

## PALEONEUROLOGÍA

# SECRETOS GUARDADOS EN LA CABEZA DE ANIMALES EXTINTOS

*¿Qué tan inteligentes eran los dinosaurios? ¿Cómo era el cerebro de una tortuga que vivió hace 150 millones de años? ¿Se puede saber qué tan bien olían, veían y/o escuchaban los animales extintos? Los paleontólogos tratan de responder estas preguntas a través del estudio de moldes internos de cráneos fósiles, una rama de la paleontología que se denomina paleoneurología.*

**Ariana Paulina-Carabajal**

## ¿Qué es la Paleoneurología?

La paleoneurología es una rama de la paleontología que se dedica al estudio del sistema nervioso de animales extintos. Esto es posible mediante el estudio -principalmente morfológico- de moldes endocraneanos, o sea, de copias tridimensionales del espacio que ocupaban el cerebro y otros tejidos blandos asociados que no se preservan generalmente en el registro fósil. Al morir el animal, estos tejidos se disuelven o desintegran dejando la cavidad endocraneana vacía. Un molde o copia de esta cavidad permite al paleontólogo obtener información acerca de la morfología externa o superficial que tenía el cerebro. Para esto es necesario que se preserve, en un fósil, la parte ósea de la región del cráneo que alojaba el cerebro, llamada neurocráneo o caja craneana (ver Glosario), la cual tenía como función proteger al cerebro y los órganos de los sentidos (ver Figura 1A). El neurocráneo es una estructura compleja, formada por numerosos huesos generalmente fusionados entre sí, que está atravesada por orificios que daban paso a los nervios craneanos (por ejemplo el nervio óptico, el nervio olfatorio, el nervio trigémino) y a venas y arterias (por ejemplo la carótida interna, que llevaba sangre oxigenada al cerebro). En un cráneo de reptil, el neurocráneo está recubierto por otros huesos del cráneo, y en los fósiles muchas veces está cubierto por sedimento, por lo que en general es complicado acceder a la cavidad endocraneana. Cuando esto es posible, la confección e interpretación de un molde endocraneano (ver Glosario) permite estudiar, de forma indirecta, la morfología de

las partes blandas que no han sido preservadas. El encéfalo de todos los vertebrados comparte las mismas regiones y estructuras, las cuales se dividen en un cerebro anterior, un cerebro medio y un cerebro posterior. En los distintos grupos de animales, lo que varía es el desarrollo relativo de determinadas regiones, como por ejemplo el bulbo olfatorio (que se desarrolla más en animales que dependen del olfato, como los que se alimentan de noche), o el cerebelo (región del encéfalo cuyo desarrollo refleja la capacidad motriz del animal). De esta manera, un cerebro con bulbos olfatorios muy desarrollados estaría indicando que el sentido del olfato era importante para el modo de vida del animal, lo mismo pasa con el lóbulo óptico y otras regiones encefálicas.

## ¿Qué tipos de moldes endocraneanos se conocen y cómo se obtienen?

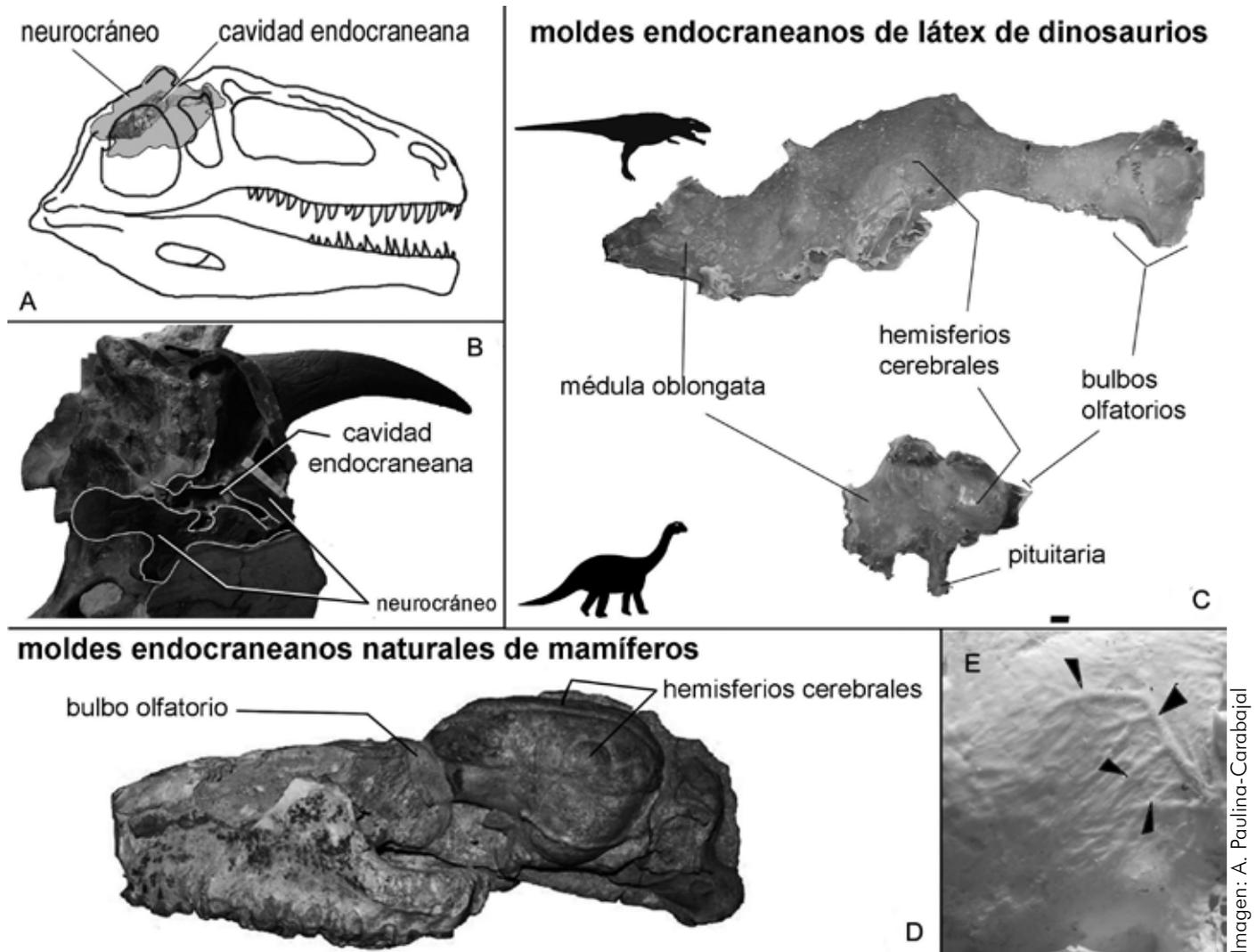
Los moldes endocraneanos son copias del espacio que queda dentro del cráneo y que estaba ocupado por el encéfalo en vida del animal. Los moldes endocraneanos se clasifican en moldes naturales o artificiales (ver Figuras 1 y 2). Los moldes naturales son formados por la naturaleza misma y son muy raros en el registro fósil, por lo cual su hallazgo los hace únicos en su tipo (Figura 1D). Cuando el animal muere, los restos orgánicos que primero se descomponen corresponden a los tejidos blandos del cerebro y los tejidos asociados a éste, como los senos venosos. La cavidad endocraneana se rellena paulatinamente con sedimentos generalmente muy finos, que muchas veces tienen una composición y tamaño de grano distintos a los sedimentos que rodean el esqueleto y que luego se transformarán en la roca portadora del fósil. Cuando el sedimento que está dentro de la cavidad de la caja craneana se litifica (proceso mediante el cual el sedimento se transforma en roca) formando una estructura que es más dura que el hueso del cráneo que lo rodea, puede ocurrir que los restos craneanos se rompan dejando expuesto y a la vista solamente el molde endocraneano. Estos moldes naturales son muy poco frecuentes, por lo cual, la principal fuente de información

**Palabras Clave:** Argentina, molde endocraneano, paleobiología, paleoneurología, reptiles

### Ariana Paulina-Carabajal

Dra. en Ciencias Naturales  
INIBIOMA (CONICET-UNCo), Bariloche, Argentina  
a.paulinacarabajal@conicet.gov.ar

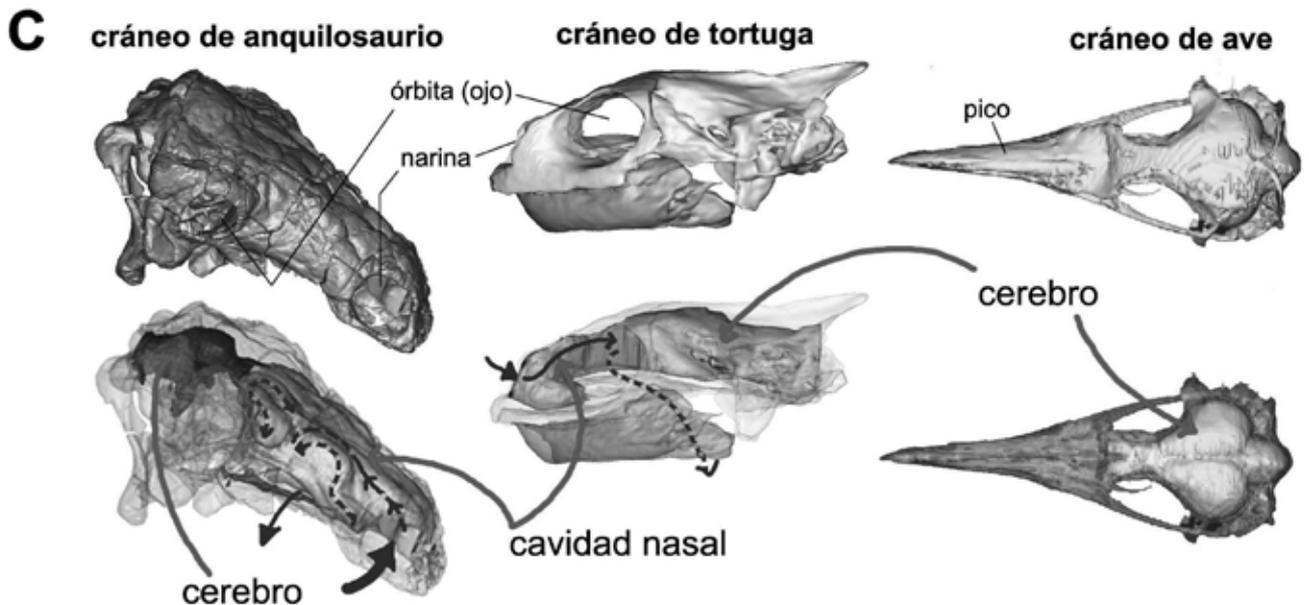
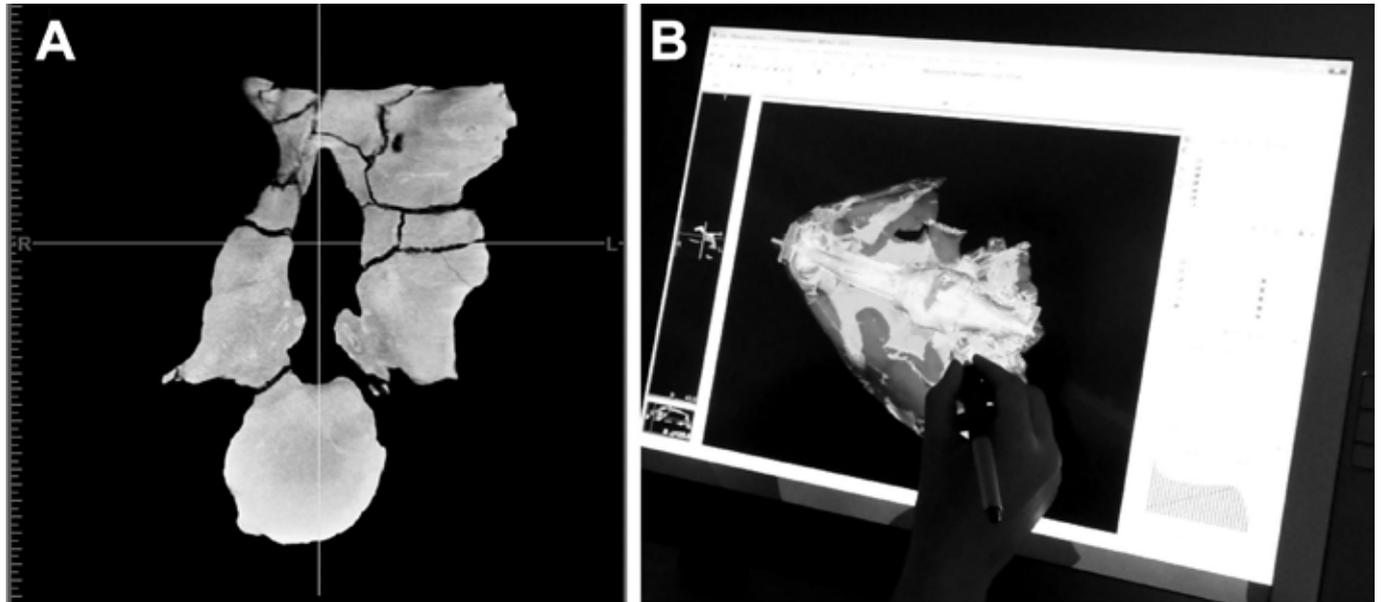
Recibido: 01/09/16. Aceptado: 19/01/17



**Figura 1. El neurocráneo y distintos tipos de moldes endocraneanos. A) Esquema del cráneo de un dinosaurio que muestra la ubicación del neurocráneo y en su interior la cavidad endocraneana. B) Cráneo del dinosaurio *Triceratops* cortado al medio sagitalmente para observar la cavidad endocraneana (Museo de Toronto, Canadá). C) Moldes endocraneanos de látex de un dinosaurio carnívoro (arriba) y de un herbívoro (abajo). D) Fotografía del cráneo de un mamífero fósil con molde endocraneano natural preservado (gentileza Dra. T. Dozo). E) Impresiones de vasos sanguíneos en un molde endocraneano de látex. Las flechas indican las distintas ramificaciones.**

paleoneurológica son los moldes artificiales (ver Figura 2). Hay distintos tipos de moldes artificiales. Durante el siglo pasado los moldes se construían de yeso o látex, entre otros materiales. Para ello es necesario acceder a la cavidad endocraneana para aplicar los materiales con los que se hará el calco. En primer lugar es necesario que el sedimento que rellena la cavidad endocraneana sea removido en forma manual, con herramientas pequeñas y delicadas para no arruinar el fósil. Esto puede hacerse cuando hay fracturas en el cráneo que exponen la cavidad o introduciendo las herramientas a través del foramen magno, una abertura en la parte posterior del cráneo a través de la cual el sistema nervioso central se continúa con la médula espinal. Una vez vaciada la cavidad, los moldes de látex se crean "pintando" las paredes internas de la cavidad endocraneana con látex o silicona, sin rellenar la cavidad por completo. Esto permite remover el molde (que

será hueco y flexible) a través del foramen magno. La única desventaja del molde de látex es su durabilidad, ya que se destruyen luego de 7 a 10 años (los moldes de silicona pueden durar el doble de tiempo). Durante los últimos años, el uso de las llamadas técnicas "no invasivas" como la tomografía computada por rayos X, permitió acceder a la información endocraneana en cráneos articulados y con la cavidad rellena de sedimento. El buen resultado de la tomografía no depende tanto del grado de preservación del fósil como de la diferencia de densidades entre el hueso y el relleno. Por ejemplo, teniendo en cuenta únicamente los estudios sobre dinosaurios, el 80% de los trabajos en paleoneurología fueron publicados en los últimos 15 a 20 años, lo que habla del uso reciente de esta técnica, novedosa para la mayoría de los grupos de reptiles extintos. En Argentina el acceso a microtomógrafos es limitado por lo que el estudio de reptiles de pequeños



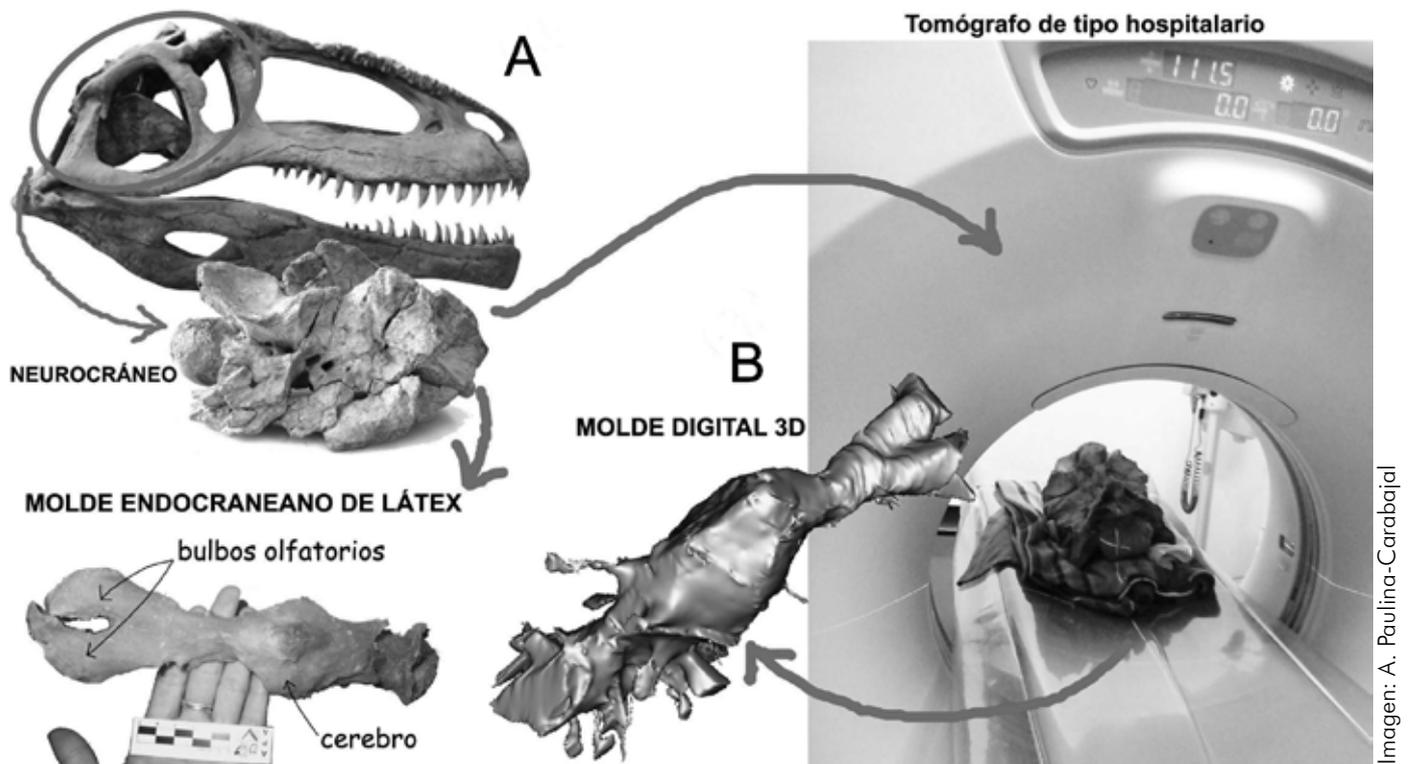
**Figura 2. Moldes endocraneanos artificiales digitales basados en tomografías computadas. A) Corte o "rodaja" de un neurocráneo; el espacio negro en el interior representa la cavidad que alojaba al cerebro. B) Reconstrucción digital en 3D del cráneo y cerebro de una tortuga. C) Ejemplos de cráneos de animales fósiles tomografiados. En las imágenes de abajo, el hueso se hace semitransparente para mostrar las estructuras internas. Las flechas muestran el recorrido del aire desde que ingresa a la cavidad nasal a través de las narinas en su paso hacia los bulbos olfatorios y luego hacia los pulmones.**

tamaños, con cráneos menores a 10 cm de largo (por ejemplo tortugas, pterosaurios, lagartos o serpientes) es menos frecuente. Sin embargo el uso de tomógrafos hospitalarios es más frecuente, siendo utilizados para estudios de reptiles de mayores tamaños como cocodrilos y dinosaurios (ver Figuras 2 y 3).

### ¿Cuáles son las problemáticas que enfrentan los paleontólogos para hacer estudios en paleoneurología?

El problema principal es el acceso a la información endocraneana en cráneos que están completos, articulados o cubiertos por sedimentos. En otros países, como Estados Unidos o Canadá, donde cuentan con

numerosos ejemplares (en algunos casos más de 50) de la misma especie (e.i. *Triceratops* o *Tyrannosaurus*), se ha procedido en el siglo pasado a cortar el cráneo a la mitad para poder observar el interior de la caja craneana (Ver Figura 1B). Las especies fósiles de Argentina, sobre todo los reptiles y particularmente los dinosaurios, están constituidas generalmente por un único espécimen o esqueleto conocido, a partir del cual es constituido el nombre científico de la especie. Ese material se denomina holotipo (ver Glosario) y es único e irremplazable, por lo cual la destrucción total o parcial del mismo para realizar estudios no es posible. A fines del siglo XX, fue el uso de tomografías computadas lo que permitió resolver el problema del acceso



**Figura 3. El estudio de la morfología endocraneana utilizando dos técnicas para crear moldes endocraneanos artificiales. A) Fotografía del cráneo y neurocráneo original. A partir de este, se realizó manualmente un molde de látex (abajo). B) Tomógrafo de la Clínica Moguillanksy (Neuquén), donde fue realizada la tomografía de *Giganotosaurus*. A partir de esta se confeccionó un molde digital.**

a la información endocraneana en cráneos completos. Sin embargo, el estudio de los moldes endocraneanos resultantes enfrenta diversas problemáticas de acuerdo al grupo de animales bajo estudio. Por ejemplo, en el caso de los mamíferos y de las aves, los moldes endocraneanos reflejan la morfología del cerebro original, ya que éste rellenaba prácticamente todo el espacio endocraneano y sus meninges eran suficientemente delgadas para dejar impresiones de venas y arterias en el hueso, las cuales luego se pueden observar en el molde (ver Figuras 1D y 1E). Por el contrario, en los reptiles no avianos, el cerebro no rellena al 100% la cavidad endocraneana y el molde resultante refleja solo parcialmente la morfología del cerebro original. Por ejemplo, en algunos reptiles actuales como el lagarto esfenodonte, el cerebro rellena solo el 60% de la cavidad, mientras que en un cocodrilo actual lo hace en un 80% aproximadamente. Como los dinosaurios no tienen representantes vivientes actuales -excepto por las aves, que tienen cerebros muy modificados- no es posible saber a ciencia cierta cuánto rellenaban la cavidad. Un buen indicador de "rellenamiento" son las impresiones de venas y arterias, que indican que las meninges del encéfalo eran muy delgadas. Estas marcas sin embargo, son muy poco comunes en los moldes de reptiles y están presentes en pocos dinosaurios como por ejemplo el cerebro de los hadrosaurios y en dinosaurios carnívoros cercanos a las aves, como

*Velociraptor*. ¿Significa esto que no es posible estudiar el cerebro de los reptiles fósiles? Pues no, es totalmente posible estudiar esos moldes, en los cuales todavía se puede observar qué partes del cerebro estaban más desarrolladas, y también significa que hay que hacer más cálculos para interpretar el tamaño real del cerebro.

### Historia de la paleoneurología en el mundo y en Argentina.

La paleoneurología es una ciencia antigua, aunque solo recientemente ha sido explorada en forma intensa y reconocida por el público en general. Los primeros estudios paleoneurológicos de los que se tiene registro se basaron en moldes endocraneanos naturales y datan de principios del 1800. En 1819 el naturalista alemán Lorenz Oken encontró un molde natural formado de barro fósil dentro del cráneo roto de un pterosaurio y observó que éste había tomado la forma del cerebro del animal. Este material fue luego publicado en 1888 en una revista científica por un tal Newton, también paleontólogo alemán. En otro continente, en 1841, el paleontólogo norteamericano Owen describió el molde endocraneano natural de un cocodrilo fósil al que le faltaba el techo del cráneo como "una representación del cerebro del reptil extinto". Posteriormente, numerosos trabajos sobre moldes endocraneanos de vertebrados fósiles fueron realizados a principios del siglo

XX por la paleontóloga alemana Tilly Edinger (1897-1964), reconocida hoy en día como la “madre de la paleoneurología”. Tilly era la hija de un renombrado neurólogo, y el hecho de crecer en un ambiente en el cual estuvo rodeada de anatomistas colegas de su padre por un lado, y de pertenecer a una clase social alta por otro, le permitió hacer carrera en un mundo científico que estaba liderado por hombres. Egresada de la Universidad de Heidelberg, la más antigua de Alemania, Tilly Edinger publicó a lo largo de su vida numerosos trabajos sobre paleoneurología tanto de reptiles como de mamíferos extintos.

En Argentina, el pionero en los estudios paleoneurológicos fue el Dr. Juan Quiroga (1951-1988), médico primero y paleontólogo después, quien trabajó en el Museo de la Plata (Buenos Aires) y se dedicó al estudio del origen del cerebro de los mamíferos a través de los moldes endocraneos de un grupo extinto denominado “cinodontes” (reptiles mamíferoides). Una muerte temprana cortó su floreciente carrera, aunque dejó instalada esta rama de la paleontología en el país, en manos de su única discípula, la Dra. María Teresa Dozo, quien desarrolla hoy en día sus investigaciones en el Instituto Patagónico de Geología y Paleontología, en la ciudad de Puerto Madryn. Allí se encuentra la colección tangible de moldes endocraneos de mamíferos fósiles más importante de América del Sur, entre los cuales se encuentran los que conformaron la colección original de moldes endocraneos creada por el Dr. Quiroga. En los últimos 10 años se sumaron los estudios -también pioneros en el país- sobre paleoneurología de dinosaurios y otros reptiles, los cuales son llevados a cabo principalmente por la autora de este trabajo y colaboradores del Museo paleontológico de La Plata y del Museo paleontológico Egidio Feruglio en Trelew, Chubut, entre otros. El interés tanto de científicos como del público en general en esta rama de la paleontología ha ido en aumento en Argentina. Paulatinamente se han ido incluyendo el estudio de otros grupos de animales fósiles como aves y cocodrilos, lo que se ve reflejado en las reuniones científicas, donde cada vez más paleontólogos y estudiantes de paleontología presentan trabajos en la temática. Respondiendo a este creciente interés, a fines del año 2015, se organizó con éxito el Primer Simposio sobre Paleoneurología de Vertebrados de Sudamérica, en el contexto del IV Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados, que fue llevado a cabo en la ciudad de Colonia, en el vecino país del Uruguay.

### **¿Cuáles son las técnicas “no invasivas” utilizadas en paleoneurología?**

Las técnicas llamadas “no invasivas” son aquellas que permiten visualizar estructuras o cavidades que perma-

necen ocultas a simple vista sin necesidad de romper o destruir la muestra en el proceso. En el caso de las tomografías computadas, se genera una serie de “rodajas” virtuales del cráneo. Cuántas más rodajas genere el tomógrafo, mejores chances hay de obtener una buena reconstrucción. Por ejemplo, un tomógrafo industrial hace cortes de 0,4 mm de espesor, mientras que un tomógrafo de hospital genera cortes de unos 0,6 mm de espesor. Para cráneos muy pequeños, lo ideal es una microtomografía, que genera cortes de 0,2 mm de espesor. Una vez que se cuenta con la tomografía (se entregan todos los cortes en formato digital), se utilizan programas de computadora especialmente diseñados para trabajar imágenes, que permiten reconstruir digitalmente y en tres dimensiones, cada una de las estructuras elegidas. En otros países, se aplicó con éxito el uso de sincrotrones o aceleradores de partículas (dispositivos que utilizan campos electromagnéticos para acelerar partículas subatómicas) para observar estructuras internas, como por ejemplo pequeños huesos de un embrión dentro de un huevo fósil. Sin embargo estas tecnologías no son accesibles ya que hay pocos aceleradores de partículas en el mundo. En Bariloche, científicos del INIBIOMA y físicos de la Comisión Nacional de Energía Atómica están realizando -por primera vez- estudios de fósiles utilizando un neutrógrafo en el reactor nuclear del Centro Atómico Bariloche. Así como el tomógrafo genera una imagen llamada tomografía utilizando rayos X, el neutrógrafo genera una imagen llamada “neutrografía” utilizando neutrones, que son partículas subatómicas. Mientras que el tomógrafo genera una imagen que refleja las distintas densidades de la muestra, el neutrógrafo genera una imagen que refleja las distintas composiciones (variación de la cantidad de átomos de hidrógeno) de la muestra. Por ello estas dos técnicas no son una mejor que la otra, sino que son complementarias. Hasta el momento, los resultados preliminares de los experimentos con fósiles utilizando neutrografías, han demostrado que si bien el contraste necesario entre el sedimento y el fósil no es tan bueno como el contraste obtenido utilizando rayos X, es de todas formas suficiente para hacer estudios paleoneurológicos preliminares (ver Figura 4).

Una de las ramas de la paleontología más beneficiadas por las tomografías computadas es la paleoneurología. En los últimos veinte años, el aumento de los estudios de la cavidad endocraneana de los dinosaurios se ha visto incrementado en un 80% (recordemos que en el pasado, la única forma de acceder a la morfología interna del cráneo era mediante fracturas, o vaciando el relleno en forma manual). Las tomografías permitieron, no sólo acceder a la información encefálica, sino también a la morfología del oído interno y a la presencia de cavidades neumáticas. En Argentina, varios dinosaurios han sido escaneados en tomógrafos médicos con muy buenos resultados.

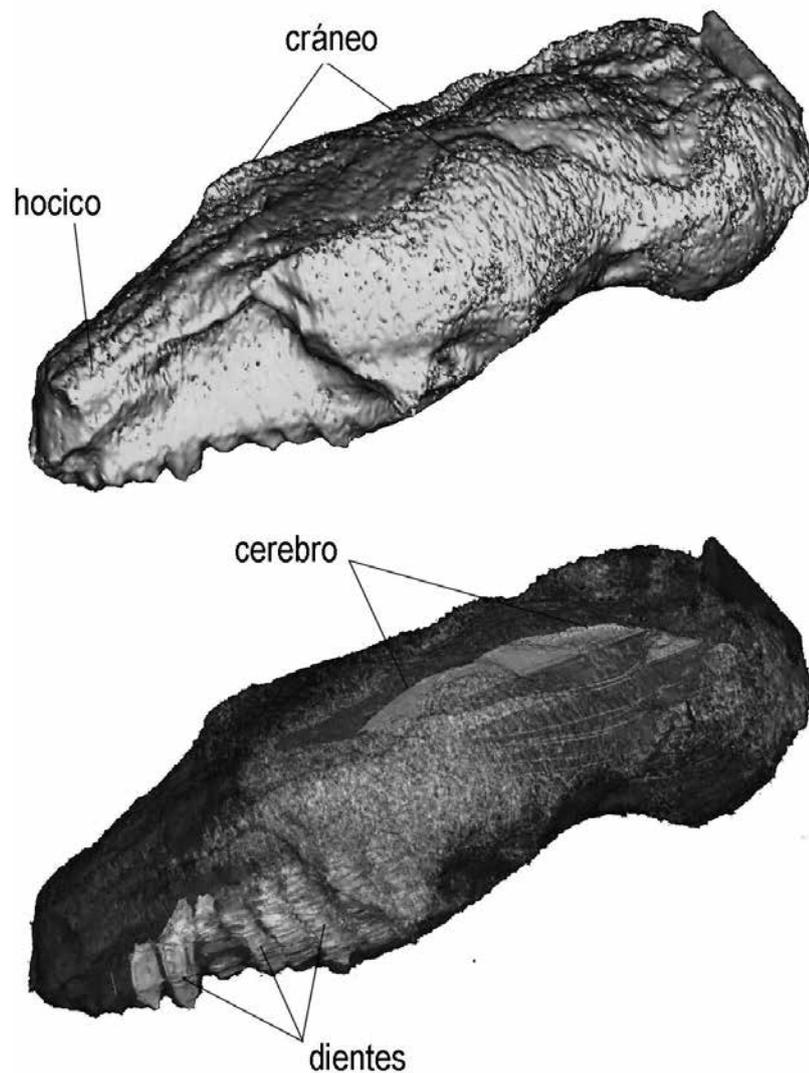


Imagen: A. Paulina-Carabajal

**Figura 4. Reconstrucción digital del cráneo de un roedor fósil (gentilmente prestado para este estudio por el Museo Paleontológico Bariloche) basada en neutrografías. Se ilustra la superficie del cráneo (arriba) y las cavidades internas (abajo) donde el hueso es semitransparente y permite observar parte de la cavidad edocraneana ocupada por el cerebro y las raíces de todos los dientes.**

Las impresoras 3D son un agregado tecnológico más, ya que permiten imprimir en cualquier escala, las reconstrucciones tridimensionales realizadas a partir de tomografías o escáneres láser. Por ejemplo, un investigador de un museo en Argentina puede enviar a otro investigador al otro lado del mundo, por correo electrónico, la información digital de un cráneo escaneado, que puede ser impreso digitalmente luego, sin necesidad de trasladar el ejemplar fósil original para su estudio. Probablemente, en un futuro no muy lejano, los largos viajes a visitar colecciones de fósiles en otros países no serán necesarios, ya que los fósiles virtuales estarán disponibles en la red.

#### **¿Cómo interpretamos los sentidos de un animal extinto a partir del molde endocraneano?**

Básicamente esto se realiza por comparación con el encéfalo y el oído interno de reptiles vivientes, como por ejemplo cocodrilos o aves. El tamaño de los bulbos

olfatorios nos habla de la capacidad olfativa. El tamaño de los lóbulos ópticos de la capacidad visual, el tamaño del flóculo del cerebelo da cuenta de la capacidad motriz, y el tamaño de la lagena (parte del oído interno que se encarga de percibir sonidos) nos indica la capacidad auditiva. En muchas especies vivientes por ejemplo, se conoce el rango de capacidad auditiva, la cual está determinada por el tamaño de la lagena. Si una especie fósil tiene una lagena de tamaño similar a la de un cocodrilo actual, se asume que la especie fósil escuchaba un rango similar de sonidos. En la mayoría de los casos, si bien no es posible cuantificar los sentidos de manera absoluta, es posible estimar cuál de todos ellos juega el rol más importante. Por ejemplo en el dinosaurio *Giganotosaurus*, los bulbos olfatorios están sumamente desarrollados (si observamos el largo de los bulbos olfatorios en comparación con el largo del hemisferio cerebral, veremos que son casi iguales),

indicando que el sentido del olfato era probablemente el más importante para este animal (ver Figura 2).

El oído interno es una estructura formada por dos regiones: una consta de tres canales semicirculares cuya función es el equilibrio y balance, y otra región está formada por la lagena, que tiene como función la percepción de sonidos. En los fósiles, si bien las partes blandas que formaban el oído interno no se han preservado, estudiamos su morfología a través de los moldes de esas delicadas estructuras, que quedan preservadas como canales dentro de la cápsula ótica del cráneo. Estos canales semicirculares se ubican sobre planos dispuestos ortogonalmente (a 90° entre sí), siendo los canales anterior y posterior verticales, y el canal lateral horizontal. De esta manera, los tres canales semicirculares del oído interno recuperan información sobre los movimientos que realiza la cabeza (perciben específicamente la aceleración lineal y angular) y se la envían al cerebro. Los canales del oído interno forman parte de lo que se denomina el "reflejo óculo-vestibular" en el cual mediante las señales provenientes del nervio óptico y de los canales semicirculares, el animal es capaz de estabilizar las imágenes y, por ejemplo, mover la cabeza rápidamente y no marearse. Además, cuanto más larga es la lagena más epitelio puede alojar, por lo que el tamaño de esta estructura se utiliza en animales extintos para estimar el rango de capacidad auditiva. La mayoría de los reptiles fósiles estudiados hasta la fecha, oye rangos de sonidos bajos, similares a lo que oía un cocodrilo actual.

Una forma de medir la "inteligencia" relativa de los animales es a través del "índice de encefalización" (IE). Este índice refleja la relación entre el tamaño del cerebro y el tamaño del animal, permitiendo la comparación entre animales de diversos tamaños. Por ejemplo, no sería justo comparar directamente al dinosaurio *Giganotosaurus* (que tenía 13 metros de largo) con una gallina, ya que el cerebro del primero tenía unos 275 cm<sup>3</sup> (un vaso de leche), mientras que la gallina tiene un cerebro de unos 5 a 6 cm<sup>3</sup>. Sin embargo, el IE de la gallina es más alto que el del dinosaurio extinto, lo que indicaría que ésta es "más inteligente". En otras palabras, significa que una gallina de 13 metros de largo, tendría en comparación un cerebro varias veces más grande que el de *Giganotosaurus*. La misma situación se observa entre los dinosaurios terópodos (que eran carnívoros y bípedos) y los dinosaurios saurópodos (que eran herbívoros y cuadrúpedos). Los grandes saurópodos, que midieron entre 15 y 40 m de largo (alcanzando los mayores tamaños corporales con unas 80 a 100 toneladas de peso), tenían sin embargo cerebros que eran relativamente mucho más pequeños que cualquiera de los dinosaurios carnívoros. Otro ejemplo se da entre los dos dinosaurios carnívoros más grandes del planeta: *Giganotosaurus* de Argentina y *Tyrannosaurus*

del Hemisferio Norte. ¿Cuál de ellos es más inteligente? Ambos dinosaurios tenían un largo aproximado de 13 metros y se calcula que un peso cercano a los 7.000 kilos. Sin embargo, el molde endocraneano de *Giganotosaurus* tiene un volumen de 275 cm<sup>3</sup>, mientras que el molde endocraneano de *Tyrannosaurus* era de aproximadamente 400 cm<sup>3</sup>. ¿Cómo se interpreta esto? Como que *Tyrannosaurus* es un poco más inteligente. Este resultado, analizado en términos filogenéticos (o sea teniendo en cuenta las relaciones de ancestro-descendiente de las dos especies) tiene sentido, ya que los tiranosaurios pertenecen al grupo que dio origen a las aves (Coelurosauria), mientras que *Giganotosaurus* está en un grupo de dinosaurios que es más primitivo, con un cerebro que es más parecido al de un cocodrilo que al de un ave.

Si bien el IE no implica necesariamente la presencia de comportamientos sociales complejos, cuidados parentales, etc., el aumento del IE sí está relacionado, entre los dinosaurios, con el agrandamiento del encéfalo, particularmente de los hemisferios cerebrales, del flóculo del cerebelo y los lóbulos ópticos. Todas ellas características compartidas por los reptiles voladores (pterosaurios y aves).

### De las interpretaciones paleobiológicas al comportamiento animal.

La interpretación del desarrollo de los sentidos conlleva a su vez a las interpretaciones paleobiológicas. Esto implica ir un paso más allá de la morfología, en un intento de inferir el comportamiento de animales extintos en base a los sentidos calculados (por ejemplo la capacidad de realizar movimientos complejos de la cabeza y el cuello, de realizar o captar un rango determinado de sonidos, etc.). En el caso particular de los reptiles, y principalmente los dinosaurios (que es el grupo que más se ha estudiado), numerosos moldes artificiales fueron confeccionados, pero fueron las tomografías computadas las que permitieron realizar los mayores avances en el campo de la paleoneurología y de la paleobiología. El conocimiento morfológico de las cavidades endocraneanas, el oído interno y otras estructuras como la cavidad nasal, permite crear las bases anatómicas a partir de las cuales se interpreta la función morfológica de esas estructuras. De esta manera surgen interrogantes: ¿Por qué la cavidad nasal es tan grande o tan chica? ¿Cómo se relaciona esto con la capacidad de producir sonidos (es una mejor caja de resonancia)? ¿Le sirve al animal para mejorar su olfato o su termo-regulación? Si la región del oído interno encargada de la percepción de sonidos es muy grande ¿significa que el animal escuchaba mejor que los que presentan una estructura más pequeña? Interpretar estas hipótesis en conjunto con otros aspectos anatómicos del animal, más los aportes de otras ramas de las ciencias como la biomecánica, son el paso final para realizar inferencias

sobre el modo de vida de estos animales extintos. Cabe notar la cantidad de pasos, en el estudio paleobiológico, que implican la “interpretación de una interpretación”: primero interpretamos la morfología del cerebro (que no se preservó) a partir de un molde, y luego interpretamos la función de las estructuras (comparándolas con formas vivientes si es posible) y posteriormente interpretamos en qué circunstancias, cómo y para qué el animal habría utilizado esas capacidades (visuales, olfatorias, etc.). La paleontología y particularmente la paleoneurología son disciplinas difíciles en comparación con la biología actual donde es posible observar al animal vivo para obtener datos. El paleontólogo en cambio trabaja con retazos de información. Es como trabajar con un rompecabezas de un millón de piezas incompleto, del cual se tienen unas pocas piezas nada más y con ellas se trata de visualizar la imagen completa. La buena noticia es que ese cuadro no es definitivo, sino dinámico, y cambia con cada nuevo hallazgo que suma piezas al rompecabezas. De todas maneras hay cosas que probablemente nunca sabremos

sobre los dinosaurios u otros animales extintos, a menos que se construya una máquina del tiempo.

---

### Glosario

**Holotipo:** se denomina “holotipo” al ejemplar único (vegetal o animal) que se utilizó para describir a una especie. Sus características morfológicas se registran en una publicación científica. Este espécimen se resguarda en un museo para su conservación

**Molde endocraneano:** molde o copia de la cavidad endocraneana que refleja en mayor o menor grado (dependiendo del grupo bajo estudio), la morfología encefálica.

**Neurocráneo o caja craneana:** parte del cráneo que encierra y protege al encéfalo y los órganos de los sentidos.

## Lecturas sugeridas

- Dozo, T. (2009). Paleoneurología de mamíferos de edad Santacrucense. *Estado Actual de las Investigaciones realizadas sobre Patrimonio Cultural en Santa Cruz. Dirección de Patrimonio Cultural, Subsecretaría de Cultura de Santa Cruz*, pp. 93-103.
- Falaschi, P. (2011). ¿Qué tenían los dinosaurios en la cabeza? *Revista Exactamente* N° 48. En URL: <http://revistaexactamente.exactas.uba.ar/category/coleccion/48-coleccion/>
- Paulina Carabajal, A. (2016). Estudios paleoneurológicos de un dinosaurio acorazado de América del Norte revelan características encefálicas que indican que el sentido del olfato era el más importante para este reptil extinto. *Blog de la Asociación Paleontológica Argentina*. En URL: <http://www.apaleontologica.org.ar/single-post/5751b7df0cf2316791488c71>
- Paulina Carabajal, A., Marín, J., Cantargi, F. e Iglesias, A. (2014). Primeros estudios realizados en Argentina usando neutrografías para estudiar fósiles: resultados preliminares. *Ameghiniana*, 52(1). Suplemento Resúmenes: 13.
- Tonni, E. (2005). El último medio siglo en el estudio de los vertebrados fósiles. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, 10(1). En URL: [www.peapaleontologica.org.ar/index.php/peapa/article/view/82](http://www.peapaleontologica.org.ar/index.php/peapa/article/view/82)