

## 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.

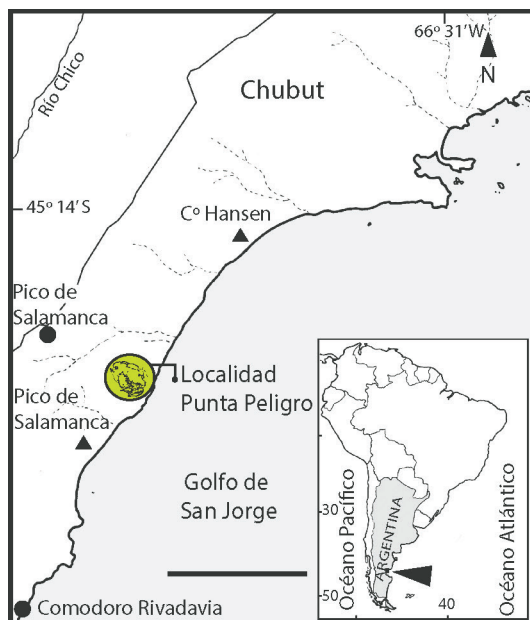


Imagen: G. W. Rougier

**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

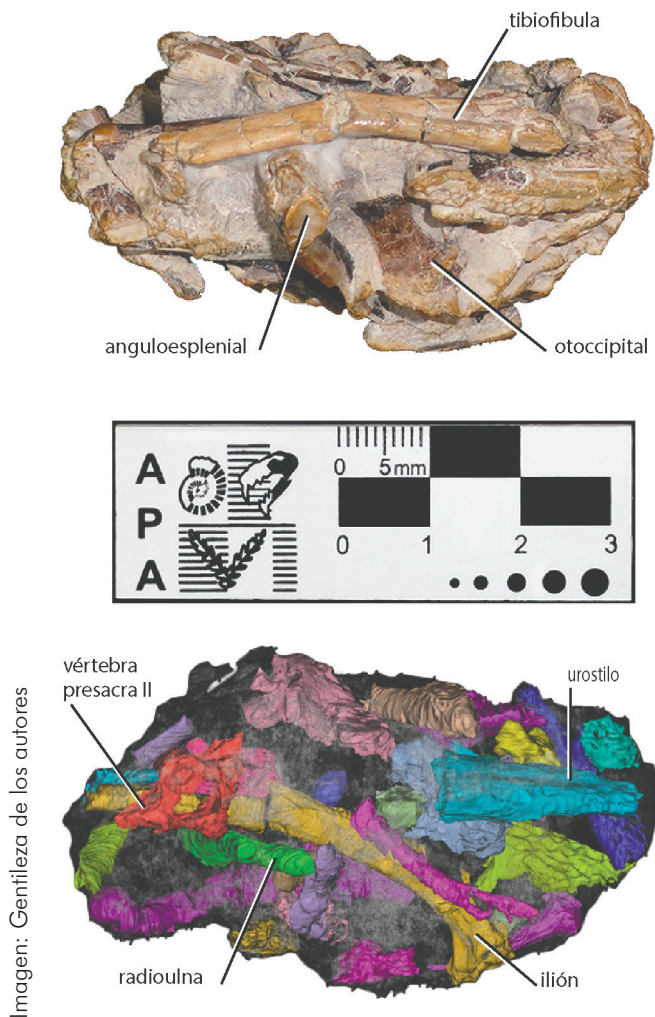


Imagen: Gentileza de los autores

**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

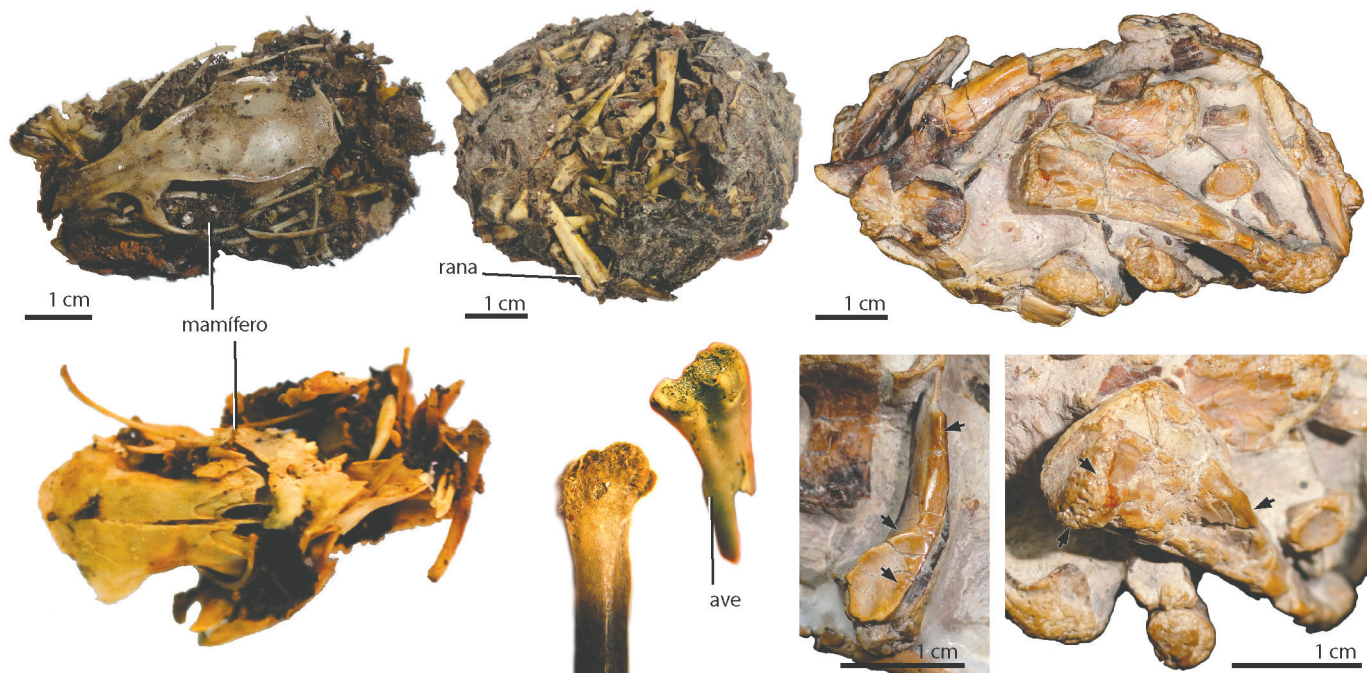


Imagen: Gentileza de los autores

**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.**

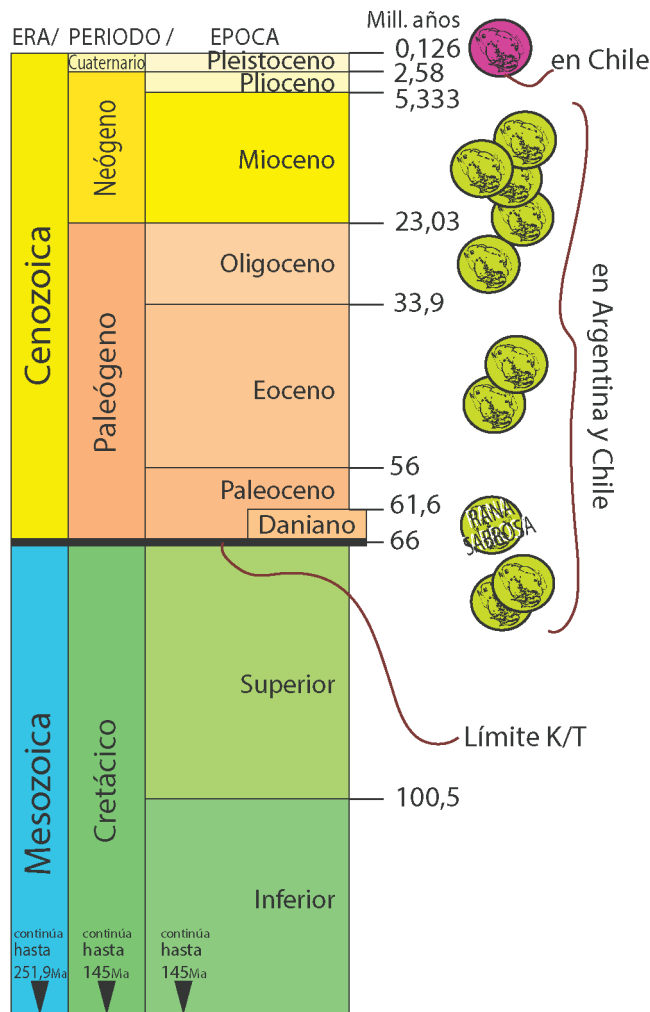
entre ellas. También es similar la acción de los ácidos gástricos producidos por el estómago glandular sobre los huesos contenidos en esas egagrópilas, los que muestran bordes redondeados y exposición del tejido esponjoso. Estas correspondencias de estructuras y características nos confirman que los 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

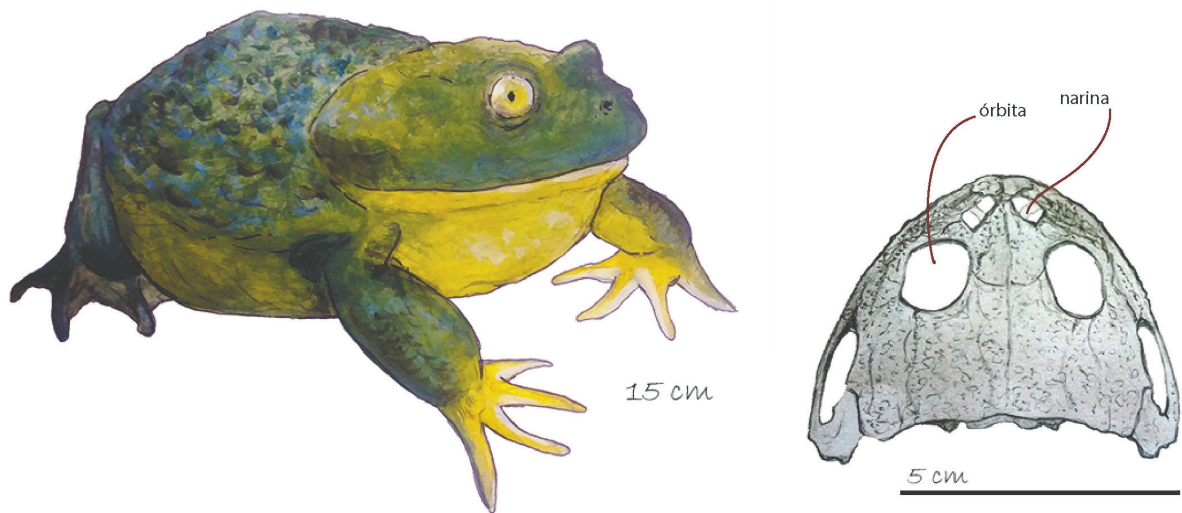


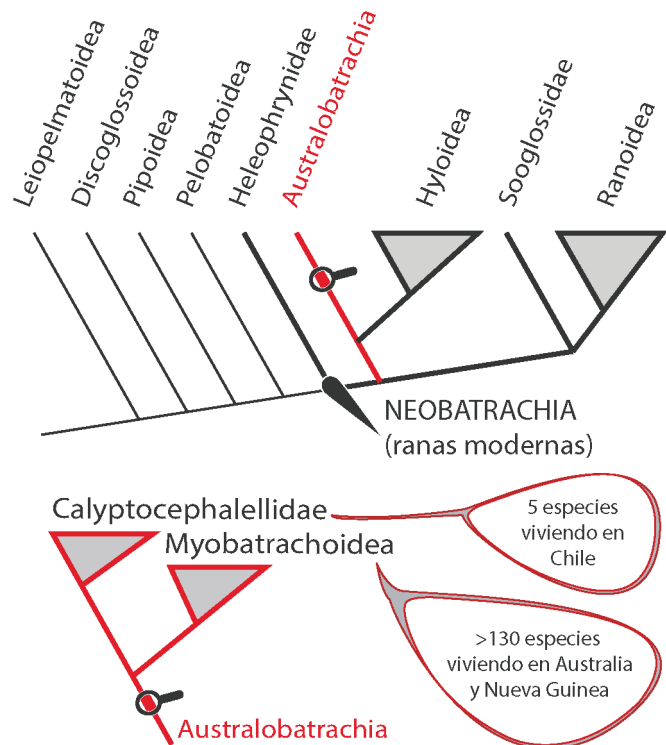
Ilustración: F. Garberoglio.

**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 determinarían 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

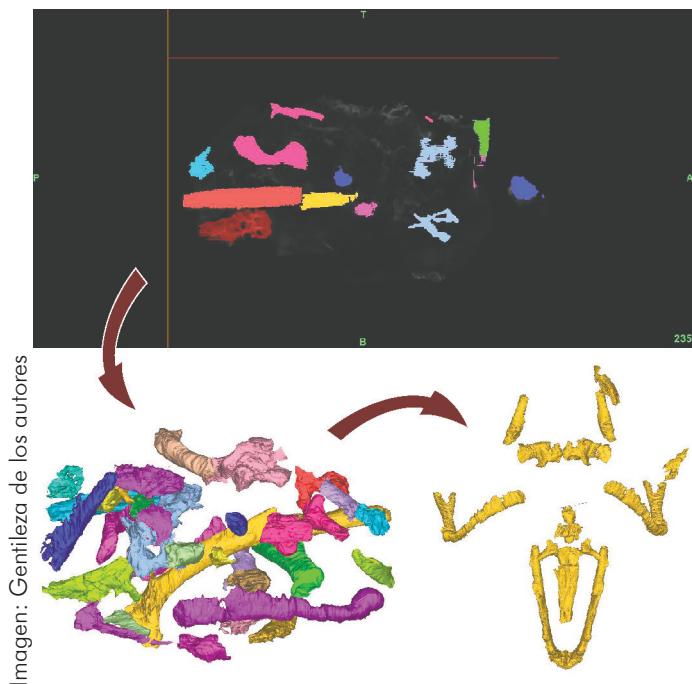


Imagen: Gentileza de los autores

**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

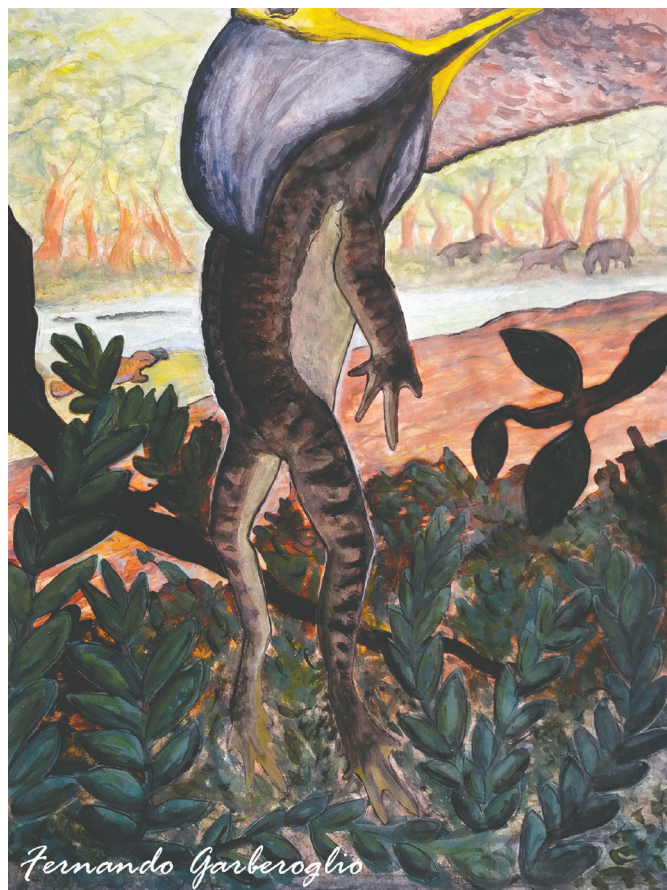
**Meiolánidos:** grupo de tortugas extintas, que vivieron entre el Cretácico y el Holoceno. Estaban fuertemente acorazadas, eran de gran tamaño, de hábitos terrestres y probablemente herbívoras.

**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.