las cuales uno de los especímenes más bellos conocidos es la pallasita Esquel, son esos meteoritos que brindan la inesperada imagen de cristales de olivinos inmersos en metal (ver Figura 9).

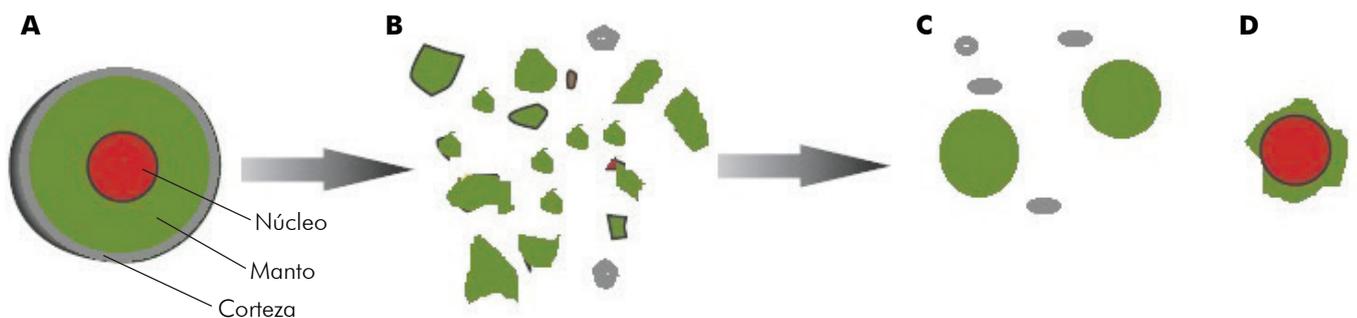
La primera pallasita conocida fue encontrada en 1749, en una montaña al este del río Yenisei, un largo río de la Rusia asiática, en Siberia, cerca de Krasnoyarsk. Fue estudiada en 1772 por J. S. Pallas, un naturalista alemán que trabajaba en la Academia de Ciencias de San Petersburgo, quien pronto determinó su origen extraterrestre e hizo llegar un fragmento a E. Chladni, uno de los pioneros en la investigación moderna sobre meteoritos. Éste la llamó, informalmente, "el meteorito metálico de Pallas", de donde derivó finalmente el término "pallasita".

Lo primero que se pensó es que estos meteoritos se habrían formado en un asteroide diferenciado, en el que ya existiría un núcleo metálico y un manto de composición olivínica, y que serían provenientes de una capa intermedia, situada en la base del manto, en

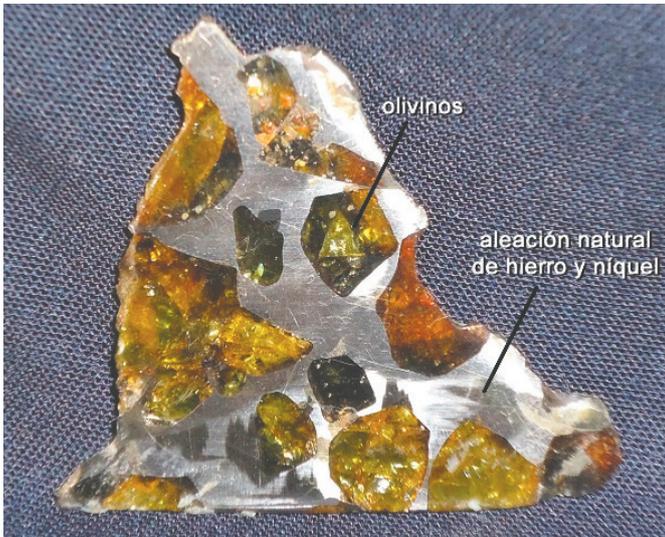
la interfase con el núcleo, capa a la que se denominó, tentativamente, "capa pallasítica", en la que el proceso de separación entre los cristales de olivinos y el metal no habría terminado de concretarse (ver Figura 10).

Pero pronto surgieron dudas en torno a esa interpretación. ¿En qué momento del proceso de enfriamiento del cuerpo asteroidal habrían quedado atrapados esos cristales de olivinos ya sólidos en un fundido metálico? Ya Lord Rayleigh -destacado físico, descubridor del argón y premio Nobel de Física en 1904- había llamado la atención sobre lo que él denominó "la paradoja de las pallasitas".

La paradoja puede enunciarse así: por un lado, los tiempos de enfriamiento para núcleos metálicos de cuerpos asteroidales de kilómetros de diámetro se estiman en, como mínimo, centenas de miles de años (o quizás millones de años si son muy grandes), por otra parte, hay una notable diferencia de densidades entre los olivinos y el metal (como se mencionó, el metal tiene una densidad de 7,9 gramos por centímetro cúbico, mientras que el olivino una de 3,3 gramos por centímetro cúbico) y esa diferencia de densidades debería causar una rápida separación gravitatoria entre ambos materiales (como un corcho en el agua). A unos 1.500°C, por ejemplo, los olivinos, que ya estarían sólidos mientras que el metal seguiría estando líquido, ascenderían rápidamente flotando por sobre el fundido metálico. ¿Cómo, entonces, los tiempos de enfriamiento del fundido metálico podrían haber sido



**Figura 8. Modelo de formación de asteroides diferenciados de segunda generación. A. Cuerpos diferenciados por fusión, migración por gravedad y recristalización. B. Colisiones tangenciales que arrancan fragmentos de manto y corteza. C. Nuevas acreciones de fragmentos eyectados: asteroides con composiciones rocosas de minerales del manto o de la corteza. D. Núcleos metálicos remanentes despojados de manto.**

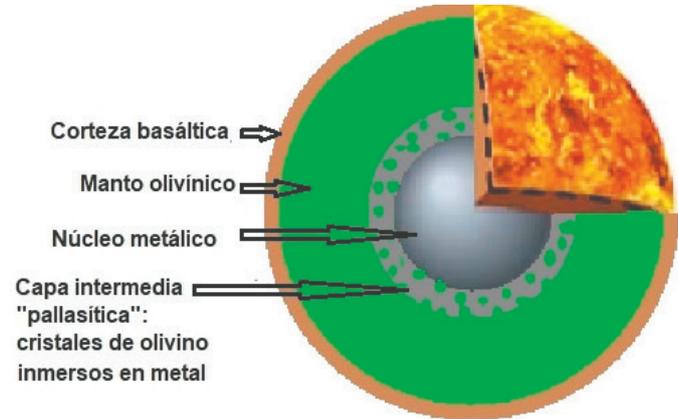


**Figura 9. Pallasita Esquel. Ejemplar exhibido en el Museo de Piedras Patagónicas.**

más acelerados que los tiempos de flotación de los olivinos, como para que éstos quedaran atrapados en el metal?

Por otra parte, también llamaba a sorpresa el hecho de que algunos olivinos presentaran bordes angulosos, mientras que otros eran redondeados.

Se esbozaron varios modelos de explicación. Uno de ellos propuso la existencia de un núcleo metálico todavía líquido, aunque muy viscoso, por debajo de un manto olivínico, ya separado por flotación, en el interior de un asteroide diferenciado. El metal del núcleo, en proceso de enfriamiento, tendría corrientes internas convectivas, que harían ascender materiales



**Figura 10. Modelo propuesto de asteroide diferenciado con "capa pallasítica"**

más profundos y calientes. Éstos, al alcanzar la parte externa, cercana a la base del manto, perderían calor, experimentando así un aumento de la densidad que los llevaría hundirse nuevamente, generando movimientos circulares. Esos movimientos convectivos arrancarían cristales de olivino situados en la base del manto y los arrastrarían hacia el fundido. En tanto el proceso de enfriamiento en el núcleo continuara desde afuera hacia adentro, la viscosidad del fundido de la parte más externa del núcleo aumentaría progresivamente hasta solidificar antes de que los olivinos extraídos de la base del manto hubieran podido volver a ascender. De este modo, los cristales de olivino que hubieran quedado atrapados en el metal conformarían la "capa pallasítica", intermedia entre un núcleo puramente metálico y un manto olivínico (ver Figura 11).

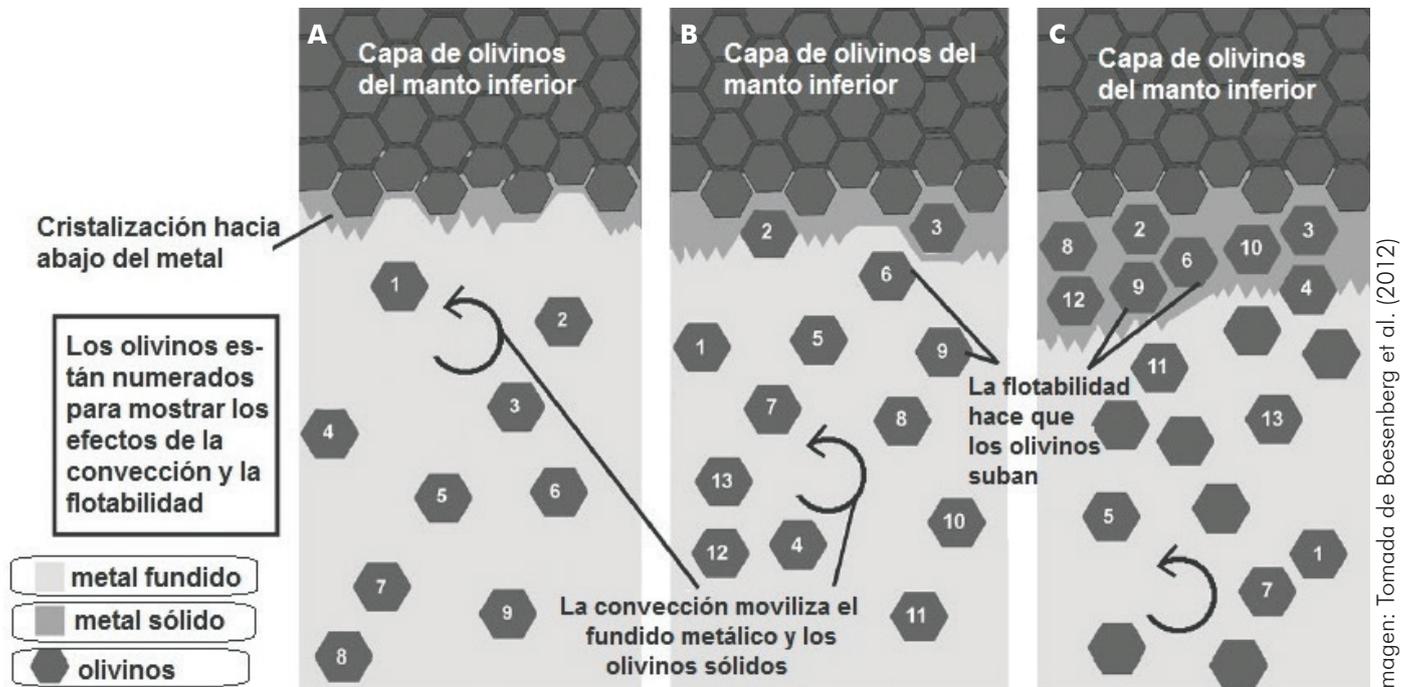


Imagen: Tomada de Boesenberg et al. (2012)

**Figura 11. Esquema simplificado de un modelo que explica la formación de las pallasitas. A. El núcleo metálico comienza a cristalizar en tanto pierde calor por contacto con el manto que está por encima. Los movimientos convectivos arrastran cristales de olivino llevándolos a la inmersión en el manto. B. Algunos olivinos que suben son englobados dentro del metal que se solidifica lentamente, mientras que otros son dispersados por la convección generada en un núcleo metálico todavía parcialmente fundido. C. En tanto la cristalización del metal sigue progresando hacia abajo, nuevos olivinos se van incorporando, formando así la "capa pallasítica"**

Este modelo supone, como se ve, que el proceso de enfriamiento de los núcleos asteroidales debió progresar desde afuera hacia adentro. Y explica la presencia de cristales redondeados, porque el redondeo se produciría en tanto éstos son arrastrados por las corrientes convectivas del núcleo líquido.

Otra línea de investigación propone un modelo diferente. Supone también la existencia de un asteroide o protoplaneta completamente diferenciado, con un manto olivínico ya sólido y un núcleo metálico en proceso de enfriamiento, pero en este caso, el enfriamiento procedería desde adentro hacia afuera, y su interior estaría solidificado en un 80%. La capa de metal fundida estaría en contacto con el manto olivínico sin mezclarse con él.

Un gran impacto contra otro cuerpo de mayor tamaño, fracturaría completamente el manto olivínico, desprendiéndolo de la parte ya sólida del núcleo, reduciéndolo a fragmentos y dispersándolo por eyección. Restos del metal del núcleo superficial serían despedidos junto al manto astillado. Posteriormente, fragmentos del manto volverían a ligarse por gravedad, y los remanentes del metal fundido rellenarían los intersticios (ver Figura 12).

Este segundo modelo, como puede apreciarse, entiende que el proceso de enfriamiento de los núcleos asteroidales debió proceder desde adentro hacia afuera, y, por otra parte, es el que mejor explica la presencia de olivinos con bordes angulosos, porque los ángulos serían la intersección entre planos de fracturas generadas por el impacto.

## Enigmáticas...y magnéticas

Otro dato se suma recientemente y añade complejidad al ya complejo panorama del origen de las pallasitas: el descubrimiento de que los cristales de olivino contienen pequeñas inclusiones magnéticas a partir de las que resulta posible inferir un proceso de enfriamiento en la presencia de fuertes campos paleomagnéticos.

El magnetismo en cuerpos planetarios o asteroidales diferenciados, como en la Tierra, se explica mediante la teoría de la dínamo. Esta teoría propone que, en un cuerpo en rotación, en cuyo interior hay un núcleo metálico parcial o totalmente líquido, se generan corrientes convectivas circulares y la energía cinética de esas corrientes metálicas líquidas internas, se traduce en un campo magnético orientado en función de los polos de rotación (ver Figura 13).

Hay minerales susceptibles de adquirir una polaridad orientada por ese campo magnético. Estos minerales, cuando se encuentran a altas temperaturas, no adquieren magnetismo. Pero, al enfriarse, cuando pasan por una temperatura crítica, llamada "temperatura de Curie", quedan orientados en función del campo magnético bajo cuya influencia se encuentran. A esa temperatura, variable para cada mineral magnético y siempre inferior a la temperatura de fusión, queda fijada la orientación magnética y no se modifica, a menos que el mineral vuelva a estar nuevamente sometido a temperaturas más elevadas. A este magnetismo adquirido bajo la influencia de un campo magnético, se lo llama "magnetismo termorremanente".

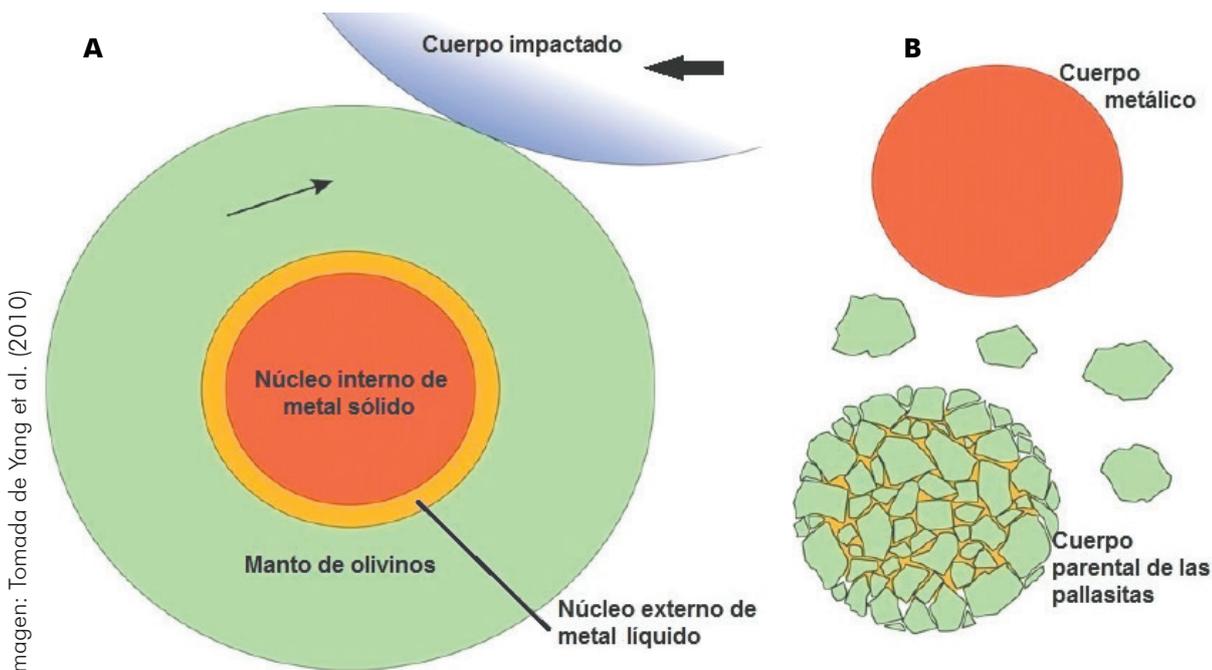
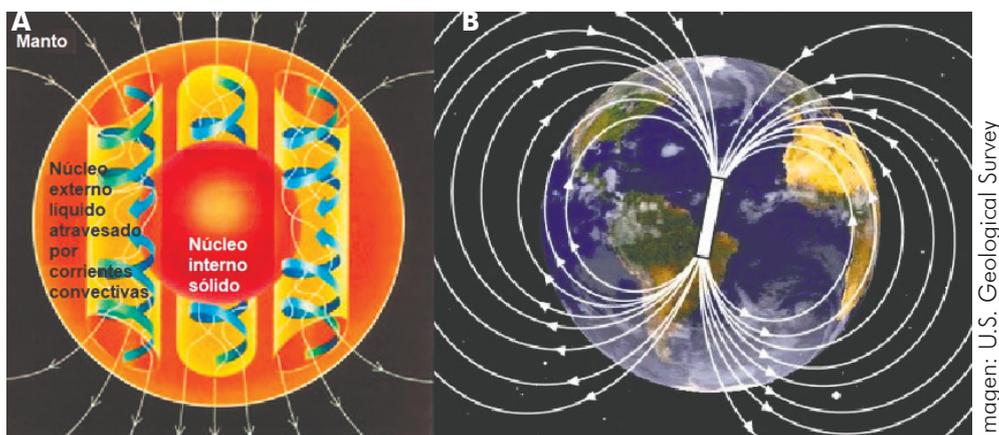


Imagen: Tomada de Yang et al. (2010)

**Figura 12. Esquema simplificado de otro modelo que explica la formación de las pallasitas. A. Un asteroide diferenciado o protoplaneta con un manto rico en olivino y un núcleo de metal que se ha solidificado de adentro hacia afuera en un 80% impacta tangencialmente a un cuerpo mayor. B. El manto del cuerpo diferenciado es despedazado a consecuencia del impacto y sus fragmentos se reaccionan por separado del núcleo sólido. Parte del fundido metálico residual rellena los intersticios entre los fragmentos reaccionados del manto.**

**Figura 13. A. Esquema que grafica las corrientes convectivas en el núcleo externo de la Tierra. B. El campo magnético terrestre representado como un gran imán.**



El descubrimiento de que pequeñas inclusiones en el interior de los cristales de olivinos de las pallasitas tienen magnetismo termorremanente, sería la evidencia de un prolongado efecto dínamo dentro del cuerpo en el que se enfriaron, mostrando que, cuando pasaron por la temperatura de Curie, ese cuerpo tenía aún un núcleo parcialmente fundido y con fuertes movimientos convectivos.

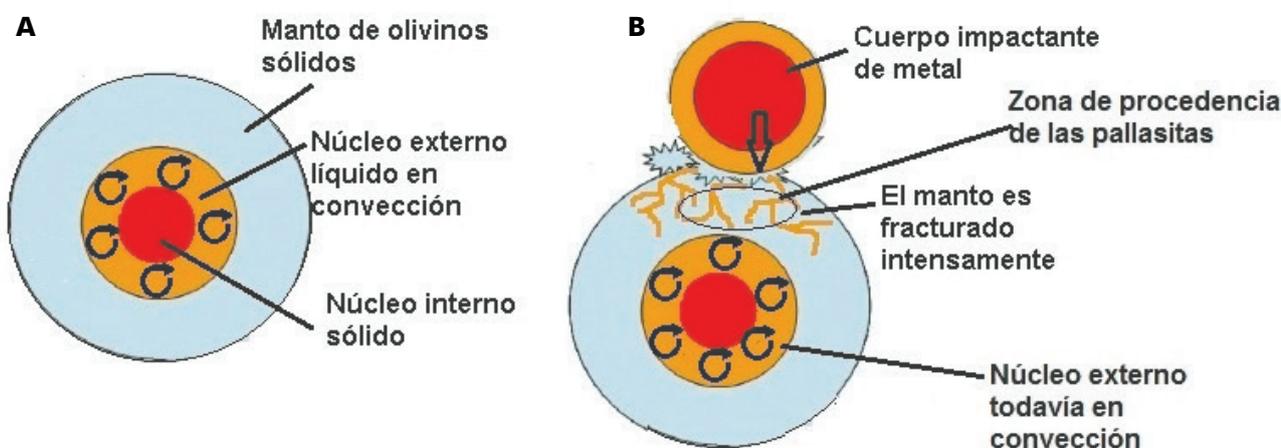
Como la temperatura de fijación del magnetismo termorremanente en los olivinos (temperatura de Curie) es de  $360^{\circ}\text{C}$  y la temperatura estimada como para que un núcleo metálico genere una intensidad magnética como la medida en esos cristales, se estima en  $1.000^{\circ}\text{C}$  como mínimo, esto permite concluir que esos cristales no podrían haberse formado en la interfase manto-núcleo, porque en tan estrecho contacto, las temperaturas no podrían haber sido tan disímiles. Y si esto fuera así, el modelo que propone una "capa pallasítica" en la base del manto, quedaría invalidado. El segundo modelo queda también en dificultades, ya que hace necesario explicar en qué momento los olivinos fijaron el magnetismo termorremanente, y en caso de que lo hubieran hecho en su cuerpo de origen, tendría que poder dar cuenta de cómo no volvieron a alcanzar temperaturas mayores a  $360^{\circ}\text{C}$  a

consecuencia del impacto.

En base a estas consideraciones, otro modelo fue propuesto para explicar el origen de las pallasitas. Éste también imagina un impacto, pero en este caso no se trata de un impacto catastrófico, desintegrador del protoplaneta entero, sino de un impacto que fractura intensamente un manto ya sólido, pero sin despedarlo ni eyectar sus fragmentos al exterior.

El cuerpo impactante sería un núcleo metálico, que se habría formado en el interior de un protoplaneta diferenciado, pero que habría sido ya despojado del manto por colisiones anteriores. El metal fundido aportado por el núcleo impactante se habría introducido en el manto olivínico a través de fracturas generadas por el propio impacto, propagándose rápidamente y enfriándose antes de que olivinos y metal puedan volver a separarse por diferencia de densidades.

Según este tercer modelo, las pallasitas habrían terminado de enfriarse en su cuerpo de origen, adquiriendo el magnetismo termorremanente a causa del núcleo en convección en su interior, pero tendrían una composición heterogénea. En tanto que la fracción olivínica sería proveniente del manto de un protoplaneta, la fracción metálica sería proveniente del núcleo de otro (ver Figura 14).



**Figura 14. Esquema simplificado de un tercer modelo que explica la formación de las pallasitas. A. Protoplaneta diferenciado: tiene un manto de olivinos sólidos (celestes), un núcleo metálico externo líquido y un núcleo metálico interno sólido. B. El cuerpo es impactado por otro cuerpo esencialmente metálico, ya cristalizado en un 80%, pero con una fracción externa metálica todavía en estado líquido. El manto es intensamente fracturado y el metal líquido del segundo cuerpo se introduce por las fracturas. Las pallasitas serían provenientes del manto fracturado e invadido por intrusiones metálicas provenientes del cuerpo impactante.**

Como se puede inferir, el tema de la formación de las pallasitas, después de casi dos siglos y medio de investigaciones, sigue siendo un tema de debate, así como lo sigue siendo el proceso de enfriamiento de los núcleos metálicos de cuerpos planetarios o asteroidales: si procedió desde el centro hacia la periferia o, inversamente, desde la periferia hacia el centro. Los modelos presentados, al mismo tiempo que proponen escenarios posibles, dejan también en evidencia el abanico de interrogantes que se abre a cada paso de la investigación.

A pesar de las discrepancias, al presente hay bastante consenso en pensar que las pallasitas, como Esquel, se formaron en el interior de un cuerpo asteroidal diferenciado, de un radio estimado de entre 100 y 200 km, en el que el núcleo habría comenzado a solidificarse a una temperatura un poco inferior a los 1.000°C, temperatura a la cual los olivinos ya estarían sólidos.

### Gemas y joyas que cayeron del cielo

El olivino, por su color, brillo, transparencia y dureza, es considerado una piedra preciosa, y al ser nombrado como gema, se lo designa con el nombre de peridoto, una piedra muy estimada desde la antigüedad y valorada a la par de rubíes o diamantes. Su particular color verde con reflejos dorados hizo que se la llame también crisolita, o "piedra dorada", si bien este término es -a veces- aplicado también, a un mineral distinto: el crisoberilo.

Los olivinos terrestres son raros, porque muy excepcionalmente se encuentran en la superficie de la corteza minerales procedentes del manto. Aun así, esta gema era ya conocida por los antiguos egipcios hace 3.500 años, y estimada como emblema de realeza por los faraones. Hoy sigue siendo una gema altamente apreciada, y, peridotos extraídos del meteorito Esquel, se facetan para producir piedras preciosas de excepcional calidad y valor gemológico (ver Figura 15).

### Por qué la dejamos ir

Nadie testimonió haber presenciado la caída del meteorito Esquel, y poco se sabe acerca del lugar exacto de su hallazgo. En un Boletín Meteorítico editado por la Comisión Permanente sobre Meteoritos del Congreso Geológico Internacional que tuvo lugar en febrero de 1964 en Moscú (entonces perteneciente a la Unión Soviética), el meteorito Esquel es mencionado en una lista de meteoritos argentinos. En este Boletín se referencia su hallazgo en algún lugar cercano a la localidad de Esquel (de la cual se brindan las coordenadas S42°54' W71°20') en una fecha "probablemente anterior a 1951", agregando que fue hallado enterrado, sin mencionar a qué profundidad. En el boletín se añade que el meteorito fue llevado más tarde a Buenos Aires y que para esa fecha, estaba

en posesión de "quien lo había hallado", sin agregar más datos. Este informe, que remite a una carta escrita por el geólogo argentino Dr. L. O. Giacomelli, con fecha 30 de septiembre de 1963, lo describe como "metálico-pétreo", definiéndolo como "pallasita", y le atribuye un peso estimado en 1.500 kg.

Se sabe, además, que en 1992 fue vendido a un coleccionista estadounidense, que lo sacó del país y que al presente sigue teniendo la masa principal en su poder, y que ofrece a la venta cortes y fragmentos, tanto para investigación como para joyería. Muchos de los principales museos del mundo los tienen en exhibición. Llama también la atención que, al tiempo de su salida del país, se habla de un peso total de 755 kg.

En esos años, ninguna ley argentina protegía estos invaluable especímenes, cuyo valor científico y estético está fuera de duda. Es así que el patrimonio meteorítico de nuestro país estuvo muy poco resguardado, a excepción de los meteoritos de la provincia de Chaco, que desde 1990 cuenta con la Ley 3.563 de protección de los meteoritos de ese territorio provincial.

Recién desde diciembre de 2007 está en vigencia la Ley Nacional 26.306 que establece que los meteoritos y demás cuerpos celestes que se encuentren o ingresen en el futuro al territorio argentino, su espacio aéreo y aguas jurisdiccionales, son considerados bienes culturales y por lo tanto se encuentran comprendidos dentro de la ley 25.197 que los declara bienes de carácter irremplazable y por ello, constitutivos del patrimonio cultural argentino.

La provincia de Río Negro en ese mismo año sancionó, en concordancia, la Ley 4.338, y declaró a los meteoritos y demás cuerpos celestes que se encuentren o ingresen en el futuro al territorio provincial, su espacio aéreo y aguas jurisdiccionales, como bienes del Patrimonio Cultural y Natural de la Provincia.

El complemento imprescindible de esta oportuna ley, es la conciencia de la comunidad sobre el valor de estos especímenes, y la necesidad de preservarlos como parte de nuestro patrimonio cultural, argentino y patagónico.



**Figura 15. Joyas confeccionadas con fragmentos de la pallasita Esquel, ofrecidas a la venta por internet.**

## Glosario

**Fusión nuclear de hidrógeno:** proceso por el cual dos o más núcleos atómicos se unen para formar núcleos más pesados. En el caso de nuestro sol, tres núcleos de hidrógeno se fusionan para formar un núcleo de helio con dos protones y un neutrón. Otra posible reacción tiene el efecto neto de fusionar cuatro núcleos de hidrógeno para formar un núcleo de helio con dos protones y dos neutrones. El proceso libera una enorme cantidad de energía radiante, en varias longitudes de onda.

**Isótopos estables y radiactivos. Período de semidesintegración:** los elementos, en sus núcleos, además de protones (partículas con masa y carga positiva) contienen también otras partículas con masa, pero sin carga, llamadas neutrones (a excepción del hidrógeno, que puede no contener neutrones). Hay elementos que, teniendo el mismo número de protones, tienen diferente cantidad de neutrones, y, por ende, diferente número de masa, o peso atómico. Éstos reciben el nombre de isótopos, porque ocupan el mismo lugar en la tabla periódica. Algunas combinaciones entre distintas cantidades de protones y neutrones son estables, como la de los núcleos de helio que se forman en el interior del Sol, y otras no. En este último caso, los núcleos tienden a dividirse espontáneamente liberando

energía para lograr una mayor estabilidad. Estos isótopos, llamados radiactivos, porque emiten distintos tipos de rayos, experimentarán un proceso de desintegración nuclear hasta transformarse en un isótopo estable del mismo elemento o de un elemento diferente. El tiempo necesario para que se desintegre la mitad de los núcleos de una cierta cantidad de un isótopo dado es lo que se denomina "período de semidesintegración". Éste abarca un rango extremadamente variable, desde unos pocos microsegundos hasta miles de millones de años.

**Nebulosa protosolar:** nube de gas y polvo en rotación a partir de la cual se forma el sistema solar. En su centro se genera un núcleo denso que crece concentrando la mayor parte de la masa, en tanto que la envoltura que lo rodea converge en el plano ecuatorial, rotando en su entorno y aplanándose hasta formar el disco circumestelar.

**Protoestrella:** embrión estelar que crece a partir del núcleo central denso de la nebulosa y evoluciona a través de distintas fases incrementando su masa, temperatura y densidad. Las distintas fases se caracterizan por la emisión de energía radiante en distintas longitudes de onda: luz visible, ultravioletas, infrarrojos, rayos X, etc., así como por la eyección de gases o fulguraciones, denominadas "vientos estelares".

## Resumen

La importancia de los meteoritos reside en que brindan una invaluable información sobre los procesos tempranos y la secuencia de eventos que condujeron a la formación del Sistema Solar. Algunos meteoritos ponen en evidencia las etapas que atravesaron algunos planetas y asteroides y que dieron lugar a la diferenciación gravitatoria que conformó su estructura interna en capas: núcleo, manto, y corteza. Las pallasitas, entre las cuales se encuentra el meteorito Esquel, son una clase especial de meteoritos formados por cristales propios del manto inmersos en metal propio del núcleo. Esos cristales son, además, piedras preciosas de gran valor gemológico.

## Para ampliar este tema

- Acevedo, R. D. (2019). *Los meteoritos: esos convidados de piedra*. Ushuaia, Argentina: Editora Cultural Tierra del Fuego.
- Boesenberg, J. S., Delaney, J. S., and Hewins, R. H. (2012). A petrological and chemical reexamination of Main Group pallasite formation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 89: 134-158.
- Sinkankas, J., Koivula, J. I., and Becker, G. (1992). Peridot as an Interplanetary Gemstone. *Gems & Gemology*: 43-51
- Varela, M. V. (2015). *Meteoritos. Restos rocosos del sistema solar primitivo*. Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini.
- Yang, J., Goldstein, J. I., and Scott, E. R. D. (2010). Main-group pallasites: Thermal history, relationship to IIIAB irons, and origin. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74(15): 4471-4492.

ALGA DIDYMO

# INVASIÓN EN EL PARQUE NACIONAL LOS GLACIARES

Didymo es una diatomea invasora de la que aún no se conocen métodos para su control. Se presenta su distribución en el Parque Nacional Los Glaciares, y se discute sobre su dispersión

**Belén Montes, Silvina Sturzenbaum, Victoria Barroso y Daniel Testoni**

El alga comúnmente conocida como didymo o moco de roca (*Didymosphenia geminata*), es un organismo unicelular perteneciente al grupo de las diatomeas (Bacillariophyceae) originaria del hemisferio Norte, que ha ampliado notablemente su rango de distribución en los últimos años. Es una especie invasora que presenta células libres en la columna de agua (ver Figura 1A) o fijas al sustrato a través de un pedúnculo o tallo mucilaginoso (ver Glosario) (ver Figura 1B). Es en este último estado cuando produce floraciones masivas de varios centímetros de espesor (ver Figura 2), que tapizan el fondo de los ambientes acuáticos alterando las condiciones biológicas y físicas.

Entre los impactos negativos de didymo se incluyen la reducción en la diversidad de especies de invertebrados

**Palabras clave:** *Didymosphenia geminata*, detección, invasiones biológicas, Parque Nacional Los Glaciares, Santa Cruz.

**Belén Montes**<sup>1</sup>

Dra. en Biología  
bmontes@apn.gob.ar

**Silvina Sturzenbaum**<sup>1</sup>

Lic. en Aprovechamiento de Recursos Naturales Renovables  
ssturzenbaum@apn.gob.ar

**Victoria Barroso**<sup>1</sup>

Téc. Universitario en Gestión Ambiental  
vbarroso@apn.gob.ar

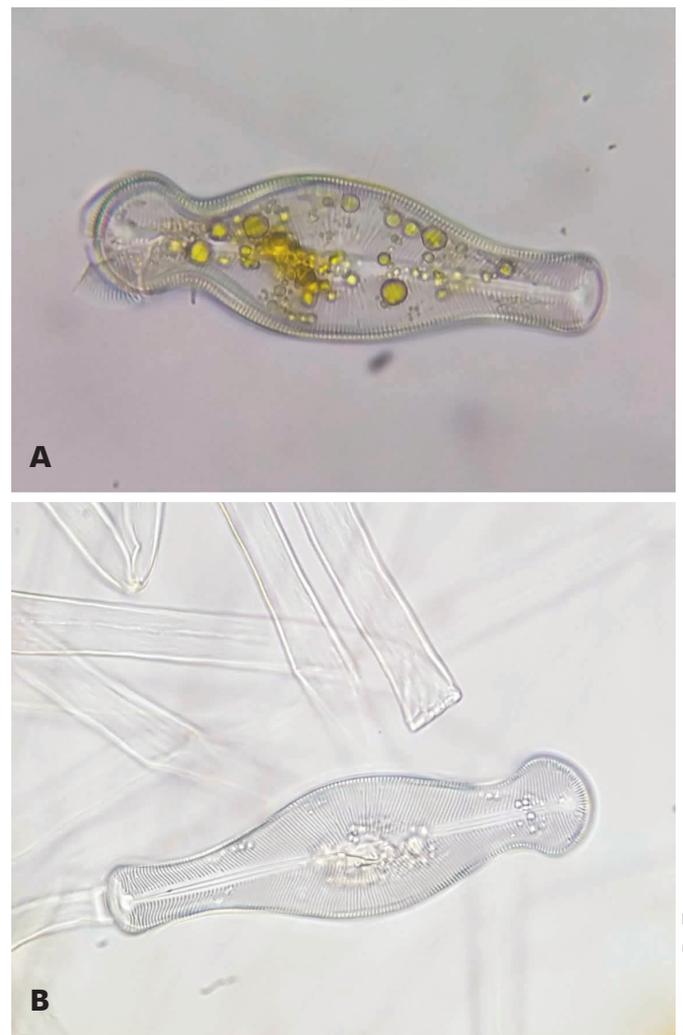
**Daniel Testoni**<sup>2</sup>

Lic. en Ciencias Biológicas  
dtestoni@apn.gob.ar

<sup>1</sup>Departamento de Conservación y Manejo, Parque Nacional Los Glaciares. Administración de Parques Nacionales (APN).

<sup>2</sup>Dirección Regional Patagonia Austral. Administración de Parques Nacionales (APN).

Recibido: 05/10/2020. Aceptado: 06/11/2020.



**Figura 1. Alga didymo. A. Individuo en la columna de agua (vista valvar). B. Individuo con pedicelo extracelular (vista valvar).**

bentónicos debido a la exclusión de otras diatomeas, la interferencia en los estadios de desarrollo de los peces, la reducción del oxígeno disuelto, la eliminación de musgos y macrofitas (ver Glosario) por la cobertura total de los sustratos, la persistencia de restos de tallos mucilaginosos que atrapan sedimentos, la declinación de las poblaciones de peces nativos debido a la reducción de fuentes de alimento y hábitats apropiados y la obstrucción de tuberías, reservorios y plantas

Imagen: D. Testoni.

Imagen: S. Sturzenbaum.



**Figura 2. Proliferación masiva (floración) del alga didymo en el Río Caterina, Parque Nacional Los Glaciares.**

hidroeléctricas. Sin embargo, en distintos lugares, del mundo se halló que la presencia de didymo provoca un aumento de la densidad total de algunos grupos de invertebrados (como los quironómidos y oligoquetos, ver Glosario) y la reducción en la abundancia de otros (como efemerópteros, plecópteros y tricópteros, ver Glosario). En estudios recientes en la cuenca del Río Limay (Neuquén), donde evaluaron cambios en la abundancia y distribución de macrocrustáceos, componentes clave en la trama trófica de ríos y arroyos, en sectores con y sin floraciones de didymo, no se hallaron efectos negativos en las poblaciones.

En la Argentina, la presencia de esta alga en forma de floración se registró por primera vez en el río Futaleufú (Chubut) en el contexto de un monitoreo provincial, y luego fue hallada en las provincias de Neuquén, Río Negro y Tierra del Fuego. En Santa Cruz, fue detectada en 2014 en el Río de las Vueltas en cercanías del Lago del Desierto, y en 2016 en cercanías de El Chaltén en jurisdicción del Parque Nacional Los Glaciares. En 2017 se registró en el río Los Antiguos en cercanías del lago Buenos Aires. En 2017 se elaboró el “Plan de acción por presencia de *Didymosphenia geminata* (didymo) en el Parque Nacional Los Glaciares” con el objetivo de evitar la propagación de esta especie y monitorear semestralmente la presencia/ausencia de esta alga invasora en los diferentes cuerpos de agua. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos hasta el momento, así como también un análisis del avance de la invasión en el área protegida y área de influencia y de sus potenciales agentes de dispersión<sup>1</sup>.

### Conociendo la invasión en el Parque Nacional

El Parque Nacional Los Glaciares protege un gran número de cuerpos y cursos de agua, que forman parte de la cuenca del Río Santa Cruz. Se establecieron 39 sitios de muestreo (ver Figura 3) que permitieron evaluar el avance de didymo en el interior del área protegida. En la temporada estival el parque recibe una gran cantidad

<sup>1</sup> Para más referencias se puede leer un artículo en el Número 23 de nuestra revista, Betancurt, R.R. Baffico, G. y Beamud, S. G. (2017). Alga Didymo. Una pequeña gran invasora. Desde la Patagonia, Difundiendo Saberes, 14(23): 28-34.

de visitantes, que realizan numerosas actividades que involucran distintos cuerpos y cursos de agua. Entre ellas, las náuticas, el *trekking*, las cabalgatas y la pesca deportiva son actividades que facilitan la dispersión. Además, en distintos sectores se evalúa el avance de especies exóticas invasoras, como el visón americano, el salmón Chinook y el ganado bagual, que en la bibliografía se mencionan como posibles vectores de dispersión.

Por lo anterior, se definieron distintos sitios de muestreo sobre las subcuencas del Río de las Vueltas: Río Blanco, Río Fitz Roy, Arroyo Chorrillo del Salto, Laguna Torre, Laguna Capri, y Laguna Polo; del Lago Viedma: Lago Viedma (sector Bahía Túnel) y Río Guanaco; del Brazo Norte del Lago Argentino: Río Caterina, Lago Anita, Laguna de la Pesca, Arroyo Frutillas y Arroyo de los Perros; y del Brazo Sur del Lago Argentino: Lago Roca, Lago Frías, Río Frías, Lago Argentino (sector Río Mitre, Bahía de los témpanos y Punta Bandera). Todos los ríos presentan caudal muy variable dependiendo de los deshielos y son, en general, poco transparentes por la gran concentración de sedimentos glaciares. Los lagos también fluctúan considerablemente en volumen durante el año.

La detección del alga en algunos de estos sitios desencadenará el establecimiento de nuevos sitios de monitoreo a futuro y permitirá tomar medidas de manejo para evitar su avance.

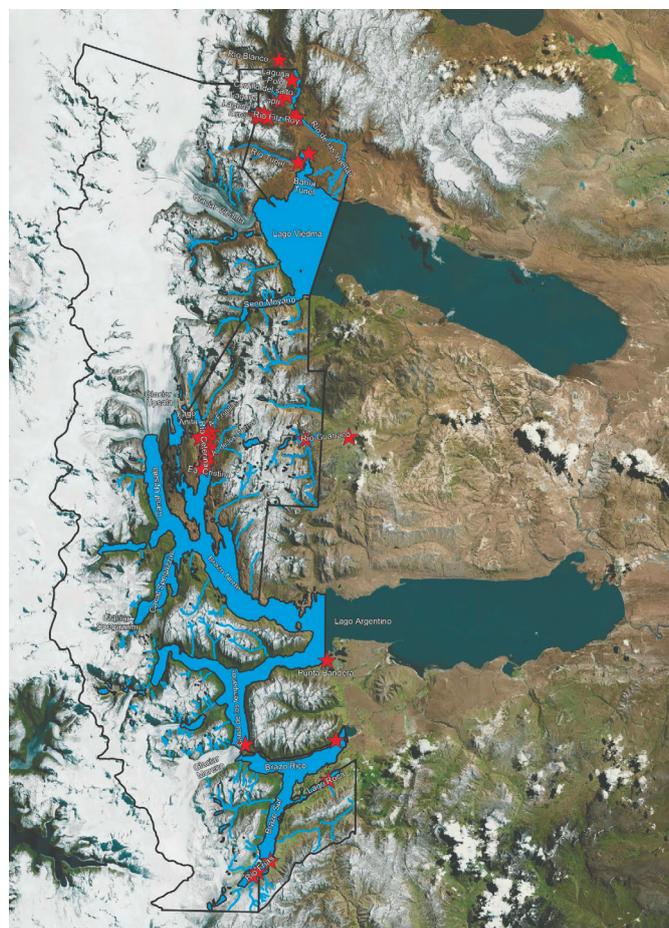


Imagen: D. Testoni.

**Figura 3. Sitios de muestreo de *Didymosphenia geminata* en el Parque Nacional Los Glaciares.**

## ¿Cómo sabemos si hay didymo en el Parque?

Entre noviembre de 2018 y enero de 2020, en cada uno de los sitios mencionados se tomaron muestras de agua y de perifiton (comunidad algal adherida al sustrato) en un recipiente con cierre hermético (ver Figura 4). Además, se incluyeron muestras extraídas de las superficies de las rocas del lecho. Las mismas se depositaron en el recipiente, raspando la superficie de los sustratos con un cepillo de cerdas duras. El volumen total de cada muestra es de 125 ml y la fijación se realizó con etanol 70%. Es importante evitar en todo momento la dispersión involuntaria de didymo hacia otros sectores al tomar las muestras. Por ello, se desinfectaron los elementos que entraron en contacto con el agua (botas de goma, cepillos, etc.) con solución de lavandina y se descartaron los guantes de látex al finalizar cada colección. Todas las muestras se analizaron bajo microscopio óptico para determinar la presencia de didymo.

## Mapa para el manejo de la invasión

Los resultados de los análisis fueron incorporados a un sistema de información geográfica (GIS) a fin de contar con una herramienta que permitiera agregar múltiples capas (principalmente de los agentes dispersores), para poder diseñar medidas apropiadas de manejo. Entre ellas, se incluyó la priorización de sectores para el control de especies exóticas invasoras (baguales, visón americano, etc.) y evaluación de actividades turístico-recreativas. Para el mapa inicial, se utilizó el programa QGis (versión 2.18.21) y capas obtenidas de Google Earth Pro, clasificando los cuerpos y cursos de agua como "con didymo", "sin didymo" y "sin muestreo". Esta última clase hace referencia a los sectores que *a priori* se consideran libres de didymo, pero que aún no se han definido como sitios de monitoreo y para los que no se cuenta con muestras para analizar.

## Evolución de la invasión

En el Parque Nacional se detectó la presencia de didymo en cuatro cursos de agua (Río de las Vueltas, Río Fitz Roy, Río Caterina y Arroyo de los Perros) y en la bahía



Imagen: S. Sturzenbaum.

**68** **Figura 4. Recolección de muestras para análisis de presencia del alga didymo en el Parque Nacional Los Glaciares.**

Cristina del Lago Argentino (ver Tabla 1, Figura 5). Dada la falta de conectividad entre los cursos de agua, puede considerarse que, al menos, existieron, dos eventos distintos de introducción del alga, uno en la zona norte del Parque (Río de las Vueltas) y otro en la zona centro (Río Caterina).

El primer evento data de 2014, cuando se detectó la primera floración de didymo en el tramo superior del Río de las Vueltas. Para 2016, su avance aguas abajo ocupaba prácticamente todo el lecho del río. Actualmente, se confirma la expansión hacia uno de sus tributarios: el río Fitz Roy. Dada la actividad intensiva de *trekking* en el sendero que acompaña al río Fitz Roy hasta la laguna Torre, se ubicaron 10 de las 39 estaciones fijas de muestreo con el fin de evaluar la posible dispersión del alga invasora a lo largo del tiempo. Hasta el momento sólo se detectó en su tramo inferior, sin registrarse floraciones y hallándose escasas células aisladas en la columna de agua.

En la zona centro del área protegida, solo se ha confirmado su presencia en torno a Estancia Cristina. El primer registro se obtuvo en noviembre de 2018, al

**Tabla 1. Resultados del muestreo realizado en los principales cuerpos y cursos de agua del Parque Nacional Los Glaciares.**

Zona	Sitio de muestreo	Didymo	Usos del sector
Norte	Laguna Caprí	No detectado	Trekking
	Pozones del Chorrillo	No detectado	Trekking
	Río Blanco	No detectado	Trekking
	Bahía Túnel	No detectado	Pesca
	Laguna Polo	No detectado	Trekking
	Río de las Vueltas	Detectado	Trekking / Pesca / Rafting
	Río Fitz Roy	Detectado	Servicios públicos / Trekking
Centro	Laguna Torre	No detectado	Trekking
	Arroyo Frutillas	No detectado	Trekking (áreas remotas)
	Lago Anita	No detectado	Pesca
	Laguna de la Pesca	No detectado	Cabalgatas / Trekking
	Río Caterina	Detectado	Pesca / Cabalgatas / Trekking
	Arroyo de los Perros	Detectado	Cabalgatas / Trekking
	Lago Argentino (Bahía Cristina)	Detectado	Náutica
	Río Guanaco	No detectado	Trekking / Pesca (no permitida)
Sur	Desembocadura Lago Frías	No detectado	Náutica / Trekking
	Cabecera Río Frías	No detectado	Trekking
	Laguna 3 de abril	No detectado	Cabalgatas / Trekking
	Lago Roca	No detectado	Cabalgatas / Trekking
	Lago Argentino (Río Mitre)	No detectado	Pesca
	Lago Argentino (Bahía témpanos)	No detectado	Náutica
	Lago Argentino (Punta Bandera)	No detectado	Náutica

detectarse una importante floración alrededor de un sector conocido como La Noria y se definieron 14 sitios de muestreo a fin de evaluar el avance de la invasión a lo largo del tiempo. Entre marzo y octubre de 2019 se documentó el avance de didymo 1,5 km aguas arriba aproximadamente, hallándose células aisladas y en baja abundancia en las muestras tomadas en el sector conocido como Piedra de la Ballena, importante área de pesca. En la costa del Lago Argentino, en torno a la desembocadura del Río Caterina, se observó una importante cantidad de células de didymo en las muestras, siendo el primer registro para este cuerpo de agua. Esto resulta preocupante dado el constante trayecto de las embarcaciones turísticas. Sin embargo, no se detectó su presencia en el puerto Punta Bandera ni en la zona de Bahía de los Témpanos.

### Didymo en el Río Santa Cruz

A mediados de 2019, se analizó una muestra de agua proveniente del Río Santa Cruz "bajada La Porteña" -sitio frecuente de pesca deportiva- colectada por alumnos y docentes de la Escuela Industrial N° 9 de El Calafate. La muestra resultó contener abundantes células de didymo, y posteriormente se registró una gran floración de esta alga invasora (Ver Figura 6). Este hallazgo representa un nuevo registro en su distribución, respecto a la revisión

realizada por Lamaro y colaboradores en 2019.

La cercanía de esta invasión al Parque Nacional Los Glaciares, sumada a la falta de medidas preventivas y de control de la pesca en los cuerpos y cursos de agua de la provincia, resulta extremadamente preocupante para la conservación del área protegida. En los ríos Santa Cruz, La Leona y Guanaco la presencia de los salmones Chinook (especie invasora de gran tamaño), hace muy atractiva la pesca deportiva, y año tras año se incrementa el número de pescadores en la zona. Por su fácil acceso, estos tres ríos son visitados en una o dos jornadas de pesca, sin desinfección de los equipos, resultando un gran problema de control y vigilancia para el sector de Río Guanaco del Parque Nacional, donde no está permitida la actividad y los pescadores ingresan de manera ilegal. Por ello, de no mediar acciones conjuntas con la Provincia de Santa Cruz, resulta inminente el avance de la invasión de didymo hacia otros sectores del Parque Nacional y áreas protegidas vecinas.

### Potenciales agentes dispersores de didymo en el Parque Nacional

Si bien las diatomeas son poco resistentes a la desecación, y en particular las algas de agua dulce presentan ciertas limitaciones en los agentes de dispersión, la presencia de grandes cantidades de pedúnculos le permitiría a didymo conservar humedad y, por lo tanto, favorecer la supervivencia de las células durante más tiempo y a lo largo de mayores distancias. En el área protegida, la dispersión podría producirse por las diversas causas que analizaremos a continuación.

### Actividades asociadas al uso público.

Una de las principales actividades que puede llevar a la dispersión de didymo es la pesca deportiva. Resulta altamente preocupante la presencia de didymo y la enorme floración detectada en el Río Santa Cruz, en el sector conocido como La Porteña, sitio frecuente de pesca que se encuentra muy próximo al Lago Argentino. Debido a que las áreas de pesca provinciales no cuentan con estaciones de bioseguridad, ni cartelería que indique su presencia ni métodos apropiados de desinfección de los equipos, es de esperar que en un corto plazo se disemine el alga a sectores cercanos al área protegida. La actividad de *trekking* también puede favorecer la dispersión de didymo hacia cuerpos de agua lejanos, sobre todo a aquellos asociados a los senderos de la zona norte del Parque Nacional, considerando la presencia de esta alga en los ríos De Las Vueltas y Fitz Roy, que se encuentran prácticamente en la cabecera de la red troncal de sendas. Asimismo, las travesías de largo recorrido asociadas a la zona centro del Parque, teniendo en cuenta la extensa invasión de didymo sobre el río Caterina, representan un riesgo de dispersión hacia los cuerpos y cursos de agua del sector de la Seccional Río Guanaco y Río Norte en la travesía hacia

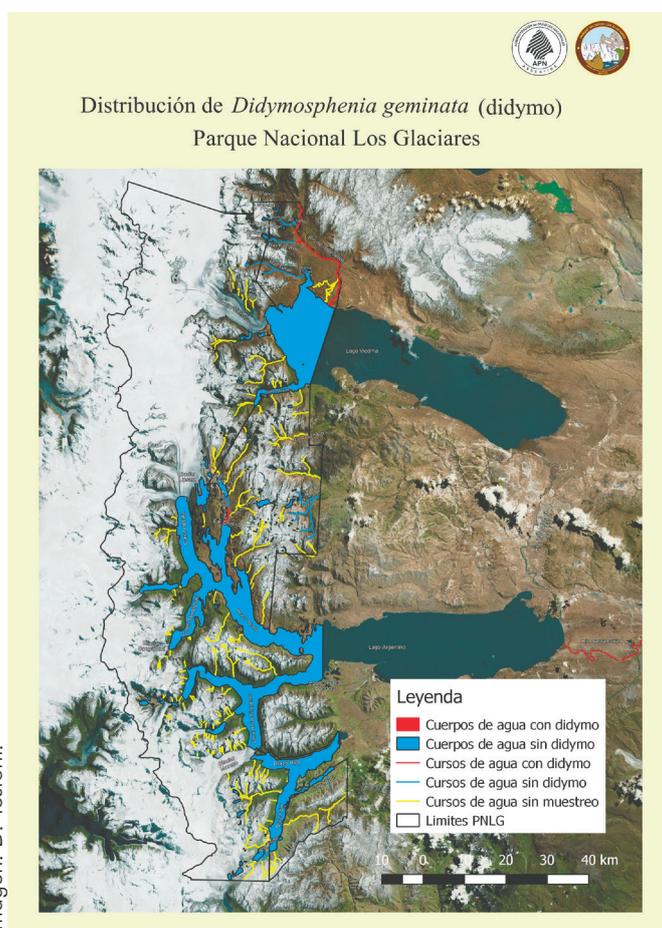


Imagen: D. Testoni.

**Figura 5. Mapa de distribución del alga didymo en el Parque Nacional Los Glaciares.**

**Figura 6. Invasión de alga didymo en el Río Santa Cruz, sector "bajada La Porteña".**



Imagen: M. Cortijo

la Seccional Moyano. Las cabalgatas, sobre todo en la zona de Estancia Cristina, pueden dispersar didymo en múltiples cuerpos de agua. La zona de vadeo de este río es donde se encontró la mayor floración del alga y las cabalgatas recorren la ladera del cordón Feruglio, donde hay numerosas lagunas y arroyos menores. Las actividades náuticas pueden ser vectores de didymo en el Lago Argentino, sobre todo considerando la presencia del alga en la desembocadura del río Caterina y costa del lago, muy cercano al muelle de Estancia Cristina. Sin embargo, aún no se ha detectado la invasión en el muelle del Puerto Punta Bandera, sitio desde donde parten las excursiones hacia Estancia Cristina y otros sectores del Parque.

### Actividades asociadas a la investigación

Es frecuente la realización de investigaciones en todas las zonas del Parque Nacional. Estas abarcan múltiples áreas temáticas, muchas de ellas muy alejadas de la biología, y posiblemente algunos investigadores desconozcan la problemática que nos ocupa. Actualmente, los permisos para la realización de actividades de investigación cuentan con información sobre esta situación, y las seccionales de guardaparques están provistas de estaciones de bioseguridad. Sin embargo, se ha notado que, en los casos alejados de las seccionales, y donde hay que vadear varios cursos de agua, es difícil lograr una efectiva desinfección de las botas, los waders y otros elementos que entran en contacto con el agua, elementos donde se ha comprobado la fácil adherencia de las células de didymo. Además, en zona norte se lleva adelante un proyecto a largo plazo de control de visón americano en el Río de las Vueltas, donde intervienen distintas instituciones. Para evitar la dispersión del alga, se incluyó en el plan de control de visón un protocolo de desinfección tanto para el equipamiento de trabajo como para las trampas de captura. Sin embargo, dada la dinámica del proyecto (revisión de trampas y búsqueda de visones en distintos cuerpos de agua) y el recambio de personas que trabajan en él (voluntarios, técnicos, guardaparques), resulta preocupante la dispersión involuntaria de didymo.

### Agentes naturales

Distintos estudios han comprobado la dispersión de didymo por la fauna nativa e introducida. En este contexto, el control de especies exóticas contribuye a disminuir la posibilidad de dispersión del alga invasora. Entre las especies no nativas de mayor distribución en el Parque Nacional, el salmón Chinook es la más preocupante. Remonta el Río Santa Cruz y desova en los ríos Caterina y de las Vueltas, -tres ríos donde está comprobada la presencia de didymo-. Los avances de los salmones sobre los afluentes de ríos pueden representar una fuente de dispersión. Esto se debe a que estos salmones, al alcanzar la madurez sexual en el mar, retornan al mismo río donde se originó su vida, para reproducirse. Las parejas con sus cuerpos lacerados y totalmente agotados permanecen unos días en los lugares de puesta y, en último esfuerzo, protegen sus huevos hasta su muerte. Investigadores de Chile hallaron que, en esta etapa, la capa de mucus de sus escamas se reduce, lo que los hace más propensos a enfermedades y hongos, favoreciendo el carry over de diatomeas en su cuerpo. En esta migración, estos salmónidos podrían portar células viables de didymo, tanto en aletas como en la superficie de su cuerpo, pudiendo ser agentes dispersores para un posterior asentamiento del alga en lugares donde antes no se encontraba.

Un caso similar puede darse con el visón americano que, como mencionamos, está presente en el tramo superior del Río de las Vueltas, donde hay mayor concentración de didymo. Recientemente se ha comprobado la eficacia del visón como agente de dispersión en Chile. Su avance sobre los tributarios del Río de las Vueltas podría conllevar a la propagación del alga. El ganado bagual, sobre todo en torno al Río Caterina-, puede ser uno de los agentes dispersores más efectivos de didymo hacia los numerosos cuerpos y cursos de agua de la zona centro. Cruzan el río Caterina y suelen refugiarse bajo los ñires de las lagunas menores del cordón Feruglio, pudiendo trasladar propágulos de didymo en el pelaje. Dada la magnitud de la invasión de ambas especies, de no lograrse el control de los

baguales, es esperable que a corto plazo todos los cuerpos de agua de la zona presenten didymo.

### **Prevención: cartelería y estaciones de bioseguridad**

En casi todos los sectores donde se desarrollan actividades de pesca se encuentran carteles informando el estado del cuerpo de agua en cuanto a presencia / ausencia de didymo. Asimismo, el Parque cuenta con cinco estaciones de bioseguridad para realizar la limpieza del equipo menor (botas de vadeo, cañas, anzuelos, moscas, trajes, etc.) en proximidades de los cuerpos de agua habilitados para la pesca y otras actividades recreativas. Las mismas se encuentran ubicadas en la seccional Lago Roca y el camping organizado Lago Roca (zona sur); Estancia Cristina (casco de la estancia) y Piedra de la Ballena (zona centro) y Bahía Túnel (zona norte). De esta manera se pretende reforzar la prevención y detener la expansión de la invasión de didymo en el área protegida.

### **Agradecimientos**

Este trabajo fue posible gracias a la calidad de las muestras colectadas por los guardaparques y técnicos de cada zona del Parque Nacional. Agradecemos a Evangelina Vettese (Dirección de Políticas Ambientales, Municipalidad de El Chaltén) por la muestra enviada de la zona del Centro de Acopio y Redistribución de Residuos Inorgánicos (CARRI, El Chaltén) y a los profesores Gisela Sturlese y Matías Cortijo (Escuela Industrial Nº 9 de El Calafate) por aportarnos la muestra del Río Santa Cruz y por su compromiso con el ambiente. Agradecemos también al Dr. Leonardo Buria (Dirección Regional Patagonia Norte - APN) por los constantes aportes durante los trabajos realizados. Por último, agradecemos a los editores de la revista y a los dos evaluadores anónimos por todos los aportes que, sin duda, han enriquecido este trabajo.

## **Resumen**

El alga didymo fue declarada "Especie Exótica Invasora" para la Argentina. En Santa Cruz, se detectó en 2014 en el Río de las Vueltas en cercanías del Lago del Desierto y, en 2016, dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Los Glaciares. Para evaluar su distribución y avance, se establecieron 39 estaciones fijas de muestreo de perifiton en distintas subcuencas del Río Santa Cruz, que semestralmente se analizan bajo microscopio óptico. Actualmente, su expansión afecta a dos subcuencas muy importantes y a un sector de la costa del Lago Argentino. Se discute sobre los agentes de dispersión hacia otros cuerpos y cursos de agua.

## **Glosario**

**Efemerópteros:** insectos acuáticos comúnmente co-nocidos como efímeras. Forman parte de las cadenas alimenticias en ríos y arroyos y son elementos importantes en la transferencia de energía dentro del sistema acuático.

**Macrófitas:** plantas acuáticas visibles a simple vista. También se les da este nombre a aquellas plantas que pueden vivir en terrenos inundados durante toda su vida o encharcadas durante largos períodos de tiempo.

**Oligoquetos:** grupo de invertebrados conocido comúnmente como lombrices cuyo cuerpo es visiblemente segmentado.

**Pedúnculo:** estructura extracelular que permite a la célula de *Didymo* sujetarse al sustrato.

**Plecópteros:** insectos comúnmente llamados moscas de las piedras, con ninfas muy importantes en las cadenas tróficas de los ambientes acuáticos.

**Quironómidos:** insectos llamados comúnmente mosquitos no picadores. Miden hasta 10 mm de longitud, con patas largas y delgadas y alas angostas. Se parecen a los mosquitos, pero carecen de la larga probóscide y las escamas en las alas.

**Tricópteros:** insectos cuyas alas están cubiertas de pelos en lugar de escamas, y de allí su nombre. Las larvas son acuáticas y construyen refugios fijados al sustrato o móviles, dependiendo de la especie.

## **Para ampliar este tema**

Bus Leone, P. R. (2013). Visión (*Neovison vison*) como posible vector de transmisión del alga invasora *Didymosphenia geminata*. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. 78 pp. [Disponible en Internet].

Draheim, R. C. (2009). Pest Risk Assessment for Rock Snot (*Didymo*) in Oregon. Center for Lakes and Reservoirs. Portland State University.

Kilroy, C. (2004). A new alien diatom, *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt: its biology, distribution, effects and potential risks for New Zealand fresh waters. Prepared for Environment Southland. NIWA Client report CHC2004-128.

Lamaro, A. A., Pisonero, J., Uyua, N., Sastre, V., Santinelli, N., Muñoz Saavedra, J. y Sala, S. E. (2019). Distribución de la diatomea invasora *Didymosphenia geminata* (Bacillariophyceae) en cuerpos de agua patagónicos de Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 54(2): 169-183.

Sastre, V. (2010). Informe sobre la presencia de *Didymosphenia geminata* en ambientes cordilleranos. Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de la Provincia de Chubut.

## PROPIEDADES ANTIVIRALES DE LAS PLANTAS Y COVID-19

**LOS CANDIDATOS: AJO Y CEBOLLA**

El potencial medicinal de plantas comunes podría ayudar a reducir el contagio y la gravedad de las infecciones por SARS-CoV-2

**Betina Cardoso**

Los virus son organismos infecciosos diminutos e imperceptibles a simple vista, y que solo pueden observarse en microscopios especiales. Aunque estén compuestos por moléculas que se encuentran en los organismos vivos, no lo son. Los virus sólo necesitan invadir células para replicarse y diseminarse, y de esa manera generar más y más virus. Se unen a una célula llamada huésped u hospedadora. Esta unión se produce a través de receptores que se encuentran de los dos lados, unos en el virus y otros en la célula huésped, y de esta manera penetra, es decir, infecta a la célula y por lo tanto al organismo vivo constituido por esas células. El virus utiliza los compuestos que se encuentran dentro de la célula para replicarse o reproducirse y, en general, la célula infectada muere. En este proceso, por cada célula infectada pueden liberarse numerosos virus que se encargarán de infectar otras células vecinas.

Los coronavirus pertenecen a un grupo que pueden causar enfermedades tanto en animales como en humanos. En humanos, causan infecciones respiratorias que pueden ir desde el resfriado común hasta enfermedades más graves como el Síndrome Respiratorio de Oriente Medio (MERS) o el Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS, por sus siglas en inglés). El nuevo coronavirus SARS-CoV-2 causa la enfermedad COVID-19 (ver Glosario), que se ha diseminado por todo el mundo y ha provocado la pandemia que estamos viviendo en el año 2020.

**Palabras clave:** coronavirus, garganta, infección, plantas comestibles medicinales.

**Betina Cardoso**<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC, CONICET-UNCo).

Recibido: 05/10/2020. Aceptado: 06/11/2020.

Hace pocos meses, un artículo científico informó sobre los lugares específicos del cuerpo humano que muestran una replicación muy activa del SARS-CoV-2: la garganta y el tracto respiratorio superior. Esto ocurre en el estadio temprano de infección y cuando los síntomas aún son leves. Por lo tanto, es común su transmisión por el esputo, es decir, por secreciones procedentes de la nariz, la garganta o los bronquios. Este lugar principal de infección sugiere que, posiblemente, las plantas y alimentos que *in-vitro* han mostrado efectos prometedores contra los virus, incluidos los coronavirus, podrían ayudar a retardar su propagación en el cuerpo humano y/o aliviar de manera parcial los síntomas de la COVID-19.

La presente revisión comprende varios trabajos científicos que han demostrado el efecto positivo de ciertas plantas contra las infecciones virales, y también sobre fenómenos relevantes en la infección celular y la replicación del virus SARS-CoV-2. Resulta interesante prestar atención al impacto de las especies vegetales medicinales, con el fin de explorar diferentes alternativas que puedan ayudar a retardar la propagación y aliviar los síntomas de la COVID-19. En particular, se distinguen



las interacciones entre el virus y la célula hospedadora en el cuerpo humano, a través de proteínas clave donde los compuestos vegetales podrían interferir.

### El origen de algunas medicinas

Existen ejemplos de compuestos naturales altamente eficaces para erradicar enfermedades contagiosas, como ha sido la hidroxiclороquina en el caso del paludismo (ver Glosario), enfermedad causada por el parásito *Plasmodium falciparum*. La mayor parte de los casos de esta enfermedad se concentra en África. El descubrimiento de la cloroquina, precursora de la hidroxiclороquina, se remonta a un grupo indígena de América del Sur, que extrajo la corteza de la planta cinchona o árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L., Rubiaceae) para combatir la fiebre en el siglo XVII. En 1820 se aisló el componente activo, la quinina, que fue el primer componente antipalúdico humano. Para eliminar sus efectos tóxicos, se produjo el análogo: la cloroquina como principal compuesto para combatir dicha enfermedad. La resistencia del parásito a la cloroquina llevó a la búsqueda de otros antipalúdicos. Sin embargo, esta era la opción menos costosa. Entonces se estudiaron otros compuestos antipalúdicos derivados de la artemisinina, descubiertos en el ajeno silvestre (*Artemisia annua* L., Asteraceae). Actualmente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) fomenta su cultivo considerando sus variabilidades, extracción y análisis a través de documentos disponibles en el sitio web de la OMS, desde el cual también se pueden descargar los protocolos.

### Los remedios cotidianos

Es relevante la propuesta de estudiar productos naturales comestibles y accesibles para toda la población mundial, como ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*) y diferentes hierbas. Desde hace mucho tiempo se vienen estudiando las sustancias presentes en los alimentos vegetales y su acción como estimulantes inmunitarios y efectos protectores contra una serie de enfermedades, inclusive aquellas que son crónicas. Esto lleva a un consenso en el ámbito de la salud pública para recomendar una dieta con presencia de alimentos de origen vegetal y un mínimo de 400g por día de verduras y frutas (excluyendo raíces almidonadas) como lo recomienda la OMS.

Es muy larga la lista de plantas comestibles con propiedades antibacterianas y antivirales efectivas -amparadas por productos naturales y medicamentos aprobados- que se han estudiado y encontrado en diferentes grados: ajo, té verde, menta, tomillo, melisa, cúrcuma, clavo, sauco, cebolla, salvia, equinácea, jengibre, entre otros. La mayoría de los trabajos científicos publicados sobre uso directo de plantas y alimentos medicinales han sido realizados *in-vitro*, es decir que el proceso de experimentación ocurre en condiciones

de laboratorio. Sin embargo, los hallazgos recientes sobre los sitios del cuerpo donde los coronavirus se replican durante los períodos contagiosos, abren una gran esperanza para el uso de plantas comunes, dados sus posibles efectos en la prevención y control de los contagios en la pandemia 2019. Se ha documentado en varias investigaciones científicas el potente efecto del ajo en la lucha contra las bacterias de diferentes tipos, incluidas las cepas resistentes a los antibióticos. En este sentido, un reciente estudio encontró resultados prometedores en los compuestos que conforman el aceite de ajo contra la actividad del SARS-CoV-2 (se explica con más detalle en las siguientes secciones).

### La química de la infección

Los experimentos *in-vivo* (aquellos en los que el proceso de experimentación ocurre dentro de un organismo vivo) representan una oportunidad muy importante para estudiar el avance en la infección del nuevo coronavirus en la garganta, la nariz y las vías respiratorias superiores (como sitios clave de replicación en los primeros días de los síntomas). En estudios recientes, se encontró que la molécula receptora para la entrada de SARS-CoV-2 en células humanas, está relacionada con la Enzima Convertidora de Angiotensina 2 (ACE2 por su sigla en inglés) (Ver glosario), como también ocurre para otros coronavirus. Así, afectar esta enzima influiría en la entrada del virus como también propusieron otras investigaciones, en las cuales encontraron que las especies vegetales como asafétida (*Ferula foetida* Regel., Apiaceae) y la planta de regaliz (*Glycyrrhiza glabra* L., Fabaceae) mostraron actividad antiviral contra el nuevo coronavirus. Estas dos especies de plantas han presentado 30 compuestos que fueron capaces de unirse al receptor ACE2 en la región de unión de la proteína externa con el SARS-CoV-2. Además, en otro artículo científico de reciente publicación, se identificaron 18 sustancias activas en el aceite esencial del ajo, como se mencionó en la sección anterior. Mediante técnicas específicas para observar cambios moleculares, los autores mostraron una fuerte inhibición de la ACE2 por compuestos orgánicos de azufre que se encuentran en el ajo, y que representan más del 99% de este aceite esencial.

Existen hallazgos interesantes que abren el camino a líneas de investigación relacionadas con el proceso de infección de células humanas por SARS-CoV-2. Algunos estudios han descubierto que una enzima que controla la replicación del virus SARS-CoV (anterior al coronavirus 2019), la llamada 3C-like protease (3CLpro), también se encuentra en el SARS-CoV-2. Esto significa que afectar a esta enzima podría disminuir la replicación del SARS-CoV-2. En este sentido, ya se han realizado estudios para conocer el mecanismo de inhibición contra la enzima 3CLpro, y mediante tecnologías combinadas para el análisis de moléculas, se han podido predecir

varios compuestos fitoquímicos (compuestos que se encuentran en las plantas) que influirían sobre esta enzima e inhibirían la replicación del virus, como el compuesto quercetina y sus derivados. Este compuesto ha sido estudiado como un posible agente antiviral para diferentes tipos de virus y es un componente que se encuentra en muchas plantas comestibles de uso frecuente, con una alta concentración en las cebollas que consumimos a diario en la mayoría de los hogares. La relación de estas investigaciones, más la gran evidencia sobre las propiedades antimicrobianas y antivirales de ciertas plantas y alimentos, sugiere dar un paso más para probar nuevos tratamientos para las infecciones por SARS-CoV-2 y otros coronavirus, así como también avanzar en los estudios de otros virus endémicos o pandémicos.

Entonces, los materiales vegetales candidatos que podrían ser utilizados para realizar experimentos *in-vivo*, son principalmente de especies medicinales y condimenticias comunes, que se consumen cotidianamente y que, en general, no presentan efectos adversos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que todos los medicamentos sintéticos o naturales, poseen efectos adversos. Si la muestra de pacientes se eligiera entre aquellos infectados, pero con síntomas leves, podría lograrse la aprobación experimental *in-vivo* por parte de las autoridades sanitarias.

El uso de extractos vegetales o incluso material vegetal de aplicación directa, ha demostrado alta efectividad contra los virus responsables de diversas enfermedades como el sida, la fiebre chikungunya, el zika, el dengue, el ébola y el herpes, entre otros.

Las plantas evolucionaron con los virus y se han enfrentado a sus mutaciones durante millones de años, por lo que es razonable pensar que la sinergia de diferentes compuestos podría ser responsable de la efectividad sobre un amplio espectro de virus y sus mutaciones. Las plantas generan sustancias químicas que actúan como defensores de sus infecciones, por ejemplo, los metabolitos secundarios. En determinados casos, hay sustancias que actúan de forma sinérgica, es decir, que juntas generan un mejor efecto, y se ha comprobado que, en experimentos con muestras vegetales *in-vitro*, esta sinergia alcanzar un efecto mayor que los compuestos aislados.

### La ciencia y la salud pública

La última pandemia (2002-2003) -considerada la primera del siglo XXI- fue el Síndrome Agudo Respiratorio Severo (SARS) causado por el coronavirus SARS-CoV, originado en China. Los únicos medios disponibles para atenuar esta pandemia y para su control fueron las medidas de salud pública, principalmente a través del aislamiento y la atención en los hospitales. Cuando se habla de la salud pública, se entiende que es la

responsabilidad que posee el Estado, junto con la ciudadanía para llevar adelante una administración con políticas integrales que protejan la salud de todas y todos como un derecho básico y esencial. En la actual pandemia se ha hecho evidente que las medidas de control más eficientes han sido también la responsabilidad individual y colectiva -a través del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO)- disminuyendo la tasa de contagio e impidiendo la propagación masiva y veloz de la enfermedad a nivel nacional y local. Por el contrario, el contacto social y el aumento en los contagios, genera mayor peligro para la población de riesgo, la incertidumbre y agotamiento de los trabajadores de la salud y el colapso de los sistemas sanitarios.

Existen pocas herramientas que puedan probar las capacidades para combatir los coronavirus cuando infectan a los seres humanos. Esto dificulta abordar con mayor rapidez y eficacia las posibles soluciones en un brote zoonótico (ver Glosario) como el que estamos viviendo actualmente. La población mundial está muy afectada, no solo por las infecciones y contagios que avanzan cada día sin dar tregua, sino también por el cambio en los modos de vida en detrimento de la economía familiar, la cual se encuentra gravemente afectada en muchos hogares en el mundo.

Es importante saber que los nuevos desafíos necesitan ser revisados, de manera de construir alianzas nacionales e internacionales para coordinar esfuerzos en estas líneas de investigación. Los organismos de ciencia y tecnología del país han desarrollado trabajo en conjunto con los organismos nacionales de salud, mediante la generación de programas de financiamiento para atenuar el avance de la pandemia y amortiguar la posibilidad de colapso del sistema sanitario. Se ha avanzado en diferentes puntos como el desarrollo de kits de detección de SARS-CoV-2, la construcción de hospitales de campaña para la internación y cuidado de pacientes graves y nuevas líneas de investigación para desarrollar vacunas y tratamientos para mitigar los síntomas de las personas más afectadas. No obstante, de los tratamientos que se han dado a conocer, poco se ha profundizado sobre las posibilidades terapéuticas basadas en el uso de plantas, a pesar de la necesidad de generar alternativas urgentes para hacer frente a esta pandemia.

Sería interesante, que los desarrollos terapéuticos de nuevas investigaciones pudieran reconocer las décadas de estudios *in-vitro* e *in-vivo* que confirman una parte importante de los efectos antivirales presentes en las plantas. En numerosos casos y para diversos tipos de medicamentos actuales en la cultura occidental, se ha documentado la relevancia de los conocimientos tradicionales de pueblos indígenas, como criterio principal para la selección de agentes iniciales, es decir,

moléculas o compuestos que pueden ser el inicio a un futuro medicamento. Los fitoquímicos proporcionan un valioso recurso de compuestos químicos que pueden presentar propiedades antivirales con potencial terapéutico.

Es importante enfatizar el conocimiento adquirido hasta el momento sobre los compuestos presentes en las plantas, que podrían ser capaces de mostrar efectos antivirales *in-vivo* contra el SARS-CoV-2. Dado que un gran porcentaje de pacientes infectados tienen síntomas leves o no los muestran en absoluto, se podrían recomendar ciertos alimentos de origen vegetal estudiados y con indicaciones para cada paciente. Estas recomendaciones, podrían generar un impacto positivo, teniendo en cuenta que las únicas medidas efectivas son el ASPO, y ahora el Distanciamiento Social Preventivo y Obligatorio (DISPO), con confinamientos estrictos y respetando el distanciamiento social respectivamente. Las consecuencias de esta pandemia son devastadoras sobre los modos de vida de las personas. Se necesitan tratamientos alternativos mientras se aborda la pandemia de manera global a través de la búsqueda de una vacuna, y es necesario trabajar para disminuir los contagios y paliar los síntomas en las personas infectadas. En este sentido y a pesar de la evidencia científica y los avances en vacunas, es necesario respetar las medidas de ASPO y DISPO. También es muy importante mantener la higiene de manos, el empleo de máscaras faciales y tapabocas, la comunicación con el médico en caso de síntomas como la fiebre alta y la pérdida del olfato, debido a que son las únicas medidas efectivas para disminuir la transmisión de SARS-CoV-2. Además, es importante resaltar que los pacientes que presentan síntomas no deben automedicarse, y tampoco recurrir a terapias alternativas que no poseen sustento científico adecuado y por lo tanto no han sido recomendados.

Por último, sería interesante pensar en las líneas de investigación aquí propuestas para enfrentar posibles brotes estacionales y/o mutaciones virales, para este nuevo coronavirus y para otros coronavirus con potencial pandémico. A pesar de que las pandemias

ya han sido provocadas en décadas anteriores por otros coronavirus y, aunque se han realizado una gran cantidad de estudios sobre ellos, es difícil controlar las nuevas cepas de virus como es, en este caso, el SARS-CoV-2, similar al SARS-CoV. Estos hechos nos invitan a reflexionar sobre temas importantes para la agenda científica: ¿hacia dónde dirigimos nuestros esfuerzos de investigación y cuántas pandemias y crisis económicas debemos sobrevivir, hasta que podamos considerar el potencial y la eficacia de las plantas para la salud?

### Glosario

#### **Enzima Convertidora de Angiotensina 2:**

receptor que permite la entrada del coronavirus SARS-CoV-2 en las células humanas.

**COVID-19:** enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2 descubierto recientemente. Aun cuando los coronavirus son conocidos hace mucho tiempo, tanto este nuevo virus como la enfermedad que provoca eran desconocidos antes de que estallara el brote en Wuhan (China), en diciembre de 2019.

**Paludismo:** enfermedad (también conocida como malaria) que puede ser mortal y causada por parásitos que se transmiten al ser humano, por la picadura de mosquitos hembra, infectados del género *Anopheles*. Se trata de una enfermedad prevenible y curable.

**Brote zoonótico:** aumento repentino de infecciones de una enfermedad transmitida por un animales.

## Resumen

Es necesario recurrir a herramientas inmediatas para ayudar a los pacientes y prevenir la difusión viral de la neumonía causada por el coronavirus SARS-CoV-2. Artículos recientes han informado que la infección por el SARS-CoV-2 muestra una replicación activa en la garganta y el tracto respiratorio superior, cuando los síntomas aún son leves. Se han reunido investigaciones científicas que demuestran el potencial antiviral de plantas comunes, a través de experimentos *in-vitro* e *in-vivo*, que podrían considerarse para aliviar los síntomas de la COVID-19 y prevenir la propagación del contagio.

## Para ampliar este tema

Mugas, ML. (2018). *Búsqueda de agentes antivirales a partir de plantas bioactivas argentinas: evaluación de antraquinonas naturales y semisintéticas*. Tesis de doctorado en Ciencias Químicas. Departamento de Ciencias Farmacéuticas, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Kouznetsov, VV., Amado Torres, DF. (2009). Antimaláricos: construcción de híbridos moleculares de la cloroquina. *Universitas Scientiarum*, 13(3): 306-20.

Organización Mundial de la Salud, Alimentación Sana. (2018). En: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

Este artículo cuenta con el respaldo de más de 30 citas de publicaciones científicas.

## En las librerías

### Alimentos fermentados: microbiología, nutrición, salud y cultura

Editores:  
Alejandro Ferrari  
Gabriel Vinderola  
Ricardo Weill



### Alimento fermentados. Microbiología, nutrición, salud y cultura.

**Alejandro Ferrari, Gabriel Vinderola, Ricardo Weill editores. 1era ed. 2020. Instituto Danone del Cono Sur.**

ISBN 978-987-25312-2-5 versión digital

Organismos invisibles que son capaces de fermentar múltiples matrices para alimentarnos: leche, carnes, vegetales, cereales, hortalizas, frutas, harinas. Algunos muy conocidos pero la gran mayoría ignorados. Este libro presente una detallada y actualizada reseña de los alimentos fermentados y nos muestra que la elección de nuestros alimentos es protagonista en nuestra salud. Disponible en formato digital en [http://www.fiq.unl.edu.ar/media/docs/institucional/Publicaciones/Alimentos\\_Fermentados\\_web.pdf](http://www.fiq.unl.edu.ar/media/docs/institucional/Publicaciones/Alimentos_Fermentados_web.pdf)

### Picaflores en Argentina y Sudamérica: historia natural y biodiversidad.

**Hernán Emilio Povedano, Fernando Gabriel Maugeri. Editado por Hernán Emilio Povedano, 1era ed. 2020.**

ISBN 978-987-86-4480-6

Los autores claramente comparten la pasión por la vida natural y en particular por las aves. Esta guía de picaflores, seguramente la mas completa en Argentina y Sudamérica, cuenta con fotografías de excelente calidad de diversos fotógrafos naturalistas y un estudio completo de la morfología, hábitos, reproducción y distribución de estas fascinantes aves. Además de la rigurosidad científica, prima la belleza reflejada en cada una de las fotos de las especies estudiadas.



### Mensajes al poblador rural, más de 70 años en el aire de la Patagonia.

**Fotografías de Jorge Ariel Piccini. BEX. Primera ed., 2020.**

ISBN 978-987-86-0098-7-Fotografía. CDD 779

En este libro queda plasmado el rol en la red comunicacional de Patagonia, del espacio radial "Mensajero al Poblador Rural". Las imágenes de Piccini reflejan más de 70 años de los vínculos entre la ciudad y el campo. Cada una de las fotos tiene una textura netamente patagónica y los mensajes evidencian un ritmo propio de la Patagonia rural.

### Viento de abajo: Relatos de la Patagonia.

**Albertina Rahm. Editado por la autora, 1era ed., 2020.**

ISBN 978-987-86-5917-6

El viento de abajo trae la nieve, así como Albertina Rahm trae memorias de un Bariloche rural en un pasado no tan lejano. En cada relato, la autora, va rescatando oficios perdidos en el olvido y lo más importante, dota de completa humanidad a cada uno de los protagonistas forjados en esta tierra hostil y generosa.

