

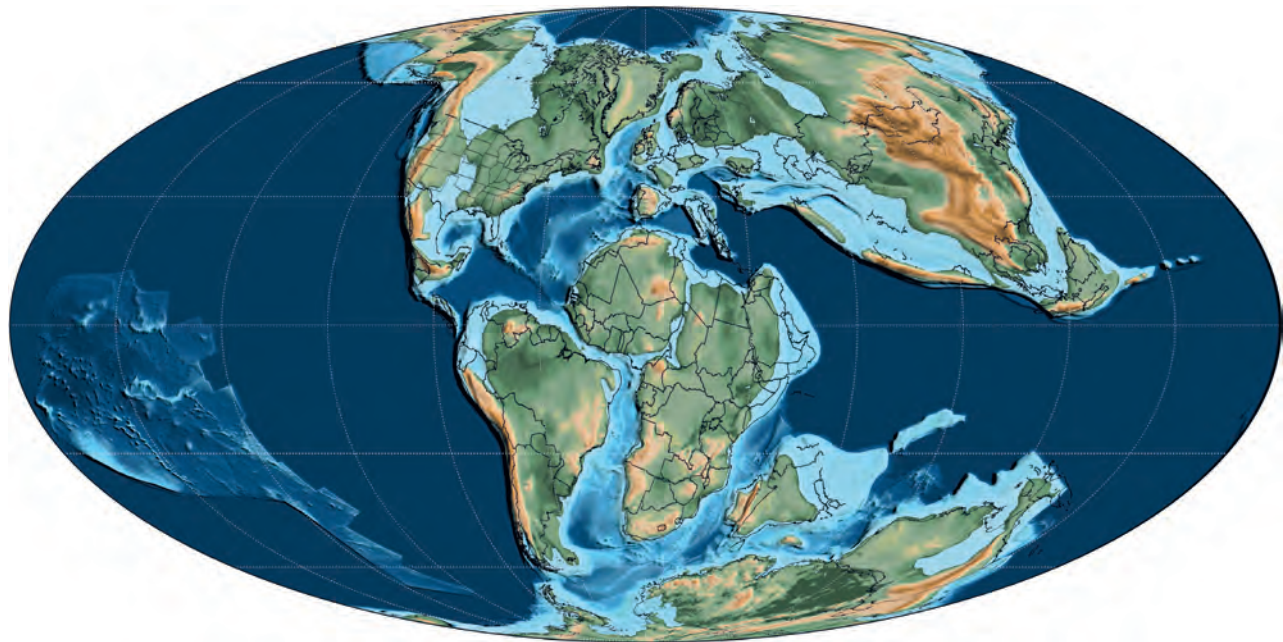
ANGEL ALEJANDRO RAMÍREZ VELASCO Y LUIS ESPINOSA ARRUBARRENA

Crónica de la gran “migración” de los hadrosaurios

Hablar sobre las “migraciones” de los dinosaurios es muy distinto a hacerlo respecto a las especies que hoy existen. En el caso, por ejemplo, de las mariposas, las ballenas y las aves costeras es posible conocer sus rutas migratorias, los periodos en que viajan y los hábitos que adoptan en sus trayectos. En cambio, sobre la familia biológica de los hadrosaurios únicamente se tienen noticias de sus desplazamientos y de su distribución geográfica en lapsos que abarcan millones de años. Además, cabe aclarar que estos traslados no fueron realizados por la población de una sola especie (como



Modelo de Isauria (*Latirhinus uitstlani*), s.f. Cortesía del Museo del Desierto, Coahuila.



Christopher R. Scotese *et al.*, proyección de Mollweide de la tierra hace 85 millones de años, 2024. Wikimedia Commons © 4.0.

ocurre en las migraciones clásicas), sino por un linaje evolutivo, producto de su especiación (la formación de varias especies), denominado “dispersión” por los biólogos.

Gracias a los registros fósiles, sabemos que los hadrosaurios —también conocidos como dinosaurios “pico de pato” por la semejanza de sus bocas con los picos de dichas aves—, vivieron durante el Cretácico tardío, una época que comprende treinta millones de años, esto es entre 95 y 66 millones de años atrás, y que corresponde a la última etapa del Mesozoico. Parece inverosímil que podamos conocer sus movimientos “migratorios”. Sin embargo, la información geológica (tectónica) sedimentológica, paleogeográfica y paleontológica disponible nos permite indagar en ello.

PALEOBIOLOGÍA DE LOS HADROSAURIOS

Los hadrosaurios (“saurios de cuerpo corpulento”) pertenecen al gran grupo de los dinosaurios ornitíscuos, es decir, los huesos de su cadera presentan un arreglo similar a los de la cadera de las aves; en menor jerarquía, también forman parte de los ornitópodos, un grupo que me-

joró su capacidad de alimentarse al desarrollar la habilidad de masticar. En cuanto a su linaje, son descendientes de los dinosaurios iguanodóntidos del Jurásico tardío y el Cretácico temprano (los cuales vivieron hace unos 150 o 145 millones de años), con los que comparten varias características morfológicas, como el tamaño corpulento, la cabeza alargada y la capacidad de andar en dos o cuatro patas.

Se trata de un grupo muy diverso de dinosaurios herbívoros que incluye 98 especies y que se puede dividir en dos grandes conjuntos: los hadrosauroideos basales (o hadrosaurios primitivos) y los hadrosáuridos (o hadrosaurios “verdaderos”), los cuales conforman la familia taxonómica Hadrosauridae. Ésta, a su vez, se divide en dos subfamilias: los lambeosaurinos, de crestas huecas craneales o tubulares, y los saurolofinos, las cuales poseían crestas óseas craneales poco conspicuas. Quienes no tengan una idea clara de qué es un hadrosaurio, pueden visitar la sala de paleontología del Museo de Geología de la UNAM, en donde encontrarán el montaje del hadrosaurio *Latirhinus uitstlani*, conocido como Isauria.

A partir de más de un siglo y medio de estudios paleontológicos sistemáticos,¹ puede afirmarse que el desplazamiento migratorio de estos dinosaurios sucedió durante un largo periodo de tiempo y que su recorrido superó por mucho los quince mil kilómetros —la migración de la ballena gris es sólo un poco más extensa—. Esta notable distribución se infiere de los restos fósiles, que hoy es posible encontrar en regiones tan distantes como Asia, Europa, Norteamérica (Laurasia), África, Sudamérica y, posiblemente, la Antártida (Gondwana).

Los hadrosaurios eran bípedos facultativos, es decir, caminaban usando sus extremidades anteriores y posteriores o sólo estas últimas. Además, todas sus extremidades contaban con una excelente musculatura y una estructura ósea robusta. Tenían crestas y membranas o carnosidades en sus cabezas. Según algunos paleontólogos, éstas pudieron haber servido como una caja de resonancia o una pancarta para comunicarse con otros miembros de su especie. Dicha comunicación les habría permitido apoyar a la manada en la vida diaria, por ejem-

plo, protegiéndose de sus depredadores durante sus migraciones. Estas adaptaciones relacionadas con la locomoción y la comunicación indican que podrían haber invadido extensos territorios en los lugares a los que arribaron.

La mayor parte de la región frontal del cráneo de los hadrosaurios era plana y se ensanchaba formando un pico, lo que resultaba ideal para pelar las hojas que comían y cortar las ramas de árboles, arbustos y helechos de los que también se alimentaban. La parte posterior de sus bocas contenía centenares de dientes dispuestos en complejas baterías. Las múltiples hileras dentales (que llegaban a contarse por miles en algunas especies) se desgastaban continuamente y eran sustituidas por otras, que se encontraban debajo de las hileras otrora funcionales. Es muy probable que esta perfecta mandíbula les permitiera incursionar en áreas con diferentes condiciones ecológicas, lo que pudo haber sido la clave de su éxito biológico: quizá el hadrosaurio, al migrar, reemplazó a otros dinosaurios herbívoros, como los saurópodos (de cuello largo), los anquilosáuridos (acorazados) y los dinosaurios con cuernos o ceratopsidos.

Los registros fósiles sugieren que se alimentaban de una vegetación fibrosa y cercana al suelo, la cual crecía en zonas donde abundaban las plantas relacionadas con los equisetos. Esta conclusión se sostiene por la uniformidad de los arañazos de los dientes (es decir, en su microdesgaste), lo que indica que utilizaban la misma serie de movimientos de mandíbula —los mamíferos desarrollaron posteriormente esta capacidad de masticar la comida—. Por lo tanto, su dieta se componía principalmente de hojas y, en menor cantidad, de alimentos más abultados, como ramas y tallos. También podían alcanzar árboles y arbustos bajos y medianos. En posición cuadrúpeda, podían llegar a alimentos que se encontraban hasta dos metros de altura, pero en posición bípeda su alcance se duplicaba.

- 1 En 1858 Joseph Leidy hizo el primer reporte sobre un hadrosaurio. Hoy los estudios abundan: Ángel Alejandro Ramírez Velasco, "Los hadrosaurios (Ornithopoda, Hadrosauroidae) mexicanos: una revisión crítica", *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 2021, vol. 4, núm. 1, pp. 105-147; Ángel Alejandro Ramírez Velasco, "Phylogenetic and biogeography analysis of Mexican hadrosauroids", *Cretaceous Research*, 2022, vol. 138, núm. 21, s.p.; Albert Prieto-Márquez, "Global phylogeny of hadrosauridae (Dinosaurian: Ornithopoda) using parsimony and Bayesian methods", *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2010, vol. 159, núm. 2, pp. 435-502; Jonathan Alarcón-Muñoz, Alexander O. Vargas, Hans P. Püschel *et al.*, "Relict duck-billed dinosaurs survived into the last age of the dinosaurs in subantarctic Chile", *Science Advances*, vol. 9, núm. 24, s.p.; Sebastián Rozadilla, Federico Brissón-Egli, Federico Agnolín *et al.*, "A new hadrosaurid (Dinosauria: Ornithischia) from the Late Cretaceous of northern Patagonia and the radiation of South American hadrosauroids", *Journal of Systematic Palaeontology*, 2022, vol. 19, núm. 17, pp. 1207-1235.

Los coprolitos, excrementos fosilizados, de estos dinosaurios muestran que, en ocasiones, incluyeron madera podrida en su dieta, no por la madera en sí, sino por los hongos que la putrefacción hace crecer en ella de forma abundante. Otros restos coprolíticos hallados en Utah contienen fragmentos de crustáceos parcialmente digeridos, en específico, de cangrejos de tamaño regular. Los hadrosaurios, entonces, ingerían pequeños invertebrados, probablemente con el propósito de cubrir la deficiencia de proteínas y calcio en sus dietas.

EL MUNDO EN TIEMPOS DEL CRETÁCICO TARDÍO

Para comprender la magnitud del desplazamiento de estos dinosaurios, es necesario considerar las condiciones medioambientales, paleogeográficas y geológicas que prevalecían entonces en el planeta. La etapa tectónica más intensa, en términos geológicos, de Pangea fue la separación del continente: no sólo se desprendieron Laurasia y Gondwana de la masa territorial en un inicio, sino también Norteamérica, con Appalachia al oriente y Laramidia al occidente. El mayor obstáculo para la migración de los vertebrados, entre los nuevos continentes masivos, era el extenso mar de Tetis, aunque dentro de la Norteamérica ancestral también existió un mar interior. A esto se le suma que los niveles de agua eran altos, pues cuando se separaron las placas tectónicas salieron grandes cantidades de magma, el cual se asentó como una nueva capa de piso oceánico, provocando así un aumento en el nivel del mar.

Pese a la dificultad que representaban los océanos, el clima del Cretácico tardío —muy cálido y húmedo, en razón

de que sus temperaturas medias eran casi dos veces mayores que las actuales— favoreció la migración de estos dinosaurios. En aquellos tiempos no existía un gradiente climático tan marcado como hoy en día y la diferencia de temperatura entre los polos y el ecuador era mínima, por lo que sólo en ocasiones caía nieve o se formaba hielo en las regiones boreales, sin que llegaran a constituir verdaderos casquetes polares. Por ese motivo, es común encontrar depósitos de carbón en Alaska y plantas de climas tropicales en Groenlandia. Estas condiciones fueron propicias para que los hadrosaurios, provistos de un excelente sistema para procesar alimentos, aprovecharan una vegetación que, pese a ser diversa, no era radicalmente distinta en ambos hemisferios. Esto no significa que no existieran ciclos estacionales, pero no eran tan marcados como en el presente.

Otro aspecto geológico y geográfico que debió favorecer a sus rutas migratorias fue el desarrollo de extensas planicies. Las fuerzas tectónicas que causaron la disgregación de Pangea también impidieron que se produjeran grandes colisiones orogénicas (es decir, el proceso de formación de montañas) y, por consiguiente, durante el Cretácico temprano no hubo grandes montañas. Queda bastante claro que esto fue aprovechado por los dinosaurios “invasores”.

La migración de esta especie fue toda una proeza que todavía está sujeta a controversia. Cómo atravesaron el mar que separaba los continentes del norte (Asia y Norteamérica) y los del sur (Sudamérica y África) constituye un enigma. Sin embargo, al menos tres hipótesis intentan despejar esta incógnita. La primera plantea que es posible que, en esa edad

geológica, ya existiera una comunicación terrestre consistente entre los subcontinentes de Norteamérica y Sudamérica, pero quizá la evidencia de ello se “recicló” geológicamente, sin dejar huella. La segunda hipótesis propone que los

La migración de esta especie fue toda una proeza que todavía está sujeta a controversia. Cómo atravesaron el mar que separaba los continentes del norte (Asia y Norteamérica) y los del sur (Sudamérica y África) constituye un enigma.



Isauria en el Museo de Geología de la UNAM. Cortesía de los autores del texto.

dinosaurios y otros vertebrados cruzaron el mar usando islas o islotes como escalas en las áreas donde la distancias entre las costas del norte y el sur fueran menores. No obstante, como sucede con la hipótesis previa, no hay registro alguno de tales elementos. La tercera hipótesis apuesta por una combinación de explicaciones: es posible que algunas tierras hayan emergido temporalmente y que los hadrosaurios pudieran nadar, como los elefantes africanos actuales, que son capaces de nadar hasta cincuenta kilómetros durante seis horas seguidas.

LAS RUTAS “MIGRATORIAS” DE LOS HADROSAURIOS

Para la paleontología, los fósiles funcionan como marcadores de tiempo y espacio. A partir de ellos, se han descrito cinco rutas “migratorias” de dispersión de estos herbívoros, lo que resultó en su especiación.

Ruta número 1. El primer camino inició en Asia, lugar donde surgieron los hadrosaurios. Como su nombre lo indica, la especie *Gobihadros mongoliensis* (un pico de pato basal hadrosauriideo) proviene de la región mongola del desierto de Gobi y fue descubierto en la formación geológica Bayan Shireh. El trayecto de este dinosaurio es un poco desconcer-

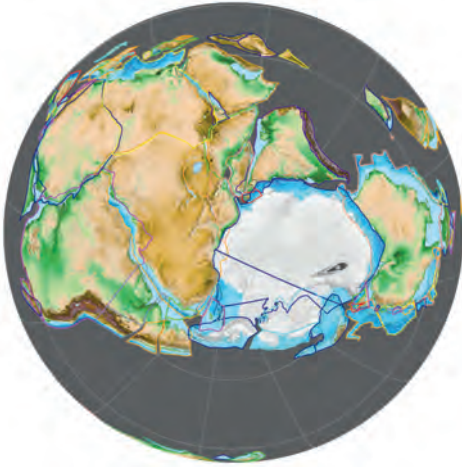
tante, pues algunos paleontólogos piensan que varios de sus descendientes, como el *Tethyshadros insularis*, hallado en la formación Liburnia en Italia, pasaron por Europa hasta llegar a la Appalachia, el territorio más oriental de Norteamérica.

Es importante recordar que la Norteamérica ancestral estaba dividida en dos grandes regiones: la masa al este llamada Appalachia y el continente al oeste bautizado como Laramidia, al centro de los cuales se encontraba el Mar Interior Occidental. Los hadrosaurios que pisaron estas tierras llegaron hasta Appalachia y ahí permanecieron a manera de relictos. En dicha región se constituyó la especie *Hadrosaurus foulkii*, de la que posiblemente derivaron los demás dinosaurios de la familia Hadrosauridae. No obstante, luego de haberse desplazado de Asia al oeste (Europa-Norteamérica), algunas poblaciones sorprendentemente regresaron al subcontinente asiático, donde permanecieron. Durante su nueva estancia en Asia, ocurrió la diversificación de los verdaderos hadrosaurios en las dos subfamilias ya mencionadas: los lambeosaurinos o hadrosaurios con crestas huecas o tubulares y los saurolofinos o hadrosaurios no crestados.

Ruta número 2. Una segunda ruta de migración también comenzó con el hadrosauroide basal *Gobihadros mongoliensis* y, como en el primer trayecto, su desplazamiento llegó hasta Norteamérica pero, en este caso, a la región occidental (Laramidia). Sin embargo, no sólo se quedaron ahí, algunas poblaciones de este grupo viajaron hacia el sur, hasta lo que hoy es la parte más austral de Chile. Su recorrido superó los quince mil kilómetros.

El hadrosaurio que evidencia la nueva ruta fue el *Protohadros byrdi*, encontrado en la región central de Texas, en la formación Woodbine. Además, en Michoacán, también se describió al *Huehucanauhtlus tiquichensis*, cuyos restos fueron recuperados en la localidad Barranca de los Bonetes, y, más abajo, en la Patagonia chilena, se hallaron restos del

Gonkoken nanoi; en específico, en las capas de la formación Dorotea, en el valle del Río de las Chinas de la región de Magallanes, esto es, lo más al sur de América. Se trata de la distancia más grande recorrida por un grupo de dinosaurios, sobre todo si se toma en cuenta que en la Antártida existen restos que podrían estar relacionados con esta especie.²



Modelo de Gondwana vista desde el polo sur, hace 420 millones de años, 2018. Wikimedia Commons © 4.0.

Ruta número 3. Los hadrosaurios crestados o lambeosaurinos migraron por una tercera ruta. Como en el caso de las previas, también ésta inició en Asia, pero su protagonista fue la especie *Aralosaurus tuberiferus*, cuyos fósiles han sido recuperados en las capas de la formación Bostobe, en Kazajistán. Estos dinosaurios pasaron directamente a Norteamérica occidental, posiblemente por un antiguo puente, conocido como el estrecho de Bering. De hecho, hay indicios de lambeosaurinos que se quedaron en el norte —como el *Parasaurolophus walkeri*, el *Corythosaurus casuarius* y el *Lambeosaurus lambei*, hallados en la formación Dinosaur Park, en Canadá, y el *Angulomastacator daviesi*, proveniente de la formación Aguja, al sur de Texas—, pero al-

gunos se aventuraron aún más hacia el sur. Cabe señalar que la mayoría de las especies descritas en México son hadrosaurios con crestas huecas en la cabeza. El *Latirhinus uitstlani* fue recolectado en la formación Cerro del Pueblo, en Coahuila (el ejemplar que se exhibe en el Museo de Geología pertenece a esta especie). Además, allí se descubrieron fósiles de *Velafrons coahuilensis* y, en el municipio de General Cepeda, igual en Coahuila, de *Tlatolophus galorum*. Apparentemente, estos lambeosaurinos no llegaron al sur de Gondwana, es decir, la actual Sudamérica.

Ruta número 4. Hubo unos hadrosaurios crestados que optaron por una cuarta ruta y sí llegaron a Gondwana, pero a la parte de lo que hoy es África. El dinosaurio basal de este trayecto también fue el asiático *Aralosaurus tuberiferus*. Sus descendientes pasaron por Europa y, después, por el subcontinente africano. Los restos que confirman esta ruta son el *Arenysaurus ardevoli* y el *Pararhabdodon isonensis*, de la formación Tremp, en España, y el *Ajnabia odysseus*, de Marruecos.

Ruta número 5. Finalmente, la ruta que tomaron los hadrosaurios saurolofinos (dinosaurios pico de pato no crestados) es, sin duda, una de las más largas y mejor documentadas. Al igual que las otras, el camino empezó en Asia y lo emprendió la especie ancestral de este linaje, el *Wulagasaurus dongi*, cuyos fósiles han sido recuperados en la formación Yuliangze, al noreste de China. Más tarde, sus descendientes continuaron hasta Laramidia. Se puede decir, entonces, que el linaje de los hadrosaurios saurolofinos norteamericanos comenzó con el *Acristavus gagslarsoni*, descubierto en las formaciones geológicas Two Medicine, en Montana, y Wahweap, en Utah. En esta región norteña permanecieron la gran mayoría de las especies que componen este linaje, como lo demuestran los restos del *Gryposaurus notabilis* y del *Prosaurolophus maximus*, de la formación Dinosaur Park, y del *Edmontosaurus regalis*, hallado en varias formaciones ubi-

2 Si bien no han sido evidenciados por completo debido a que los fósiles son escasos.

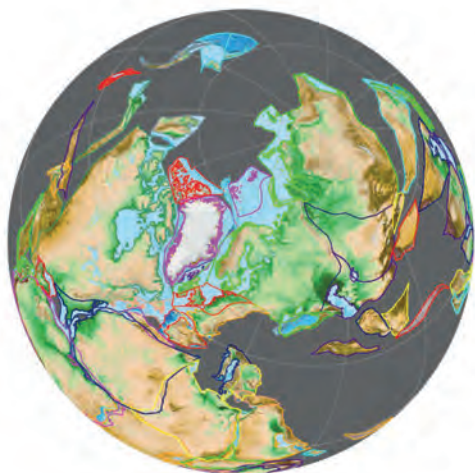
cadadas en Canadá, Alaska y el norte de Estados Unidos. No obstante, algunos miembros de los saurolofinos nortños decidieron regresar a Asia; prueba de ello es el *Shantungosaurus giganteus*, un dinosaurio de inmensas dimensiones localizado en las formaciones Xingezhuang y Hongtuya, en China.

Aquellos que no volvieron, después de haber estado en el norte de Laramidia, comenzaron un interesante periplo hacia el sur. El hadrosaurio nombrado “Sabinosaurio” y el *Coahuilasaurus lipani*, descubiertos en Coahuila, representan los mejores ejemplos de esta ruta. Cabe destacar que este último pertenece a un linaje conocido como los kritosaurinos (tribu Kritosaurini), la cual es tan importante que se han localizado fósiles en múltiples formaciones geológicas del sur de Norteamérica (Laurasia); en particular, en los estados de Nuevo México, Colorado y Texas. Hasta donde se sabe, esta tribu de hadrosaurios continuó su viaje, y arribaron incluso a la región centro-sur de la Patagonia argentina. Allí vivieron las especies *Secernosaurus koerneri*, *Huallasaurus australis*, *Bonapartesaurus riogregensis*, *Kelumapusaura machi* y *Lapampasaurus cholinoi*, descubiertas en las formaciones geológicas de los Alamos y Allen, que afloran en el norte, el

centro y el centro-sur de la Patagonia argentina.

A manera de recapitulación, podemos mencionar que las rutas 1 y 2 involucran a hadrosaurios basales o hadrosauroides, lo que significa que eran muy cercanos a los verdaderos hadrosaurios, pero se parecían más a sus ancestros iguanodontidos. En cambio, las rutas 3, 4 y 5 ya involucran a los verdaderos hadrosaurios, tanto a los lambeosurinos, crestados (rutas 3 y 4), como a los saurolofinos, carentes de crestas huecas (ruta 5). También es de notar que las rutas 1 y 3 sólo ocurren en Laurasia (Asia y Norteamérica), mientras que la 2, 4 y 5 comienzan en Laurasia y llegan incluso hasta Gondwana (África y América del Sur).

Por otra parte, los aspectos geográficos, climáticos y medioambientales expuestos en estas páginas, además de los datos paleobiológicos, permiten concluir que los hadrosaurios representan uno de los vertebrados herbívoros más exitosos en la historia del planeta. Su dentadura es quizá una de las más sofisticadas en la evolución de los vertebrados. Por medio de ésta y otras adaptaciones, fueron capaces de explotar un amplio rango de recursos vegetales. Podían desgarrar, cortar, moler, triturar y desmembrar los alimentos que se llevaban a su gran pico y, luego, a la parte posterior de sus bocas. Es paradójico, y hasta cierto punto triste, que un grupo de dinosaurios tan exitoso haya sucumbido en la plenitud de sus “migraciones” a causa de la colisión con la Tierra de un enorme meteorito. **||**



Modelo de Laurasia, la parte norte del supercontinente Pangea hace 200 millones de años, 2019. Wikimedia Commons © 4.0.

Para mayor información sobre los hadrosaurios, pueden consultarse las infografías de los autores en nuestra página web.