



Recibido: 27.10.2018 | Aceptado: 07.12.2018

Palabras clave: Análisis filogenético, biogeografía, cladística, dinosaurio y sauropodomorfo.

La biogeografía y evolución de los sauropodomorfos

OMAR RAFAEL REGALADO FERNÁNDEZ

omar.fernandez.13@ucl.ac.uk

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS,
UNIVERSITY COLLEGE DE LONDRES

Los primeros dinosaurios tenían una morfología similar: animales de pequeño o mediano tamaño, omnívoros, bípedos, gráciles y ágiles. Para entender su biología distinguiremos las tres radiaciones adaptativas (que son procesos de evolución por mutación o selección natural) que sucedieron durante el Mesozoico: los ornitiskios, que incluyen a casi todos los dinosaurios herbívoros y son fácilmente reconocidos por

sus extravagantes mecanismos de defensa (ejemplos de este grupo incluyen a *Stegosaurus*, *Ankylosaurus*, *Iguanodon* y *Triceratops*); los terópodos, que son el grupo de carnívoros y del que surgieron las aves (representantes conocidos de este grupo son *Velociraptor*, *Tyrannosaurus* y *Allosaurus*); y los sauropodomorfos, herbívoros distinguibles por sus cuellos y colas largas, además de sus grandes tamaños (como *Diplodocus*,

Apatosaurus y *Brachiosaurus*). Estos tres linajes son fáciles de reconocer y muchos de sus miembros son bastante recurrentes en la cultura popular.

Los dinosaurios surgieron en el periodo Triásico tardío, hace alrededor de 237 millones de años (Ma) y se extinguieron hace 201 Ma. Para que te des una idea, el famoso *Tyrannosaurus rex* que vivió hacia el final del Mesozoico y hacia la extinción de los dinosaurios, hace 66 Ma, está más cerca de nosotros en la línea del tiempo que de los primeros dinosaurios. Si un millón de años equivaliera a un kilómetro y comenzáramos a medir desde la Plaza del Carmen en San Luis Potosí, el origen de los seres humanos anatómicamente modernos estaría a la altura de la avenida Doctor Salvador Nava Martínez, mientras que su extinción habría sucedido a la altura de la frontera entre San Luis Potosí y Guanajuato y su origen estaría hasta el río Lerma en Acámbaro, Michoacán.

El clima en que se originaron los dinosaurios difiere mucho de los en que se reconstruyeron los hábitats de las especies más famosas. Para empezar, los continentes formaban una masa de tierra coherente que hoy conocemos como Pangea, lo que produjo un desierto gigantesco en su interior. Por aquella época, Pangea comenzaba a dividirse en dos grandes continentes: Laurasia en el norte, que incluye fragmentos de lo que hoy es América del Norte, Europa, Rusia, Asia Oriental y la península de Indochina; y Gondwana en el sur, que incluye América del Sur, África, el subcontinente Indio, Australia y la Antártida. Su separación habría causado grandes fracturas tectónicas y el incremento gradual de la actividad volcánica.

Un ejemplo de estas fracturas en el mundo moderno es el Gran Valle del Rift, que se extiende desde Mozambique hasta Etiopía, en el continente Africano. Esta región se caracteriza por tener una intensa actividad volcánica, principalmente de los volcanes Kilimanjaro, Menengai, Longonot y Erta Ale, y por tener un gran complejo de lagos tectónicos: que incluyen los de Victoria, Tanganica y Malaui. Los volcanes de la región están produciendo nueva corteza constantemente, de modo que el Gran Valle del Rift separa Etiopía del resto del continente africano a una tasa de 6 a 7 milímetros por año; a este ritmo, en 10 millones de años el cuerno etíope se separará del resto de África y se originará una nueva placa tectónica: la Somalí.

Hacia finales del Triásico tardío, que sucedió hace 201 Ma, fracturas semejantes a las del Gran Valle del Rift atravesaban al continente de Pangea de este a oeste. Debido al tamaño de esta fosa tectónica alargada triásica, que recibe el nombre de Provincia Magmática del Atlántico Central, la actividad volcánica prolongada habría contribuido a un cambio climático drástico hacia el final del Triásico tardío y a una extinción masiva que daría inicio al periodo Jurásico temprano. En México, rocas del Triásico tardío se encuentran en La Ballena, en medio de las sierras en Salinas y en Charcas, en San Luis Potosí. La posición paleogeográfica de México en aquel momento lo situaba muy cerca del rift que delimitaría el margen sur del continente de Laurasia, y donde hoy se encuentran Charcas y Matehuala habría un complejo sistema de ríos con un ambiente subtropical.

Durante el Triásico tardío aparecieron los dinosaurios: los primeros terópodos, de pequeñas proporciones y gráciles (como *Coelophysis*) y los primeros sauropodomorfos, un grupo bastante diverso, pues podían ser de tamaño pequeño, como el de un perro, y ágiles (como *Thecodontosaurus* o *Efraasia*), o ser grandes animales bípedos con cuellos y colas largas, de tamaño comparable al de un caballo (como *Plateosaurus* o *Massospondylus*). Estos sauropodomorfos primitivos suelen denominarse tradicionalmente prosaurópodos, pero el orden en que comenzaron a diversificarse está todavía enterrado, casi literalmente.

Los primeros prosaurópodos parecen haber surgido en los climas áridos de Argentina y Brasil; fueron los primeros animales ágiles, omnívoros y de tamaño semejante al de un pollo. *Saturnalia* y *Panphagia* han sido considerados los primeros sauropodomorfos, pero en años recientes se han descrito nuevos géneros, como *Buriolestes* y *Bagualosaurus*, ambos de Brasil. De este lugar de origen, donde tenemos animales de todos los tamaños (como *Riojasaurus*, *Lessemsaurus* y *Coloradisaurus*), los prosaurópodos rápidamente se dispersaron por toda la porción sur, Sudáfrica es el siguiente país del que tenemos más registros de estos dinosaurios (*Melanorosaurus*, *Antetonitrus* y *Eucnemesaurus*) y llegaron hasta los confines de Pangea en el norte, con una gran diversidad en Europa (*Camelotia*, *Ruehleia*, *Efraasia* y *Plateosaurus*). En

muchos de los yacimientos del Triásico tardío los prosaurópodos fueron la fauna dominante.

El cambio climático que afectó a un gran porcentaje de la vida marina y terrestre, no afectó la diversidad de prosaurópodos, los cuales siguieron evolucionando y divergiendo. El periodo Jurásico era más cálido y más húmedo que el Triásico, esto generó nuevos ecosistemas y más nichos que los dinosaurios comenzaron a ocupar, también aumentó la diversificación de sauropodomorfos incrementó. Durante el Jurásico temprano, entre hace 201 y 176 Ma, surgieron los primeros saurópodos: dinosaurios de gran tamaño, con cuellos y colas largas y extremidades columnares para una locomoción cuadrúpeda. Los saurópodos coexistieron con sus ancestros, los prosaurópodos, hasta inicios del Jurásico medio, cuando se extinguieron, probablemente por la competencia con los saurópodos.

El origen de los saurópodos aún se desconoce, por lo que pudo haber su-

cedido en cualquier lugar de Pangea. Sabemos que los primeros saurópodos surgieron en Asia Oriental, en Laurasia, donde tenemos a *Shunosaurus*, *Barapasaurus* y *Mamenchisaurus*, y que se extendieron en un tiempo muy corto hasta Argentina, como *Patagosaurus*. Hasta este año, se pensaba que estos primeros saurópodos extendidos por todo el continente habían comenzado a diversificarse hasta el Jurásico medio.

Durante 176 y 163.5 Ma, dos grandes grupos se diversificaron: los diplodocoideos y los macronarios. Los primeros se caracterizan por ser animales largos, de cuellos y colas muy largas, ambas paralelas al piso. Este grupo de saurópodos fue uno de los primeros en alcanzar tamaños descomunales, entre los que destaca *Supersaurus*, y muchos de estos también son icónicos, como *Diplodocus* y *Apatosaurus*. Sus primeros orígenes se registran en América del Norte, específicamente en la formación Morrison que se encuentra en el estado de Colorado, Estados Unidos de América. El segundo grupo, el de los macronarios, se distingue por tener un cuello erguido, un tendón robusto, poderoso y largo, similar a nuestro tendón de Aquiles, que se extendía desde la nuca hasta la base del cuello manteniéndolo erecto sin mucho es-



fuerzo. En este grupo también están los titanosaurios, del que forma parte el dinosaurio más grande descubierto hasta ahora y el animal terrestre más grande de toda la historia del planeta: el *Patagotitan*, de Argentina, cuyo ejemplar encontrado pudo haber alcanzado 37 metros de largo y pesar 76 toneladas.

Se ha especulado que los saurópodos más derivados (con novedades evolutivas) nunca cruzaron hacia los confines más lejanos en el norte de Laurasia (actualmente China), dado que para el tiempo en que surgieron (Jurásico medio) existía un mar poco profundo (epicontinental), que se extendía desde lo que hoy es el mar Caspio hasta las regiones paleoárticas, separando Rusia y China del resto de Laurasia. Este mar ha recibido el nombre de estrecho de Turgai y separó estas dos regiones de Laurasia desde el Jurásico medio hasta el Oligoceno, lo cual aisló a muchos grupos de dinosaurios y explica por qué no había diplodocoideos ni macronarios en China y Rusia.

Al menos así se creía hasta este año: Un descubrimiento realizado en rocas del Jurásico temprano o Jurásico medio ha refutado la existencia del estrecho de Turgai (Xu, *et al.*, 2018). En la formación Yanan, cerca de la ciudad china de Lingwu, en la Región Autónoma Hui de Ningxia, en China, un granjero llamado Ma

Yun descubrió los restos de entre siete y 10 dinosaurios en el año 2004. Tras su excavación, documentación y preparación, se publicó un hallazgo sorprendente en 2018: el primer dinosaurio diplodocoideo chino. Las características anatómicas de muchos animales han permitido hacer esta afirmación inequívoca: *Lingwulong shenqi*, el llamado sorprendente dragón de Lingwu, demuestra que los diplodocoideos se originaron durante el Jurásico temprano y que el estrecho de Turgai se formó mucho después.

Lingwulong tenía un cuello corto en comparación con otros diplodocoideos, poseía una ornamentación muy elaborada en el área orbital y un hocico en forma de U y no cuadrado, como otros diplodocoideos. Es uno de los primeros dicreosáuridos, uno de los dos linajes de diplodocoideos y debió coexistir con otro grupo de saurópodos chinos, los mamenquisaurios, un grupo de saurópodos primitivos que nunca cruzó hacia la región occidental de Laurasia y cuyo aislamiento se utilizó como evidencia del estrecho de Turgai. *Lingwulong* abre la posibilidad de que existan otros dicreosáuridos en China esperando ser descubiertos y restringe la evolución de todas las morfologías de saurópodos al Jurásico temprano.

Para finalizar, debo mencionar que para identificar el lugar de los fósiles en el árbol de la vida se utilizan algoritmos de computadora. Los paleobiólogos codifican las características anatómicas en estados fácilmente identificables y producen grandes bases de datos que compilan la información.

Así, por ejemplo, de un hueso como el fémur se identifican siete caracte-



**OMAR RAFAEL
REGALADO
FERNÁNDEZ**

Estudia el Doctorado en Ciencias de la Tierra en la University College London, en donde además es asistente de proyectos en el Museo de Zoología Grant. Actualmente trabaja en el proyecto "Evolución de trilobites agnóstidos del Cámbrico de Sonora".



rísticas que varían entre las especies, y cada una tiene dos estados (por ejemplo, 0 y 1); de ese modo un fémur puede codificarse como A = 0000000, B = 0010100 y C = 1111111.

Después, la computadora determina qué tan similares son los fémures codificados de esa manera y reconstruye un árbol donde los caminos evolutivos reflejen el menor número de cambios. Por ejemplo, el camino evolutivo 0000000 (dos cambios), 0010100 (cinco cambios) y 1111111 (un total de siete cambios) es menor que el que representaría la ruta 0000000 (siete cambios), 1111111 (cinco cambios) y 0010100 (un total de 13 cambios). **UP**

Referencias bibliográficas:

Xu, X., Upchurch, P., Mannion, P., Barret, P., Regalado Fernández, O., Mo, J., Ma, J. y Liu, H. (2018). A new Middle Jurassic diplodocoid suggests an earlier dispersal and diversification of sauropod dinosaurs. *Nature Communications*, 9(2700).

