

GIGANTES, PERO NO TAN GIGANTES

DINOSAURIOS CON CUELLOS ESPINOSOS

Entre los grandes dinosaurios de cuello largo llamados saurópodos, la familia Dicraeosauridae, es posiblemente una de las más emblemáticas y particulares que alguna vez haya pisado nuestro planeta.

Guillermo José Windholz

¿Quién no vio la famosa película de ciencia ficción y aventuras *Jurassic Park*? ¿Quién no soñó con vivir en un mundo jurásico, rodeado de animales prehistóricos, o despertar y ver por la ventana un dinosaurio en el patio de su casa? Los dinosaurios son, posiblemente, los animales que más cautivan la imaginación de los niños, e incluso de los adultos. Aparecieron en nuestro planeta en el Triásico Tardío (ver Glosario), hace unos 230 millones de años, cuyos únicos representantes vivos en la actualidad son las aves. Es decir que todas las aves derivan de un linaje ancestral originado en la era Mesozoica.

Entre los dinosaurios no avianos (es decir, aquellos que no son aves), los saurópodos fueron un grupo que, con el correr del tiempo, han llamado la atención de los investigadores, y del público general. Esto se debió principalmente a los tamaños que alcanzaron estos seres vivos, llegando a ser los vertebrados terrestres más grandes que alguna vez hayan pisado nuestro planeta, como *Argentinosaurus* y *Patagotitan*, colosales miembros de un grupo denominado titanosaurios, ambos descubiertos en la Patagonia argentina. Según estimaciones realizadas por especialistas, algunas especies superaron los 30 metros de longitud (varios metros más que el largo de una cancha oficial de tenis) y pudieron alcanzar los 50.000 kilogramos (peso equivalente a ocho elefantes africanos machos

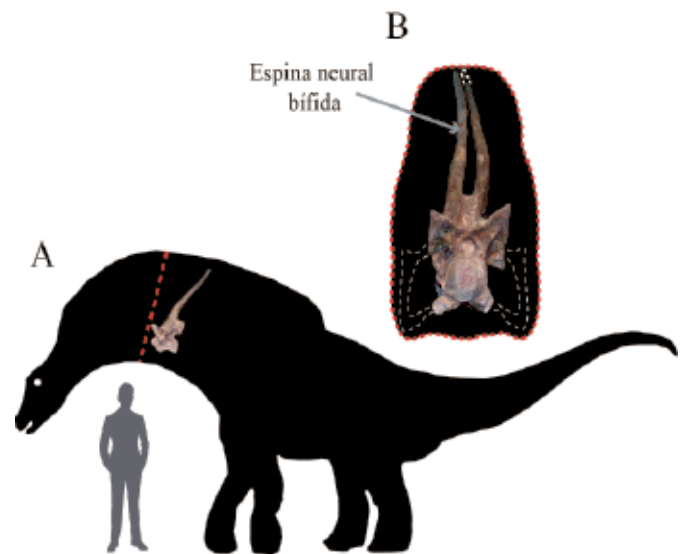


Figura 1. Contorno de un dicraeosáurido en: A. vista lateral, † B. sección transversal de la región media del cuello (vértebra cervical en vista anterior).

adultos). Algunas de las características generales que presentaron los saurópodos fueron un andar de tipo cuadrúpedo y hábitos alimenticios herbívoros. Además, los representantes de este grupo se caracterizaron por tener un cráneo extremadamente pequeño, comparado con sus grandes cuerpos, cuellos y colas largos, patas robustas y columnares como la de los elefantes actuales. Los saurópodos se originaron en nuestro planeta hace unos 210 millones de años (a finales del período Triásico) y presentaron, a través del tiempo, una gran diversidad de formas que dominaron los distintos ecosistemas en diferentes partes del mundo (en todos los continentes actuales, incluso en lo que hoy es Antártida). Los representantes de este grupo desaparecieron hace unos 66 millones de años (a finales del período Cretácico, ver Glosario) en la última y más famosa de las cinco extinciones masivas ocurridas a lo largo del tiempo geológico. Se estima que dicho evento de extinción provocó la desaparición del 70% de todas las especies sobre la Tierra.

Palabras clave: saurópodos, dicraeosáuridos, Patagonia, Mesozoico.

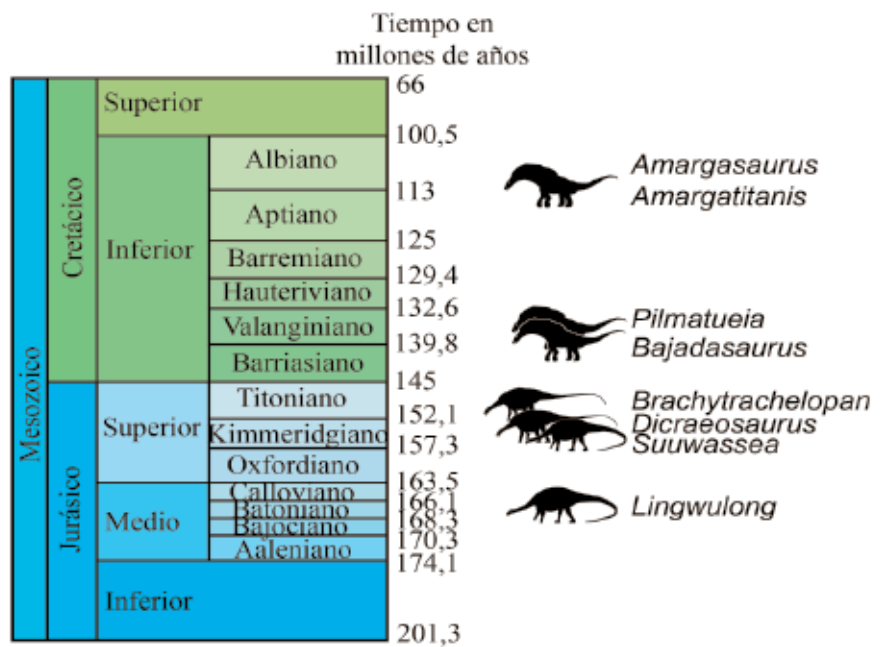
Guillermo José Windholz¹

Dr. en Biología
gwindholz@unrn.edu.ar

¹Universidad Nacional de Río Negro (UNRN). Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IIPG). Consejo Nacional de Investigaciones científicas y Tecnológicas (CONICET), Río Negro, Argentina.

Recibido: 17/09/2021. Aceptado: 25/10/2021.

Figura 2. Diversidad de dicraeosáuridos y su registro estratigráfico o temporal.



Los dicraeosáuridos

Hace aproximadamente 180 millones de años, tuvo su origen una familia de dinosaurios saurópodos muy particular, conocida como dicraeosáuridos y formalmente denominada Dicraeosauridae. Los integrantes de este grupo se caracterizaron por sus tallas considerablemente “pequeñas”. Claro, esta afirmación es correcta si los comparamos con algunos saurópodos icónicos que, como se explicó antes, su característica más llamativa ha sido el tamaño gigantesco. No obstante, los dicraeosáuridos han tenido un tamaño respetable en relación a animales actuales, ya que habrían alcanzado unos 12 metros de longitud, y superado los 10.000 kilogramos, más que cualquier elefante adulto promedio.

Algunos rasgos que hacen particular a los dicraeosáuridos son la presencia de colas y cuellos

cortos. Esto se aparta de lo observado en otros dinosaurios saurópodos, quienes tienen un mayor número de vértebras, las cuales individualmente son más largas. Pero sin dudas, la característica más distintiva de los dicraeosáuridos, es el diseño de sus vértebras presacras (vértebras del cuello y del lomo). Como rasgo general, las vértebras exhiben unas estructuras anatómicas denominadas “espinas neurales”, que en el caso de los dicraeosáuridos, son bífidas (bifurcadas) y muy altas (ver Figura 1). Si bien existieron otros dinosaurios con espinas bífidas, ninguno alcanzó el extremo de elongación de las espinas neurales como los dicraeosáuridos, tratándose del carácter más llamativo y enigmático de este grupo.

Los primeros hallazgos de dicraeosáuridos se remontan a comienzos del siglo XX (entre los años 1909 y 1913), cuando se realizaron importantes

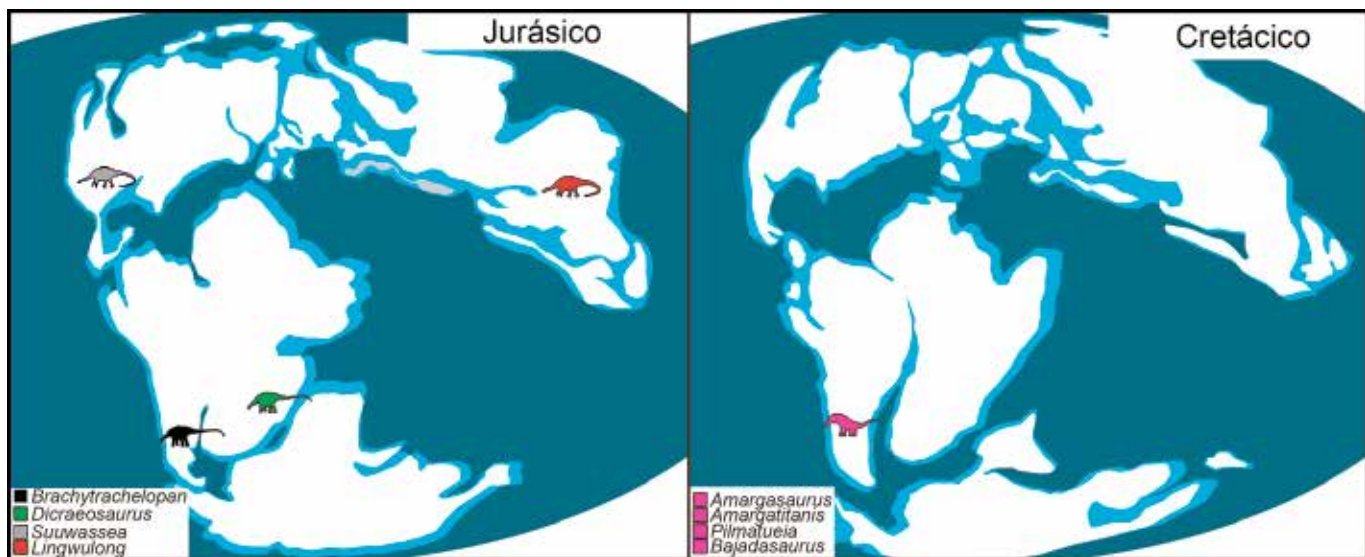


Figura 3. Distribución paleobiogeográfica de las especies conocidas de dicraeosáuridos. Nótese la configuración de los continentes y océanos distinta a la actual.



Figura 4. Sitios de hallazgo de las especies de dicraeosáuridos patagónicas.

expediciones paleontológicas a África oriental (actualmente Tanzania). Dichos trabajos fueron llevados a cabo por investigadores alemanes, quienes exploraron rocas del Jurásico Superior (ver Glosario), con una antigüedad aproximada de 150 millones de años. En estas expediciones se extrajeron más de 250 toneladas de huesos fósiles, pertenecientes a dinosaurios saurópodos, que en su mayoría se encuentran actualmente depositados en el *Humboldt Museum für Naturkunde*, situado en Berlín, Alemania. Entre estos elementos fósiles, se destaca el género *Dicraeosaurus*, publicado en una revista científica alemana en 1914. Este dinosaurio constituye el registro más completo de la familia y es quien le da nombre a la misma.

Dicraeosauridae ha sido objeto de escasos estudios, por tratarse de un grupo poco representado en el registro fósil. Sin embargo, en los últimos años la diversidad de la familia se ha multiplicado sustancialmente, alcanzando casi una decena de especies en todo el mundo. El registro temporal (estratigráfico) de este grupo, está comprendido entre los 170 y los 115 millones de años (Jurásico medio - Cretácico Inferior) (ver Figura 2) y las evidencias fósiles muestran una amplia distribución paleobiogeográfica (ver Glosario), con registros en Sudamérica, Norteamérica, África y Asia. En el período Jurásico, los dicraeosáuridos estaban representados en ambos hemisferios, mientras que, en el período Cretácico

estaban limitados a Gondwana (ver Glosario). De este modo, la carencia de registros cretácicos en Laurasia (ver Glosario) podría indicar una extinción en los continentes del hemisferio norte (ver Figura 3).

Particularmente, las especies procedentes de la Patagonia argentina muestran la mayor diversidad registrada dentro del grupo, con cinco especies descritas hasta la actualidad (ver Figura 4). Las mismas presentan una serie de caracteres anatómicos que las relacionan filogenéticamente (es decir, que son parientes más cercanos), formando así un grupo natural (ver Glosario). Es interesante mencionar que los especímenes hallados en rocas cretácicas de Argentina son los que exhiben las innovaciones anatómicas más conspicuas dentro del grupo, como el mayor grado de desarrollo de las espinas neurales de las vértebras del cuello.

¿Cuál era la función de las espinas neurales bifurcadas?

Con el paso del tiempo, el estudio detallado de la osteología de los dinosaurios (es decir, la anatomía de sus huesos), ha despertado en los paleontólogos algunos interrogantes acerca del aspecto en vida de estas criaturas tan asombrosas. Los dicraeosáuridos no han sido la excepción, puesto que los investigadores se han preguntado reiteradas veces acerca del significado de las espinas neurales bifurcadas hipertrofiadas (muy desarrolladas). Así, algunos científicos sostienen que las mismas pudieron haber estado cubiertas por un estuche córneo, similar a lo observado en los cuernos de los antílopes y cabras actuales. Estas estructuras, en el caso de los dicraeosáuridos, representarían una adaptación relacionada a la defensa (ver Figura 5). También, se ha hipotetizado sobre la presencia de una joroba en la región media comprendida entre cada hemiespina, que habría actuado como reservorio de grasa. Incluso se ha sugerido una estructura a modo de vela sobre el cuello y lomo, relacionada con funciones de exhibición sexual (ver Figura 6). De este modo, la potencial funcionalidad de la espina neural bifurcada en los dicraeosáuridos sigue siendo objeto de debate.

Los dicraeosáuridos, ¿tenían huesos rellenos de aire?

Actualmente las aves son el único grupo que presenta un esqueleto con neumaticidad postcranial (parte del esqueleto que no incluye al cráneo). Esto significa que el interior de los huesos está invadido por extensiones digitiformes (divertículos) provenientes de los sacos aéreos del sistema respiratorio. Esto implica que los huesos poseen cavidades o cámaras internas ocupadas por aire. Entre las formas fósiles, las estructuras neumáticas han sido registradas en pterosaurios (reptiles voladores de la era mesozoica)

y dinosaurios saurisquios, un grupo conocido como dinosaurios "con cadera de reptil" que incluye a los terópodos como *Tyrannosaurus rex*, *Carnotaurus* y a los saurópodomorfos, grupo dentro del cual se encuentran comprendidos los saurópodos. Dentro de estos últimos, los dicraeosáuridos han sido considerados con el correr del tiempo, "aneumáticos" o "poco neumáticos" con huesos interpretados como macizos (careciendo de cámaras aéreas internas).

Para realizar estudios de esta naturaleza, los datos pueden ser relevados por los paleontólogos principalmente de dos maneras, estudiando la superficie externa de los huesos, o bien analizando su estructura interna. La primera, se realiza mediante la observación de marcas, texturas, presencia de forámenes (orificios), entre otras, situadas en la superficie exterior de los huesos.

La segunda forma es a través de la indagación de la estructura interna de los huesos; usualmente se aprovecha la presencia de fracturas naturales (es decir, huesos rotos donde pueda visualizarse su interior) o bien, mediante el empleo de técnicas no invasivas tales como el estudio de tomografías computadas (como las que se emplean para realizar diagnóstico por imágenes a las personas) que permiten observar la anatomía interna de los elementos estudiados (ver Figura 7). Esta última técnica ha sido utilizada en los trabajos más recientes como complemento de los estudios osteológicos tradicionales. Una vez obtenida la información anatómica, tanto externa como

interna, la comparación con vertebrados actuales es fundamental para poder inferir la presencia de un sistema neumático en organismos extintos.

En el caso particular de los dicraeosáuridos, a pesar de que se ha observado una pérdida casi total en el grado de neumaticidad, las investigaciones más recientes indican que al menos una de sus especies habría presentado un mayor grado del que se tenía conocimiento. Esta afirmación está basada, principalmente, en que sus vértebras cervicales posteriores (vértebras de la sección más posterior del cuello) habrían presentado amplias cámaras neumáticas interconectadas en el interior del cuerpo vertebral, constituyendo una estructura interna denominada en la literatura paleontológica como "camerada".

Pero a fin de cuentas ¿habrá sido favorable para ciertos animales tener esqueletos neumáticos? La ventaja adaptativa de poseer cámaras en el interior de los huesos en los ejemplares fósiles es aún incierta. A pesar de ello, se supone que su presencia habría colaborado en la disminución del peso del esqueleto, especialmente en aquellas formas que alcanzaron tallas gigantescas. Además, se cree que la presencia de vértebras neumáticas habría facilitado la evolución de cuellos largos en múltiples linajes de saurópodos. Es posible que haber tenido huesos neumáticos, les haya proporcionado a estos dinosaurios, incluidos los dicraeosáuridos, una de las principales ventajas energéticas relacionadas con el tamaño.



Ilustración realizada por J.A. González.

Figura 5. Reconstrucción en vida de *Bajadasaurus pronuspinax*. Nótese el estuche córneo que recubre las espinas neurales de sus vértebras.

¿Cómo crecían los dicraeosáuridos?

Para conocer el crecimiento de los seres vivos actuales, particularmente de los vertebrados, es posible realizar distintos tipos de observaciones directas, correlacionándolas con cada etapa de crecimiento. Pero ¿cómo se puede estudiar el crecimiento en animales que han habitado la Tierra hace decenas o centenas de millones de años y de los cuales solo disponemos de sus restos fósiles? La respuesta está en el interior de sus huesos.

La histología es una rama de la biología que se encarga del estudio de los tejidos que conforman los órganos de los seres vivos. Por su parte, la paleohistología se ocupa del estudio e interpretación de los tejidos conservados en el registro fósil. Los principales tipos de tejidos preservados en los vertebrados son los dentales (dentina, cemento y esmalte), el óseo y el cartílago calcificado. Esto se debe a su mayor posibilidad de preservación respecto a los otros tipos de tejidos que suelen descomponerse rápidamente. Los estudios paleohistológicos revisten una gran importancia, ya que permiten a los científicos dilucidar ciertos aspectos biológicos en las formas de vertebrados fósiles. Estos aspectos pueden ser: la inferencia del estadio ontogenético (edad del espécimen estudiado), las tasas relativas de crecimiento (velocidad con la que crecía) y la longevidad, entre otros.

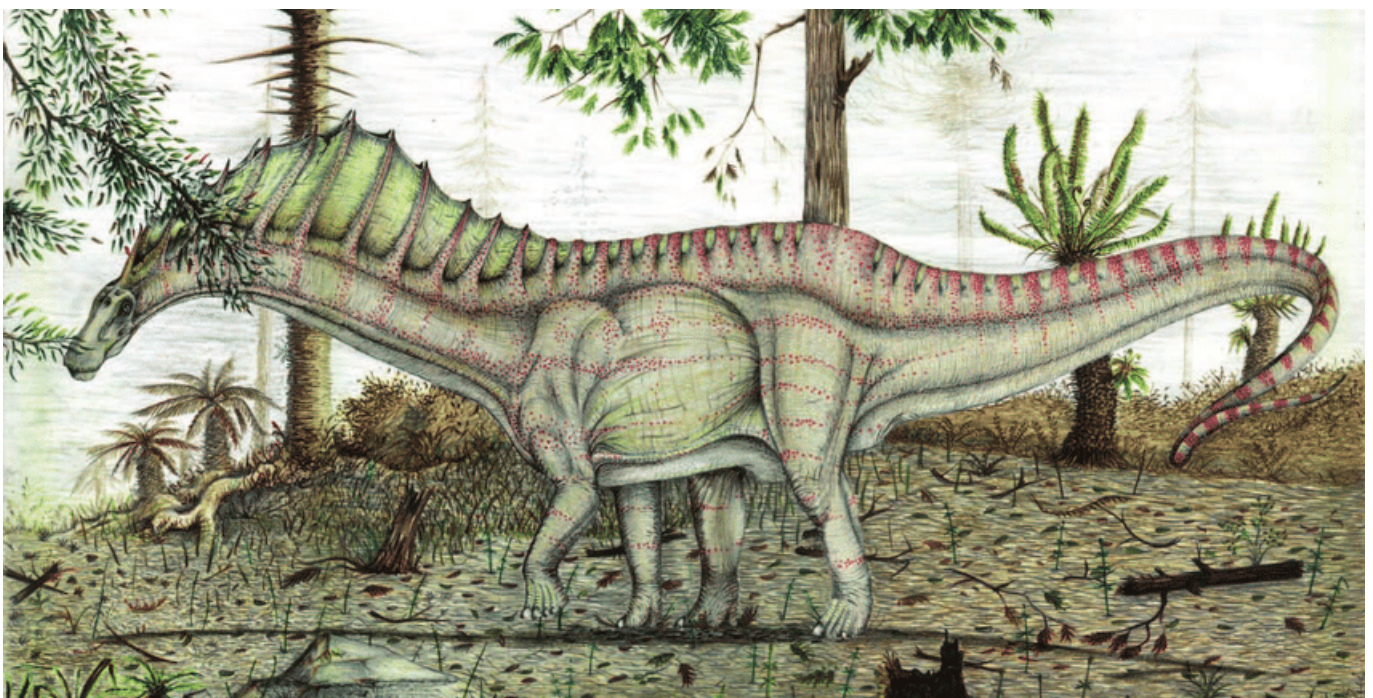
Las investigaciones paleohistológicas se llevan adelante principalmente a través de la examinación de secciones delgadas que se observan bajo un microscopio óptico (ver Figura 8). Para obtener las muestras hay que tomar una porción del elemento

que se pretende estudiar y embeberla en resina. Una vez solidificada, la muestra debe ser cortada con una sierra de precisión.

Las secciones obtenidas deben ser pulidas hasta alcanzar un espesor que permita atravesarlas con la luz del microscopio sin perder ningún sector del corte. Tal procedimiento implica una técnica destructiva, ya que los elementos muestreados son piezas únicas. Para lidiar con este problema, una de las soluciones que han incorporado algunos científicos, es obtener fotos previas al muestreo, e incluso, producir moldes tridimensionales que reproduzcan la anatomía del fósil. Dichas réplicas, conservan fielmente la morfología y textura de la muestra, permitiendo ser examinadas por futuros investigadores.

En lo que concierne a los estudios paleohistológicos, se han descrito diferentes tipos de tejidos óseos basándose en el grado de ordenamiento de las fibras que conforman su matriz. Dichas fibras pueden presentar un alto grado de ordenamiento (relacionado con un crecimiento lento) o un bajo grado de ordenamiento (relacionado con tasas de crecimiento rápidas) y una amplia gama de situaciones intermedias. Además, se ha identificado una alta diversidad de estructuras histológicas que pueden ser relacionadas con ciertos eventos del desarrollo de los individuos como, por ejemplo, las "líneas de crecimiento detenido". La presencia de este tipo de estructura histológica en una muestra indica que el individuo habría detenido por completo su crecimiento al momento de depositarla.

A su vez, gracias a los estudios realizados en ciertos animales actuales, se conoce que estas



48 Ilustración realizada por L. Fiorelli.

Figura 6. Reconstrucción en vida de *Amargasaurus cazauí*. Nótese las espinas neurales conectadas por medio de una estructura a modo de vela.

líneas se forman una por año; por lo que el conteo de dichas líneas de crecimiento permite inferir la edad de individuo al momento de la muerte y, por consiguiente, conocer su longevidad.

En particular, los estudios paleohistológicos efectuados en dicraeosáuridos han mostrado que los individuos pertenecientes a esta familia habrían crecido muy rápido durante las primeras etapas de su vida (evidenciado por la presencia de una matriz constituida por fibras pobremente ordenadas). Posteriormente, su crecimiento se habría ralentizado (evidenciado por la presencia de un tejido cuya matriz es más ordenada) y vuelto cíclico o periódico, dado que frecuentemente el tejido exhibe “líneas de crecimiento detenido”. Estas últimas fueron observadas en costillas dorsales y en otros huesos como el húmero y fémur. Por otra parte, la máxima cantidad de líneas de crecimiento detenido identificadas en un dicraeosáurido (en *Amargatitanis macni*) fue de 19.

Una característica muy común que se ha observado en algunos dicraeosáuridos y otros saurópodos, es que no depositaban marcas de crecimiento en sus huesos durante sus primeras etapas de vida. Por esta razón, el número total de líneas de crecimiento que se puedan identificar en una muestra no se corresponde estrictamente con la edad del individuo. Por lo tanto, el ejemplar que presentó 19 líneas de crecimiento

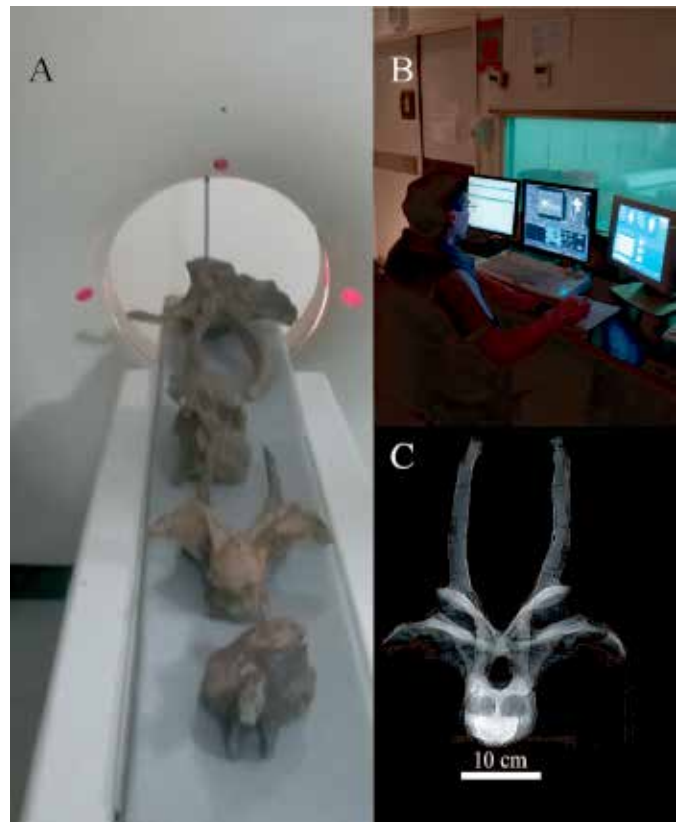


Figura 7. A. Vértabras de un dicraeosáurido ingresando a un tomógrafo. B. Procesamiento de las imágenes. C. Tomograma de una vértebra cervical posterior.

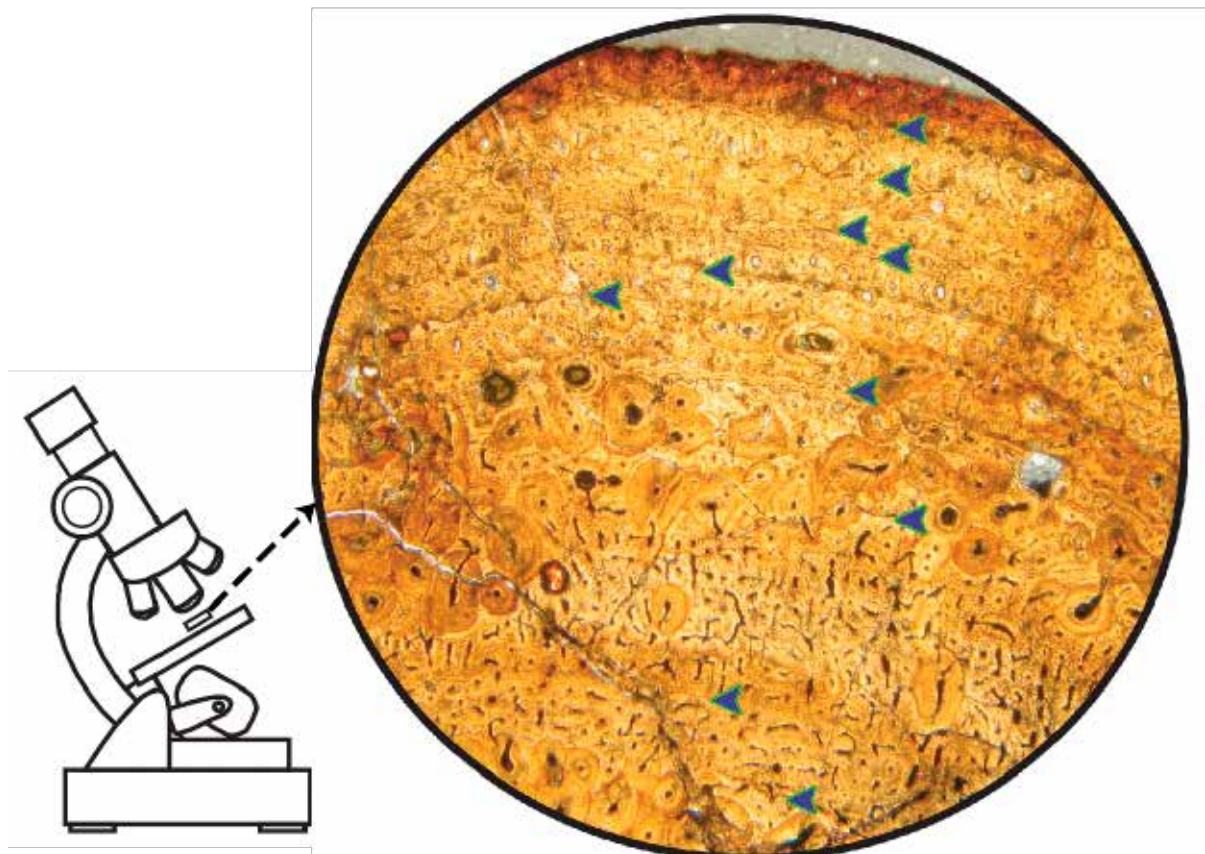


Figura 8. Muestra paleohistológica bajo un microscopio (las flechas indican las marcas de crecimiento).

no pereció a los 19 años, sino que este número representaría la edad mínima que pudo alcanzar el individuo en cuestión.

Dicho de otra manera, gracias a una reciente investigación, se sabe que al menos un individuo perteneciente a la familia Dicraeosauridae superó los 19 años de edad antes de morir.

La evolución del conocimiento en Dicraeosauridae

Los dicraeosáuridos han sido poco estudiados en comparación a otros grupos de dinosaurios saurópodos. Sin embargo, las publicaciones más recientes muestran que han presentado una mayor diversidad de la que se tenía conocimiento hasta hace poco tiempo. Dichas investigaciones han permitido a los paleontólogos ampliar no sólo el registro estratigráfico (temporal) de esta familia, sino también su distribución paleobiogeográfica. Es importante destacar que las rocas de la Patagonia argentina han aportado una enorme cantidad de restos fósiles, mostrando la mayor diversidad registrada para la familia durante el Cretácico Temprano, con cinco especies descritas. Existen estudios que han permitido inferir ciertos aspectos de su paleobiología como, por ejemplo, sus patrones de crecimiento, e incluso formular hipótesis sobre su aspecto en vida. No obstante, quedan muchos tópicos por investigar y muchas preguntas por responder a cerca de este peculiar y alucinante grupo de dinosaurios. Con el acceso a nuevas tomografías computadas y nuevas secciones histológicas, se podrá comprender con un mayor grado de detalle los principales aspectos vinculados a su historia de vida y la estructura de su sistema neumático. Esta información permitirá ampliar el conocimiento sobre el rol ecológico de estos animales en el Jurásico y Cretácico de Patagonia, siendo la familia Dicraeosauridae uno de los linajes más diversos de saurópodos durante este último período.

Resumen

Los saurópodos fueron dinosaurios herbívoros y cuadrúpedos, con cuellos y colas largas. Estos alcanzaron tamaños colosales, convirtiéndose en los vertebrados continentales más grandes del planeta. Dicraeosauridae es posiblemente el grupo más peculiar de saurópodos, por presentar espinas neurales altas y bifurcadas en sus vértebras presacras. Sorprendentemente, la Patagonia proporcionó su mayor diversidad durante el Cretácico Temprano. Investigaciones recientes mostraron que al menos una de sus especies presentaba vértebras cervicales invadidas internamente por cavidades neumáticas, aligerando su peso en vida. Los dicraeosáuridos habrían crecido rápidamente durante sus primeras etapas de vida; luego su crecimiento se habría ralentizado y vuelto cíclico.

50

Glosario

Cretácico: tercer y último período de la era Mesozoica, comprendido aproximadamente entre los 145 y 66 millones de años.

Gondwana: antiguo bloque continental meridional conformado posterior a la fractura del supercontinente Pangea, constituido por África, Antártida, India, Oceanía y Sudamérica.

Grupo natural: también denominado grupo monofilético, se refiere a un grupo de organismos que comparten un ancestro común en su historia evolutiva e incluye a todos sus descendientes.

Jurásico: clase de invertebrados marinos perteneciente al segundo período de la era Mesozoica, comprendido aproximadamente entre los 201 y 145 millones de años.

Laurasia: antiguo bloque continental correspondiente al hemisferio norte conformado posterior a la fractura del supercontinente Pangea, estaba constituido por Eurasia (excepto India) y Norteamérica.

Paleobiogeografía: rama de la paleobiología que estudia la distribución espacial de los organismos en el pasado geológico.

Relaciones filogenéticas: relaciones evolutivas de parentesco que existen entre dos o más especies o cualquier grupo de seres vivos, pudiendo ser actuales o fósiles.

Triásico: primer período de la era Mesozoica, comprendido aproximadamente entre los 251 y 201 millones de años.

Para ampliar este tema

- Bonaparte, J.F. (2007). Dinosaurios y pterosaurios de América del Sur. Buenos Aires, Argentina. Albatros.
- Salgado, L. (2012). El Museo Argentino de Ciencias Naturales y su colección de dinosaurios. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie, 14: 229-234.
- Salgado, L. y Pasquali, R. (2001). El cómo, cuándo y dónde de los dinosaurios de la Argentina: una reseña sobre las principales especies conocidas y su descubrimiento. Ciencia Hoy, 11: 42-57.
- Windholz, G.J. (2020). Osteología, diversidad y evolución de los dinosaurios Dicraeosauridae (Sauropoda, Diplodocoidea) de la Patagonia. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Comahue.
- Zurriaguz, V.L. (2017). Toneladas de aire. Desde la Patagonia. Difundiendo saberes, 14: 1-7.