

LOS HADROSAURIOS (ORNITHOPODA, HADROSAUROIDEA) MEXICANOS: UNA REVISIÓN CRÍTICA

THE MEXICAN HADROSAURS (ORNITHOPODA, HADROSAUROIDEA): A CRITICAL REVIEW

ÁNGEL ALEJANDRO RAMÍREZ VELASCO^{1*}

¹Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la investigación s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04510.

*Correspondence: angelalejandro@gmail.com

Received: 2021-02-05. Accepted: 2021-05-11.

Abstract.—This manuscript provides an updated overview of the knowledge about Mexico's hadrosaurs through the critical review of 175 publications between 1913 and 2019, which report osteological, iconological, tegumentary, dental and oological remains of these organisms. The data were synthesized and analyzed using traditional statistical methods, accumulation curves and sampling efforts. In addition, a catalogue of 166 paleontological sites belonging to 18 geological units is provided, whose ages are between the Albian and the Maastrichtian, in the states of Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Puebla and Michoacán. The data collected recognize a comparatively low taxonomic diversity with respect to the rest of North America, even though the study of these dinosaurs began systematically since the 80's in Mexico. Only five species have been described from bony remains and a single iconospecies, whereas other remains have been only vaguely identified. The review of the history of the study of hadrosaurs in Mexico, as well as the curves of the corresponding sampling effort, suggest that these dinosaurs were diverse and abundant in this country and distinct from the rest of America.

Key words.— Cretaceous, bone remains, fossil record, ichnites.

Resumen.— Este trabajo ofrece un panorama actualizado sobre los hadrosaurios de México a través de la revisión crítica de 175 publicaciones aparecidas entre 1913 y 2019, donde se reportan restos de naturaleza ósea, icnológica, tegumentaria, dental y oológica de estos organismos. Los datos fueron sintetizados y analizados mediante métodos estadísticos tradicionales y curvas de rarefacción. Además, se proporciona un catálogo de 167 sitios paleontológicos correspondientes a 18 unidades geológicas, ubicadas entre la edad del Albiano y el Maastrichtiano, presentes en los Estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Puebla y Michoacán. Los datos recopilados permiten reconocer una diversidad taxonómica comparativamente baja con respecto al resto de América del Norte, a pesar de que el estudio de estos dinosaurios se iniciara de manera sistemática desde los 80's en México. Sólo cinco especies han sido descritas formalmente a partir de restos óseos y una icnoespecie, en tanto que otros restos fósiles sólo han sido vagamente identificados. La revisión de la historia del estudio de los hadrosaurios en México, así como las curvas obtenidas del correspondiente esfuerzo de muestreo, sugieren una abundancia y diversidad de estos dinosaurios distinta al resto de América.

Palabras clave.— Cretácico, icnitas, registro fósil, restos óseos.

INTRODUCCIÓN

Los hadrosaurios son un grupo muy diverso de dinosaurios ornitiscuos formalmente agrupados dentro de la superfamilia Hadrosauroidea (Huene, 1954) y comúnmente conocidos como “dinosaurios picos de pato” o “vacas del Cretácico” (Horner et

al., 2004). Actualmente, este clado incluye 98 especies dentro de 85 géneros (*obs. pers.*), agrupando representantes basales y troncales del grupo (nombrados aquí como hadrosauroideos primitivos), así como miembros derivados reunidos en la Familia Hadrosauridae y sus dos subfamilias, Saurolophinae y Lambeosaurinae (Fig. 1A).

A

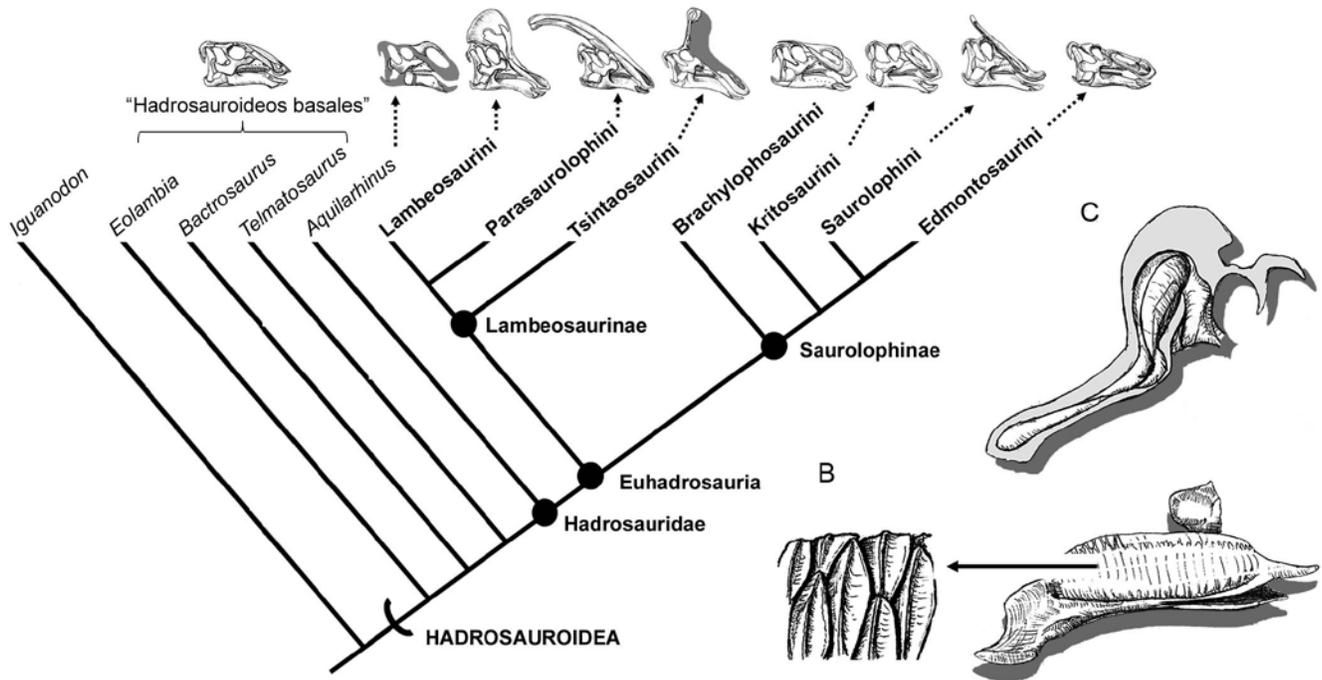


Figure 1. A, Phylogenetic relationship of the hadrosaur group (*sensu* Prieto-Márquez et al., 2019). B, C, Evolutionary innovations of hadrosaurids: B, illustration of a dentary in medial view, showing the arrangement of teeth in the form of a dental battery. C, Dorsal segment of the skull of a lambeosaurine dinosaur, showing the internal nasal passages of the cranial crest (illustrations by the author).

Figura 1. A, Relaciones filogenéticas del grupo de los hadrosaurios (*sensu* Prieto-Márquez et al., 2019). B, C, Innovaciones evolutivas de los hadrosaurios: B, ilustración de un dentario en vista medial, mostrando el acomodo de sus dientes en forma de una batería dental. C, Segmento dorsal del cráneo de un lambeosaurino, mostrando los pasajes nasales internos de la cresta craneal (ilustraciones del autor).

De acuerdo con Rabosky (2017), las innovaciones clave de los distintos clados, son aquellas novedades morfológicas que le permiten a un linaje interactuar de forma única y con la máxima eficiencia ante el medio ambiente, y además son verdaderas detonadoras de la diversificación taxonómica. En el clado de los hadrosaurios, estas innovaciones clave involucran al aparato masticador y al desarrollo de crestas craneales (Stubbs et al., 2019).

El sofisticado aparato masticador de estos dinosaurios herbívoros incluye cambios en el reemplazo y tamaño de los dientes, la estructura de la mandíbula y la disposición de los músculos asociados, los cuales dieron como resultado un mayor aprovechamiento de los alimentos (Horner et al., 2004; Strickson et al., 2016; Leblanc et al., 2016) (Fig. 1B). En estos dinosaurios, los dientes no eran reemplazados completamente, ni sus raíces eran reabsorbidas, como ocurre en otros vertebrados (Leblanc et al., 2016). Por el contrario, el uso de cada diente se optimizó al

máximo y sólo desaparecía tras ser desgastado en su totalidad (Leblanc et al., 2016). De esta manera, es común observar que cada alveólo alberga varios dientes surgidos en distintos momentos. Tras el reacomodo de estos elementos apareció una batería dental innovadora, compuesta de dientes de pequeño tamaño y de múltiples generaciones, que al ser apilados y entrelazados lateralmente dieron lugar a una superficie masticatoria creciente y continua (Horner et al., 2004; Leblanc et al., 2016). En los hadrosaurios más derivados (Familia Hadrosauridae; Fig. 1A), esta batería dental incluyó cerca de 300 dientes por mandíbula, con un máximo de 60 alveólos (Stubbs et al., 2019). También surgió un movimiento rotativo mandibular (Nabavizadeh, 2016) que involucró el reacomodo de los músculos asociados al movimiento de cada hemimandíbula y a la transformación de las mismas. Como resultado el proceso coronoideo se alargó y curvó mediolateralmente, la cresta coronoidea (el extremo dorsal del proceso coronoideo) se expandió rostrocaudalmente y la cresta labial dentaria se dilató rostralmente (Bell et al.,

2009; Cuthbertson et al., 2012; Nabavizadeh, 2014, 2016, 2020). Gracias a estas innovaciones, los hadrosaurios, de manera similar a los mamíferos y a otros dinosaurios ornitisquios (ver a Nabavizadeh, 2016), fueron capaces de procesar mejor la materia vegetal gracias a la mejora en la eficiencia masticadora (Galton, 1986; Weishampel & Norman, 1989).

Por otro lado, los hadrosaurios desarrollaron un mecanismo de exhibición-identificación (*display*) intraespecífica a partir del alargamiento y migración caudal de los conductos nasales, y de los huesos premaxilar y nasal (Horner et al., 2004; Evans, 2010; Bell et al., 2014; Prieto-Márquez et al., 2015; Fig. 1C). Estas estructuras resultaron en la aparición, en algunas especies, de una cresta craneal distintiva que pudo tener funciones en los procesos de termorregulación, respiración, defensa, alimentación y/o vocalización (Hone et al., 2011; Evans, 2010). Actualmente, es sabido que la familia de los hadrosáuridos desarrolló esta cresta craneal, que bien pudo estar constituida exclusivamente de tejidos blandos, como en *Edmontosaurus* (Bell et al., 2014) o bien soportada por elementos óseos como en la mayoría de los miembros de esta familia (Prieto-Márquez et al., 2019). De acuerdo con Horner et al. (2004), la cresta craneal apareció repetidamente en distintos subclados de hadrosáuridos, sin embargo, recientemente se ha señalado que la presencia de este rasgo representa una verdadera sinapomorfía de la familia y que dentro de sus subclados ésta se modificó de manera independiente en distintos pulsos (Prieto-Márquez et al., 2019; Stubb et al., 2019). Un pulso está presente en las formas ubicadas en la base de la subfamilia Lambeosaurinae (Fig. 1A), en las cuales estas crestas óseas son huecas. Otro pulso habría ocurrido en la tribu Saurolophini (Fig. 1A), donde las crestas son sólidas, aciculares y alargadas. Entre los hadrosáuridos, la presencia y forma de la cresta craneal es un rasgo peculiar que se supone intensificó la capacidad de comunicación interespecífica, afectando de manera positiva los hábitos gregarios, el cuidado parental, y posiblemente el comportamiento socio-sexual de estos dinosaurios (Horner et al., 2004; Stubb et al., 2019).

Alrededor del mundo, los hadrosaurios son conocidos por esqueletos casi completos, huesos aislados, dientes, impresiones de piel, huevos y rastros, los cuales, hacen de este registro fósil uno de los más rico entre los dinosaurios. Éstos constituyeron un grupo de dinosaurios ampliamente distribuido, muy abundantes en América del Norte y Eurasia mientras que en África y América del Sur son menos conocidos (Horner et al., 2004; Soto-Acuña et al., 2014; Cruzado-Caballero et al., 2018; Longrich et al., 2020, Meyer et al., 2020). Más de un siglo después del descubrimiento de fósiles de hadrosaurios en México (Haarmann, 1913; Janensch, 1926; Taliaferro, 1933, entre otros) y a pesar del creciente interés

por éstos (ej. Gudiño-Maussán y Guzmán, 2014; Ramírez-Velasco y Hernández-Rivera, 2015) las implicaciones científicas de los ejemplares encontrados, preparados y estudiados en México aún son relativamente poco significativas.

Tomando lo anterior, el objetivo de este trabajo es llevar a cabo una revisión crítica de la bibliografía científica que aborda el estudio de distintos aspectos de los hadrosaurios mexicanos. Esta revisión se hace con la intención de dar a conocer la importancia de estos fósiles en el escenario mundial e identificar los factores que han controlado su devenir histórico, para mejorar las futuras investigaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diversidad, abundancia y distribución

Se ha elaborado un registro de las colecciones paleontológicas públicas y privadas conocidas, que contengan fósiles de hadrosaurios provenientes de México (Tabla 1). A partir de esta revisión, y con ayuda de las referencias bibliográficas disponibles, se analizó la diversidad, abundancia y distribución de estos restos, así como del tipo de fósiles que estos representan y de los estudios que se han hecho al respecto.

Clasificación de documentos

El análisis cuantitativo y cualitativo del conocimiento de los hadrosaurios en México está basado en la revisión exhaustiva de 175 documentos publicados entre 1913 y 2019, en medios nacionales e internacionales, incluyendo libros, capítulos de libros, artículos especializados, resúmenes de congresos, tesis, y reportes de proyectos citados en artículos. Además, se ha creado una base de datos (Apéndice 1), donde se han considerado las siguientes categorías: Tipo de Publicación, Tipo de Estudio, Tipo de Fósil, Localidad y/o Unidad Geológica, Tipo de Asociación Paleontológica, y Grupo Taxonómico estudiado:

Tipos de Publicación.— Emulando a Cristín y Alvarado-Ortega (2017), los documentos se clasificaron como publicaciones científicas, resúmenes de congresos, compendios especiales (capítulos de libros), tesis, informes inéditos y publicaciones de divulgación (libros o revistas). Se consideraron como “informes inéditos” a aquellos textos que fueron elaborados *ad hoc* para reportar los logros alcanzados en un trabajo científico financiado (ej. Cervantes-León & Rivera-Sylva, 2008; Aguilar et al., 2013, 2014). De igual manera, se registraron como “publicaciones de divulgación” a aquellos textos publicados en libros y artículos de revistas no especializadas (= no arbitrada y/o no indexadas) que tienen como objetivo popularizar el conocimiento en los avances o el estado del arte de un tema científico particular (ej.

Table 1. List of paleontological collections with hadrosaur remains collected from Mexico, showing the number of active researchers from each institution.**Tabla 1.** Lista de colecciones paleontológicas con restos de hadrosaurios colectados de México, mostrando el número de investigadores activos de cada institución.

Investigadores activos	Colecciones institucionales y privadas con fósiles de hadrosaurios
—	Colección de Paleontología, Museo de Paleontología (UCMP), Universidad de California, Berkeley campus (UCMP). Berkeley.
—	Colección de Paleontología de Vertebrados, Museo de Historia Natural del Condado de los Ángeles (LACM). Los Ángeles.
—	Colección de Paleontología de Vertebrados, Museo del Real Ontario (ROM). Toronto.
—	Colección de Paleontología, Laboratorio de paleontología. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali.
—	Museo de Paleontología de Fronteras, Sonora. Municipio de Fronteras.
C.M. González León	Colección de Paleontología, Estación de la Región del Noroeste del Instituto de Geología, UNAM. Ciudad de Hermosillo.
—	Laboratorio de Arqueozoología, Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de México.
I. Ferrusquía Villafranca M. Montellano Ballesteros L. Espinosa Arrubarrena R. Hernández-Rivera	Colección Nacional de Paleontología (CNP) y Museo de Geología, Instituto de Geología, UNAM, Departamento de Paleontología. Ciudad de México.
—	Colección privada de Claudio de León, con registro del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Ciudad de Saltillo
—	Colección privada de Homero. San Miguel.
—	Colección privada de R. Guajardo (anteriormente colección de los Paleontólogos Aficionados de Sabinas Coahuila, PASAC). Sabinas
—	Colección de Paleontología. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería. Ciudad de Chihuahua
—	Colección privada de Homero. San Miguel.
H. Rivera Sylva M.C. Aguillón Martínez	Colección Paleontológica de Coahuila (CPC) y Colección Paleontológica de la SEPC. Museo del Desierto Coahuila. Ciudad de Saltillo.
—	Colección de Paleontología, Departamento de Petrografía, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes.
Espinosa Chávez C. Serrano Brañas	Museo y Laboratorio de Paleontología de la Benemérita Escuela Normal de Coahuila, Ciudad de Saltillo.
—	Museo de la Semilla. Ciudad de Chihuahua
—	Museo del Mamut. Colección privada del Sr. Roberto Fierro. Ciudad de Chihuahua.
—	Museo del Desierto Chihuahuense. Ciudad de Delicias.
F. Aguilar	Colección Paleontológica, Departamento de Paleontología, Centro INAH Coahuila (CIC). Ciudad de Saltillo.
R. Rodríguez de la Rosa	Colección del "Laboratorio de Paleontología". Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Biológicas. Ciudad de Zacatecas.
—	Colección privada y zona Paleontológica del Rancho Don Chuy. Asociación Civil Rancho Don Chuy. En Ciudad de Chihuahua (Colección) y zona paleontológica del Rancho Don Chuy en el Municipio de Aldama.
—	Colección de Paleontología, Museo de Paleontología de Múzquiz. Múzquiz.
—	Museo de Paleontología. Rincón Colorado.
—	Colección Docente de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Estado de México.
—	Colección privada y zona Paleontológica del Rancho Don Chuy. Asociación Civil Rancho Don Chuy. En Ciudad de Chihuahua (Colección) y zona paleontológica del Rancho Don Chuy en el Municipio de Aldama.
—	Colección de Paleontología, Museo de Paleontología de Múzquiz. Múzquiz.
—	Museo de Paleontología. Rincón Colorado.
—	Colección Docente de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Estado de México.

Hernández, 1994; Rodríguez de la Rosa, 2015; De León-Dávila, 2019).

Tipos de Estudio.— En esta categoría se discrimina el tipo o tema de estudio principal contenido en cada uno de los documentos analizados, con base en aquellos tipos ya conceptualizados por Weishampel (2014) (ej. Listado faunístico, Taxonomía general, Bioestratigrafía, Tejido blando y Paleoecología), más otros cuatro aquí sugeridos como: Método, Paleocnología, Tafonomía y Paleopatología. El tipo “Método” incluye documentos que describen nuevas técnicas de colecta, preparación, recopilación de datos y análisis de los materiales paleontológicos, o bien sugieren la implementación de mejoras a técnicas preexistentes, como en Gudiño-Maussán et al. (2018), quienes usaron la fotogrametría como una técnica de estudio de icnitas no invasiva. El tipo “Paleocnología” incluye documentos donde se describen y analizan fósiles trazas (huevos y pisadas) de manera detallada; por ejemplo, Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo (1996), que describen de manera detallada icnitas, los rastros y su ubicación estratigráfica.

El tipo “Tafonomía” reúne documentos que descubren y describen los procesos que afectan el modo de conservación de los fósiles, modificando los restos postmortem, como los rasgos que originaron dicho yacimiento; por ejemplo, Serrano-Brañas y Espinosa Chávez (2017), donde analiza el yacimiento fósil de un dinosaurio e interpreta el origen del tipo de acumulación de huesos. Finalmente, el tipo “Paleopatología” reúne documentos donde se describen las enfermedades conservadas en los fósiles, realizando interpretaciones de como estas afectaron la salud del organismo; por ejemplo, Ramírez-Velasco et al. (2016), donde se identifican las patologías en un hadrosaurio. Como caso especial el tipo “Taxonomía general” se modificó del de Weishampel (2014) para incluir trabajos donde se describan de manera detallada un resto osteológico, como la mayoría de las tesis.

Tipos de Fósiles.— En esta categoría se registra el tipo de fosilización que conserva la evidencia fósil reportada en cada documento, siguiendo los presentes criterios: icnitas (huellas), improntas tegumentarias (impresiones de piel), cáscaras o huevos, restos postcraneales, restos craneales, fragmentos óseos (nomenclatural y/o taxonómicamente no identificables), y esqueleto parcial (se refiere a fósiles que representan materiales craneal y postcraneal asociado).

Localidad y/o Unidad Geológica.— Para contrastar la calidad y cantidad de estudios elaborados en cada sitio paleontológico con hadrosaurios, se clasificaron los documentos publicados a partir de la localidad o unidad geológica de los fósiles abordados.

Tipo de Asociación Paleontológica.— Los documentos incluidos en este estudio fueron categorizados a partir de la pertenencia de los fósiles a alguno de los siguientes tipos de asociaciones paleontológicas (Serrano-Brañas, 2017): Icnitas aisladas (yacimiento donde sólo localizaron pisadas aisladas y no hay ningún otro tipo de fósiles), rastro (cuando se observan secuencia de icnitas de uno o más individuos), fósiles aislados, fósiles asociados, fósiles articulados, fósiles acumulados en superficies amplias (= *bonebeds*), o fósiles acumulados en superficies pequeñas o micrositos.

Grupo taxonómico.— Los documentos analizados aquí son asociados con el o los grupos taxonómicos estudiados.

Producción Científica Relativa

Se refiere a la cuantificación del número relativo de publicaciones científicas sobre los hadrosaurios generados en México y su posible impacto en el medio académico del país. Para ello, se recopilaron los datos disponibles en el portal The Paleobiology Data Base (PBDB; paleodb.org) hasta noviembre del 2019 y los datos obtenidos de la clasificación de documentos, siguiendo los criterios de distintos autores (López & Truylols, 1994; Benton et al., 2011). Con esta información, se generaron curvas de producción anual de publicaciones científicas con ayuda del paquete Excel (Apéndice 1 y 2). Éstas se analizaron para las cuatro regiones de América, que incluyen Canadá, Estados Unidos de Norte América, México y América del Sur (en donde se agruparon a Argentina, Bolivia, Brasil y Chile).

Diagrama de Venn

La representatividad de los hadrosaurios mexicanos respecto a la asociación específica y genérica de éstos en toda América, se estimó considerando las especies y géneros válidos reportados en las regiones de Canadá, Estados Unidos, América del Sur y México. Como resultado de esta comparación se presenta un Diagrama de Venn donde se señala el número de taxones compartidos por dos a más regiones y el porcentaje de estos elementos comunes respecto a toda América.

Curvas de rarefacción (esfuerzo de colecta)

Siguiendo a Roup (1975) y Benton et al. (2011), se generaron curvas de acumulación mediante la rarefacción individual para Canadá, Estados Unidos, América del Sur y México. En ellas se consideraron tanto especies válidas, así como ejemplares referidos a categorías taxonómicas supra específicas, señaladas como indeterminadas, conferidas o afines, reconocidos en las distintas unidades geológicas de cada región. Los datos de ocurrencia considerados aquí fueron obtenidos a través del PBDB (2019) (Apéndice 2) y procesados con el programa PAST

3.25 (Hammer et al., 2011), bajo los comandos de rarefacción individual, el log. Gamma por default, y con un intervalo de confianza del 95%. De igual manera se generaron curvas del esfuerzo muestral en las distintas unidades geológicas portadoras de restos de hadrosaurios en México, nuevamente empleando el programa PAST 3.25 (véase Apéndice 1 y 2).

RESULTADOS

Historia del estudio de los hadrosaurios de México

Ya entrada la segunda mitad del siglo XIX, Dollfus y Montserrat de la *Commission Scientifique du Mexique* (1867) reportaron el primer hallazgo en México de icnitas de dinosaurios en el Estado de Sonora (Fig. 2). A partir de entonces, se repitieron hallazgos similares en la parte norte del país, gracias al desarrollo de estudios geológicos emprendidos por investigadores nacionales (Vivar, 1925; Cabrera et al., 1984) y extranjeros (Haarmann, 1913; Taliaferro, 1933; Langstone & Oakes, 1954; Díaz et al., 1959; Murray et al., 1960; Weidie, 1961; Weidie & Murray, 1967; Weidie et al., 1972; McBride et al., 1974; Edmund, 1985) principalmente provenientes de la Universidad de California Berkeley y la Universidad de Luisiana. Sesenta años después, el paleontólogo alemán Werner Janensch (1926) identificó el primer dinosaurio de este país como *Monocloniuis* sp. (= *Centrosaurus* Lambe, 1904), un ceratópsido procedente del sitio Soledad Beds, Municipio Sierra Mojada, Coahuila. Recientemente, distintos autores (Rivera-Sylva & Carpenter, 2014; Rodríguez de la Rosa, 2015) han señalado que los restos de este ceratópsido mexicano en realidad son restos de un hadrosaurio.

Más de un siglo después de su descubrimiento en territorio mexicano, el primer proyecto de una institución nacional encaminado a estudiar los dinosaurios fue emprendido en 1978, liderado por los investigadores del Instituto de Geología de la UNAM Ismael Ferrusquía Villafranca, Shelton P. Applegate y Luis Espinosa Arrubarrena. Como resultado de este trabajo, se describieron huellas de terópodos y ornitópodos del Jurásico Tardío-Cretácico Temprano expuestas en el sitio de Playa Azul, Municipio Lázaro Cárdenas, Estado de Michoacán (Ferrusquía-Villafranca et al., 1978).

Aunque las icnitas de ornitópodos descubiertas por estos autores presentan algunos rasgos de hadrosaurios basales (*obs. pers.*), la determinación más precisa de éstas requiere de nuevos análisis. Posteriormente, Ferrusquía y sus estudiantes continuaron con el estudio de icnitas, incluyendo aquellas atribuibles a hadrosaurios del Cretácico tardío encontradas en Michoacán y Puebla (Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo, 1996; Ortíz-Mendieta, 2001; Fig. 3).

El primer hadrosaurio mexicano formalmente nominado es *Magnapaulia laticaudus* (inicialmente atribuido al género *Lambeosaurus*), cuyos restos fueron recuperados en el sitio El Rosario, en Baja California, entre 1966-1974, como parte de los resultados del proyecto del Dr. William J. Morris de la Universidad del Condado de Los Ángeles, que contó con la colaboración de los investigadores de la UNAM, I. Ferrusquía-Villafranca y S.P. Applegate (Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo, 1996) (Fig. 2). Este trabajo generó el impulso definitivo que los paleontólogos mexicanos requerían para encabezar las investigaciones de dinosaurios de este país.

En los albores de la década de 1980, Applegate (1988) lanza su publicación “¿Es México un país de Dinosaurios?”, que es fundamental para el desarrollo de futuros grupos de investigadores mexicanos dedicados a los dinosaurios. Ese mismo año, I. Ferrusquía-Villafranca y S.P. Applegate, acompañados por L. Espinosa Arrubarrena y Víctor Torres, aprovecharon la búsqueda de mamíferos mesozoicos en Coahuila para considerar la posibilidad de emprender futuros proyectos de dinosaurios en esta región (Espinosa et al., 1989; Fig. 2). Entonces, estos investigadores establecieron contactos con pobladores locales conocedores de múltiples localidades, entre los que se incluye a los señores José Rojas y Ramón López, quienes donaron algunos materiales hoy alojados en la UNAM. De manera paralela a estos eventos, en la región norte del país se estableció el Museo de Paleontología de Delicias “Roberto Fierro”, un museo privado que exhibe fósiles de México, incluyendo numerosos restos de hadrosaurios del Estado de Chihuahua desde 1982 (Fierro-Chavarría & Megías Rodríguez, 2019).

En 1987, un equipo del Instituto de Geología, que incluyó a René Hernández Rivera, L. Espinosa Arrubarrena y S.P. Applegate (quienes en conjunto con el Dr. I. Ferrusquía Villafranca pueden ser considerados como “padres” fundadores de la escuela mexicana de paleontología de dinosaurios), iniciaron el proyecto “Primer montaje de un dinosaurio colectado, preparado y armado en México”, también conocido como proyecto “Isauria”. Este proyecto fue apoyado por el CONACyT y contó con la colaboración del Grupo Antares (actualmente la SEPC) y miembros de la familia López (Espinosa et al., 1989; Hernández, 1994). Tal esfuerzo, permitió la colecta de restos óseos de varios hadrosaurios, como son el rostro de un *Kritosaurus navajovious* y de un ejemplar parcialmente completo que fue montado y exhibido en 1993, apodado “Isauria” (que más tarde fue identificado como *Latirhinus uitstlani* por Prieto-Márquez y Serrano-Brañas 2012). Dicho proyecto cumplió el objetivo de promover el interés en los dinosaurios por parte del público en general y paleontólogos académicos de México. Como consecuencia inmediata al

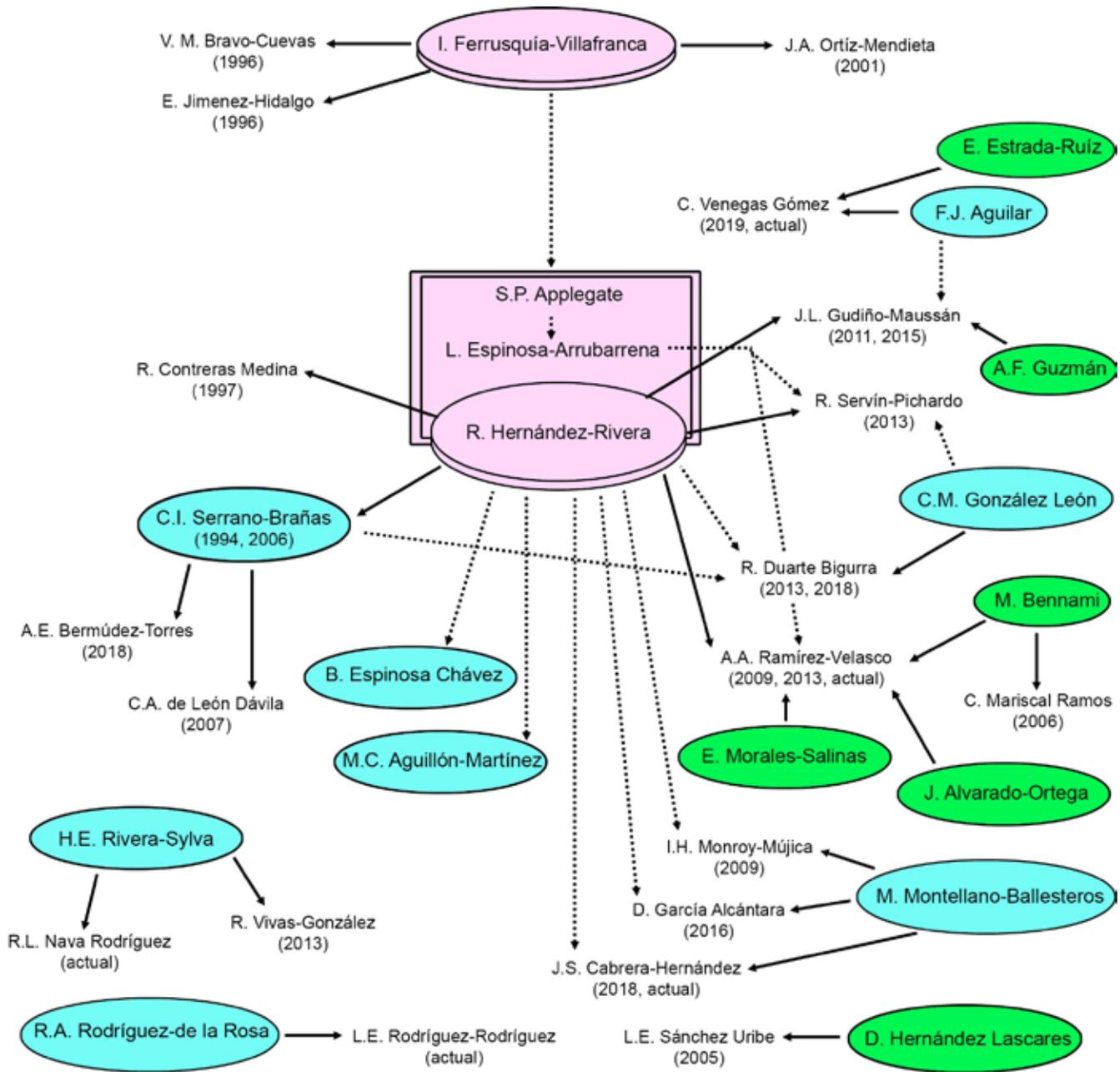


Figure 3. Student teacher relationships of Mexican researchers who have worked with hadrosaurs. Pink ovals denote the “fathers of dinosaur paleontology”. Blue ovals represent active researchers working with dinosaurs. Finally, green ovals are researchers who do not work per se with dinosaurs but have supervised these. Students are the ones who aren't in ovals. Solid arrows indicate direct teacher-student relationships who performed theses, while dotted arrows show indirect teacher-student relationships.

Figura 3. Relaciones maestro alumno de investigadores mexicanos que han trabajado con restos de hadrosaurios. Los óvalos rosas encierran a los “padres de la paleontología de dinosaurios”. Los óvalos azules representan investigadores activos que trabajan con dinosaurios. Por último, los óvalos verdes son investigadores que no trabajan per se con dinosaurios, pero han dirigido tesis sobre ellos. Los alumnos son los que no están en óvalos. Las flechas sólidas indican relaciones maestro-alumno directas que realizaron tesis, mientras, las flechas punteadas muestran las relaciones maestro-alumno indirectas.

proyecto, se incrementó el número de estudiantes interesados en este grupo y en el emprendimiento de nuevos proyectos, la aparición de más publicaciones de investigación y divulgación, así como el desarrollo de otras actividades de difusión científica (Espinosa et al., 1989; Hernández, 1994, 1996; de León Dávila, 2019; Fig. 3). Como resultado final, es posible señalar que sentó los precedentes que permitieron la creación del Museo del Desierto en la ciudad de Saltillo, Coahuila en 1999, dedicado a exhibir la riqueza paleontológica del Estado de Coahuila.

Entre 1992 y 2002, un grupo de investigadores, técnicos y estudiantes de la UNAM, la SEPC y la Dinamotion International Society continuaron con los trabajos de prospección y recolección de restos de dinosaurios en Coahuila, al norte de México, obteniendo logros importantes. Entre estos, se incluye el hallazgo del segundo hadrosaurio mexicano, posteriormente descrito como *Velafrons coahuilensis*, recuperado en el sitio Cerro de los Dinosaurios en Rincón Colorado, Municipio de General Cepeda y preparado en los laboratorios del Museo del Desierto, el Museo Royal Tyrrell y el Museo de Historia Natural de Utah (Kirkland et al., 2006; Gates et al., 2007).

Desde el año 1990, la participación de los paleontólogos de instituciones mexicanas en el estudio de los hadrosaurios se ha venido incrementando, diversificando, y ganando mayor relevancia en las esferas científicas internacionales, en cuanto a trabajos científicos especializados, artículos de divulgación, tesis y participaciones en encuentros científicos. En estos estudios los mexicanos han venido participando solos, o con colaboradores extranjeros, en la descripción de nuevas localidades, determinación de nuevas especies, en estudios sobre aspectos tafonómicos y paleoecológicos, así como en detalles paleopatológicos individuales (ej. Rodríguez de la Rosa et al., 2004; Benammi et al., 2005; Kirkland et al., 2006; Serrano-Brañas, 2006; Gates et al., 2007; Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012; Ramírez-Velasco et al., 2012, 2016; Servín Pichardo, 2013; Gudiño-Maussán y Guzmán, 2014; Serrano-Brañas & Espinosa-Chávez, 2017; Rivera-Sylva et al., 2019 a, b).

Naturaleza del registro fósil de hadrosaurios en México.

En esta sección se lleva a cabo una cuantificación de los sitios de colecta en México a partir de la naturaleza del registro fósil de hadrosaurios (dividido en restos óseos, dientes aislados, icnitas, improntas de tegumento y huevos) y de su distribución estratigráfica y geográfica (Tabla 2; Fig. 3).

Restos óseos.— El 85 % de los sitios paleontológicos portadores de hadrosaurios (Fig. 4; Tabla 2), contienen restos óseos (sin considerar dientes aislados). Estos sitios se localizan en Sonora,

Michoacán, Coahuila, Chihuahua y Baja California, cuya temporalidad comprende cerca de 18 mda, entre el Santoniano (ej. sitios de la región Tiquicheo, Michoacán) y el Maastrichtiano (ej. sitios de la región de Esqueda y Naco, en Sonora). De estos, sólo el 18% correspondientes a Tiquicheo, Michoacán, y las del Grupo Cabullona, Sonora, representan ambientes continentales. Por el contrario, el 82% de los sitios corresponden a ambientes transicionales. De estas localidades, en el 52 % se han recuperado sólo restos óseos del postcráneo (ej. El sitio La Esperanza y Norte de Saltillo). En cambio, en el 15% se han recuperado huesos postcraneales y craneales asociados (ej. El Rosario 7255 y Los Bonetes-sitio 6), en el 5% sólo elementos aislados del cráneo (ej. La Rosa y Rincón Colorado 035) y el 3% corresponde a fragmentos óseos indeterminables. Así, el 10 % de estos sitios son de naturaleza mixta, donde los huesos de hadrosaurio están acompañados por improntas de tegumento, dientes aislados y cáscaras de huevos (ej. Dinotata y Esqueleto, en el área del Rosario, Baja California). Es notable que, en México, los estudios descriptivos de estos hadrosaurios están basados principalmente en restos óseos procedentes de sitios con elementos del cráneo y postcráneo (Morris, 1981; Gates et al., 2007; Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012; Ramírez-Velasco et al., 2012).

Dientes.— Los dientes de los hadrosaurio son elementos fósiles comunes, en sitios donde se encuentran huesos craneales y postcraneales. Sin embargo, el 6 % de los sitios en México con restos de estos dinosaurios, conservan exclusivamente dientes aislados (Fig. 4; Tabla 2). Estos sitios de colecta o micrositos se ubican dentro de Coahuila y Baja California, cuya temporalidad comprende cerca de 10 mda dentro del Campaniano (ej. Bell Brown en Coahuila y Fiesta de Huesos en Baja California). Los distintos estudios de estos micrositos han concluido que estas asociaciones de fósiles corresponden a depósitos fluviales (Rodríguez de la Rosa y Cevallos-Ferriz, 1998; Monroy-Mújica, 2009; García Alcántara, 2016). Además de aportar información sobre la composición de las comunidades bióticas, los dientes son útiles para reconocer los hábitos alimenticios de los organismos. En un primer estudio, Rivera-Sylva et al. (2019b) establecieron que, en la región del Cerro del Pueblo en Coahuila, los hadrosaurios se alimentaban de vegetales relativamente más duros que los de las regiones más boreales de América del Norte. Es deseable que este posible gradiente latitudinal del tipo de alimento sea corroborado con el estudio de una muestra en la que se analicen dientes de hadrosaurios de otros sitios de colecta en México.

Huellas (icnitas).— Ferrusquía-Villafranca et al. (1995) emprendieron los primeros esfuerzos por caracterizar las icnitas

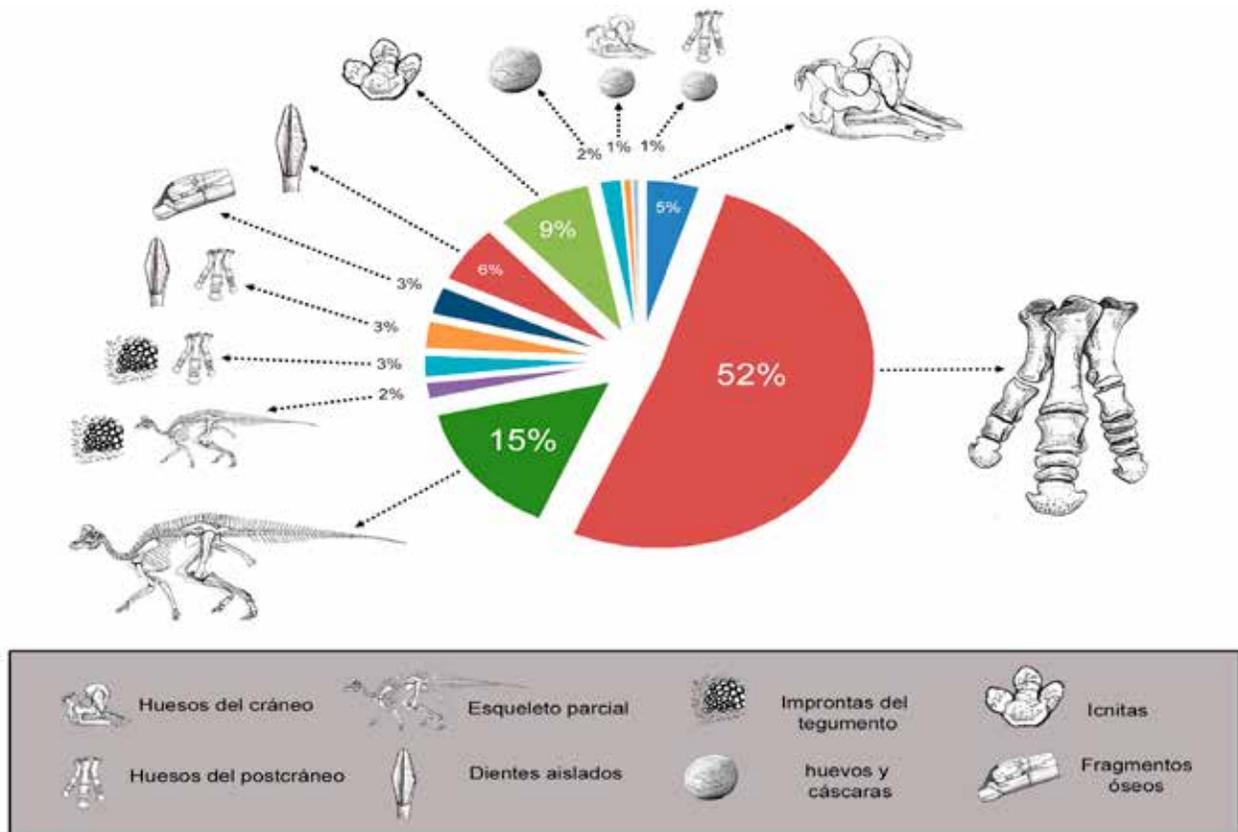


Figure 4. Graph on the nature of the hadrosaur fossil record in México (postcranial bones, cranial bones, partial skeletons, integument, isolated teeth, fragments, ichnites and eggs). The percentage of collection sites is displayed. Illustrations by the author.

Figura 4. Gráfica sobre la naturaleza del registro fósil de los restos de hadrosaurios en México (huesos postcraneales, huesos craneales, esqueletos parciales, tegumento, dientes aislados, fragmentos, icnitas y huevos). Se muestra el porcentaje de sitios de colecta con estas evidencias. Ilustraciones del autor.

de hadrosaurios en México, encontradas en Mitepec, Puebla. Desde entonces el estudio de icnitas de dinosaurios en México se ha incrementado notablemente (Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo, 1996; Ortíz-Mendieta, 2001; Eberth et al., 2003; Kappus et al., 2011; Servín-Pichardo et al., 2011). Actualmente, en este país existen 14 sitios con icnitas de hadrosaurios, con secuencias de pisadas o pisadas aisladas, los cuales representan el 9% de los sitios con fósiles de hadrosaurios del país (Tabla 2; Fig. 4).

Estos están concentrados en los estados de Coahuila, Chihuahua, Sonora, Michoacán y Puebla (Tabla 2) y se conservan en sustratos lacustres, fluviales y costeros datados entre el Albiano tardío al Maastrichtiano temprano (Ortíz-Mendieta, 2001; Kappus et al., 2011; Servín-Pichardo et al., 2011). Es notable que, cuando hay icnitas de otros dinosaurios en estos sitios, las huellas de hadrosaurio son las más abundantes (ej. Las Águilas A, Coahuila) (Gudiño-Maussán, 2016).

Huevos.— En México, el 4% de los sitios paleontológicos con restos de hadrosaurio contienen huevos o cáscaras, atribuibles a este grupo (Tabla 2; Fig. 4). De estos sitios, sólo el 2% contiene exclusivamente cáscaras, mientras que en el resto los huevos están asociados a restos óseos de individuos perinatales (embriones o recién nacidos indiferenciables).

Estos fósiles han sido encontrados principalmente en sitios con sedimentos fluviales del Campaniano, pertenecientes a dos unidades geológicas, las formaciones El Gallo y Cerro del Pueblo, en Baja California y Coahuila respectivamente (Rodríguez de la Rosa, 1996; Brinkman et al., 2002; Aguillón-Martínez et al., 2004; Cabrera-Hernández et al., 2017; Cabrera-Hernández, 2018). De acuerdo con Cabrera-Hernández (2018), al menos dos morfotipos de la oofamilia Spheroolithidae están representados entre las cáscaras de la Fm. El Gallo, las cuales se sugieren que pertenecían a lambeosaurinos y saurolofinos respectivamente (Tabla 2).

Table 2. Localities in Mexico with hadrosaurs remains. Abbreviations: Gpo., Geological group; Fm, geological formation; Mb, Geological member. Esq, Skeleton.**Tabla 2.** Localidades en México con restos de hadrosaurios. Abreviaturas: Gpo., Grupo geológico; Fm, Formación geológica; Mb, Miembro geológico. Esq, Esqueleto.

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias
Fm. Mojado, Mb. Sarten. Albiano tardío-Cenomaniano temprano (26)	Sitio Ladrillera	lcnitas	Rastro	<i>Hadrosauropodus leonardii</i>	26
	Thallasinoides burrow	lcnitas	Rastro		
Estrato Soledad. Maastrichtiano (24, 53), Campaniano (54)	Sierra Mojada	Postcraneal	Asociado	Hadrosauridae	24, 53
Área Jiménez. Cretácico temprano (*)	Arenales		Asociado	Hadrosauridae	49
	Chamel	Postcraneal			
	Doctor		Aislado		
Fm. La Bocana Roja. Campaniano tardío (35), Turoniano-Santoniano (39)	El Rosario 7257	Postcraneal	Aislado	Hadrosauridae	45
	El Rosario 7258	Fragmentos			
	Arroyo El Rosario	Postcraneal	Asociado	Lambeosaurinae	35
	El Rosario 7256				
	El Rosario 7255				Esq. Parcial
Fm. San Carlos. Campaniano temprano (77), Coniaciano-Santoniano (12, 33)	Potrero del Llano	Postcraneal	¿Acumulación en masa?		32
	Cerca de Ojinaga	?	?	Hadrosauridae	76
	Rancho Don Chuy	Postcraneal	Asociado		*
Fm. Cutzamala, Unidad Barranca Los Bonetes. Santoniano Tardío (86.8-84 mda)(3)	Los Bonetes sitio 1		Aislado		3
	Los Bonetes sitio 2	Postcraneal		Hadrosauroidae	31
	Los Bonetes sitio 5		Asociado		
	Los Bonetes sitio 3	Esq. fragmentado		<i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i>	48
	Los Bonetes sitio 6	Esq. parcial	Articulado		
Arenisca Aguililla. Base del Cretácico tardío (41)	Afloramiento C		Aislada	<i>Hadrosauropodus?</i>	15, 41
	Afloramiento principal	lcnitas	Rastro		

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias		
Fm. El Gallo, Miembro Disecado. Campaniano tardío (73.58 a 74.87 mda) (51)	El Rosario 66168	Esq. parcial y piel	Acumulación en masa	<i>Magnapaulia laticaudus</i>	38		
	Arroyo del Rosario Norte	Dientes y postcraneal					
	El Rosario 6751	Postcraneal	Articulados				
	Arroyo del Rosario Oeste						
	El Rosario Arriba 6752	Esq. parcial	Asociados				
	El Rosario Arriba 6753	Postcraneal	Aislados				
	El Rosario Arriba 6754						
	El Campo de la Fortuna		Asociados				
	El Rosario 3299	Dientes	¿Micrositio?		Hadrosauridae		
	El Rosario 3307					45	
	Lost Pick					Aislado	
	Misty Hill						
	Misty Hill 2						
	El Rosario 3311						
	El Rosario 3303						
	El Rosario 3318						
	El Rosario 3540					Postcranea y dientes	Asociados
	El Rosario 7253						
	Punta San Isidro	Postcraneal			29		
	Dinotata	Cáscaras y postcraneal			Hadrosauridae y Spheroolithidae	7	
Fiesta de Huesos	Diente	Micrositio	<i>Magnapaulia laticaudus?</i>	14			
Cascarita							
	Cáscaras		Spheroolithidae	7			
Sin nombre				59			

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias
Fm. El Gallo, Miembro Disecado. Campaniano tardío (73.58 a 74.87 mda) (51)	Esqueleto	Cáscaras	Micrositio	Spheroolithidae	7
		Craneal	articulado	Kritosaurini	
Gpo. Cabullona, Columna Fronteras. Campaniano medio (76.7 mda) (17)	Puerto Viejo	Fragmentos	Aislado		
	"El Álamo"				49
	El Alamito			Hadrosauridae	
	Tascalar				
	Alamitos sitio 2	Postcraneal	Asociado		
	Alamitos sitio 2 (H2)				8
	Agua de los Conejos			Saurolophinae	
	Alamitos sitio 1 (H1)				
Fm. Aguja, Mb. Lutita Homero. Campaniano temprano-medio (Chron C39) (4)	Parque Nacional Cañón de Santa Elena	Esq. Parcial	?	Saurolophinae y <i>Kritosaurus</i>	76
	El Ojito-B		?		69
	Cri-Cri				
	Dueto Miseria				
	Álamos de Márquez			Aislado	
	El Rebaje			Hadrosauridae	49
	La Esperanza	Postcraneal			
	Bengis Bar				
	Altares				47
	La Salada			Asociado	55
	Jicoteas			Hadrosauridae y Saurolophinae	49
	Oeste de El Carricito (Las Jicoteas)			cf. <i>Kritosaurus</i>)	55
	El Ojito-C	Huesos	Articulado	Hadrosauridae	*

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias
Fm. Aguja, Mb. Lutita Homero. Campaniano temprano-medio (Chron C39)(4)	Las Garzas	Esq. parcial	Asociado	Hadrosauridae, Lambeosaurinae y Saurolophinae	71
	Anizul	Huesos	Asociado	Saurolophinae	36
	Pico de Pato	Craneal	Aislado	Saurolophinae	36
	Bell Brown	Diente	Micrositio	Saurolophinae	37
Fm. Cerro del Pueblo. Campaniano Tardío (72.5 a 73 mda)(10, 75)	El Pelillal	Diente	Micrositio		61
	Hedionda	Fragmentos			
	Estación Buñuelos		Aislado		
	El Barril				
	Los Pinos	Postcraneal			
	Ejido Puebla				49
	Sitio Ceratopsio			Hadrosauridae	
	Cruce de Caminos				
	El Carmen (Coah 18)	Esq. parcial			
	René 1	Postcraneal			
	La Hedionda Chica				
	Cerro de los Dinosaurios cantera 4	Craneal	Asociado		27
	Cerro de los Dinosaurios cantera 5	Postcraneal y piel			21
	Cerro de los Dinosaurios cantera 8				
	Cañada Ancha	Huesos		cf. <i>Velafrons</i>	74, 52
	Norte de Saltillo	Postcraneal		Lambeosaurinae	53
	Cerro de los Dinosaurios cantera 1			Hadrosauridae y Lambeosaurinae	20, 27
El Palmar	Esq. parcial		Hadrosauridae, Lambeosaurinae y Saurolophinae	46, 49, 67	
Cerro de los Dinosaurios cantera 2	Postcraneal	Acumulación en masa	Saurolophinae	27	

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias
Fm. Cerro del Pueblo. Campaniano Tardío (72.5 a 73 mda)(10, 75)	Cerro de los Dinosaurios cantera 3	Postcraneal y piel	Acumulación en masa	Hadrosauridae y Saurolophinae	27
	La Rosa	Craneal	Asociado	Saurolophinae	46
	Cerro de los Dinosaurios cantera 7	Esq. parcial		Lambeosaurinae	27
	Cerro de los Dinosaurios cantera 7A	Esq. parcial y piel	Articulado	<i>Velafrons coahuilensis</i>	1, 16
	Cantera dinosaurios "Pico de pato" (La Rosa)			Hadrosauridae y Lambeosaurinae	64
	Rincón Colorado 008	Esq. parcial			
	Rincón Colorado				
	Rincón Colorado FA	Postcraneal	Asociado	Hadrosauridae	48
	Rincón Colorado 006				
	Porvenir de Jalpa	Postcraneal y piel			
	Rincón Colorado 018	Esq. Parcial			
	La Parrita	Postcraneal y dientes	Acumulación en masa /micrositio	Hadrosauridae y Saurolophinae	57, 73
	Rincón Colorado Coah20	Postcraneal	Acumulación en masa		49
	Rincón Colorado 035	Craneal	Aislado		
	Pisicola			47	
	Rincón Colorado 020	Postcraneal	Asociado		
	Rincón Colorado 037	Craneal	Aislado		49
	Rincón Colorado 040	Postcraneal		Hadrosauridae	
	Rojas II	Huesos y piel	Articulado		22, 49
	Rojas I	Esq. parcial			
	Valle de los Tiranos				
	Dinosaurio Armado	Postcraneal	Asociado		49
	Las Pedreras				

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias	
Fm. Cerro del Pueblo. Campaniano Tardío (72.5 a 73 mda)(10, 75)	Snake y las Torres	Postcraneal	Asociado		49	
	B1	?	?	Hadrosauridae	27	
	B2	Postcraneal	Asociado			
	SPA 88-9	Esq. parcial	Acumulación en masa	<i>Latirhinus uitstlani</i> , Lambeosaurinae y Saurolophinae	11, 44	
	Cantera HB			Saurolophinae	49	
	Presa San Antonio	Postcraneal	aislado?	Kritosaurini	43, 46	
		Craneal	Articulado	<i>Kritosaurus navajovius</i>	27, 46	
	Dinopato	Esq. parcial	Articulado	Parasaurolophini	50	
	Camino de Las Águilas	Craneal	Articulado	<i>Velafrons?</i>	1, 9	
	Área Presa San Antonio		Asociado	Lambeosaurinae	63	
	BENC 23		Aislado		66	
	BENC sin nombre				53	
	Lala's Place 2	Postcraneal		Hadrosauridae	72	
	Lala's Place 3		Asociado			
	Capa de dinosaurio 1				75	
	Capa de dinosaurio 2					
	LA-11, LA-9, LA-14	Esq. parcial	?	?	Lambeosaurinae	56
	Cuesta A	?	?	?	Hadrosauridae	60
	Las Águilas A					9
	El Paso del Oso	Icnita		Rastros	<i>Hadrosauropodus?</i>	18, 19
	La Rosa tracksite					
	Fraustro	Craneal	Aislado		Saurolophinae	65
	El Pantano	Cáscara	Micrositio		Sphaeroolithidae	2, 6, 62

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias	
Fm. El Rosario. Campaniano tardío-Maastrichtiano tardío (39)	El Destiladero	Postcraneal	Aislado	Hadrosauridae	25	
	El Rosario				23	
Gpo. Cabullona, Columna Esqueda. Maastrichtiano tardío (70.6 a 69.8 mda) (17)	Carro Quebrado R2	Icnitas	Rastro	<i>Hadrosauropodus?</i>	68	
	Carro Quebrado R3		Aislada			
	Esqueda I8					
Gpo. Cabullona, Columna Naco. Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano (72 a 73 mda) (17)	Musteñas-Magallanes	Postcraneal y dientes	Asociado	Hadrosauridae	70	
	Sin nombre		Aislado			
	SON-27			Asociado	49	
	SON-30					
	Naco-loc. 4			Hadrosauridae		
	Naco-loc. 2	Postcranleal				
	Naco-loc. 1					
	Naco-loc. 29		Aislado		30	
	Naco-loc. 32				Saurolophinae	
	Naco-loc. 16					
Naco-loc. 17						
Fm. Javelina. Maastrichtiano (69)	El Ojito-A	Postcraneal	Asociado	Hadrosauridae	69	
Fm. Olmos. Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano (13, 58), Maastrichtiano temprano o medio (42)	El Mezquite	Esq. parcial		Saurolophinae ("Sabinasauria")	28	
	Santa Helena	Fragmentos			34	
	Polvorín			Asociado		
	Cañon del Oso				Hadrosauridae	49
	Palaú	Postcraneal				
	Phelan			Aislado		
	Mina la Mimosa					

Unidad geológica / edad	Sitios de colecta	Tipo de fósil	Tipo de yacimiento	Taxón/parataxón	Referencias
Fm. Cerro Huerta. Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano (10, 27)	La Parrita-tracksite	Ícnita		<i>Hadrosauropodus?</i>	61
	Altamira	Postcraneal	Aislado		27
	Tanque	Fragmentos		Hadrosauridae	49
	Cuesta A	?	?		
Fm. Mezcala. Maastrichtiano (5)	Mitepec localidad 1		Rastro		
	Mitepec localidad 2	Ícnitas	Aislado	<i>Hadrosauropodus?</i>	5
	Mitepec localidad 3		Varios rastros		

Tegumento (improntas de piel).— El primer hallazgo de impresiones de la piel de un hadrosaurio en México corresponde a aquellos asociados a *Magnapaulia laticaudus*, descubierto en la Formación El Gallo, Baja California (Morris, 1981). Más tarde, Hernández y Kirkland (1993) reportaron un hallazgo similar en sedimentos de la Formación Cerro del Pueblo. Actualmente, las improntas de piel fósil atribuibles a hadrosaurios son escasas en México y poco estudiadas (Tabla 2; Fig. 4). Estos fósiles están presentes sólo en el 5% de los sitios aquí considerados y, en todos los casos, éstos se descubrieron en asociación con restos óseos postcraneales y en sedimentos lagunares de ambientes costeros (Morris, 1981; Hernández y Kirkland, 1993).

La diversidad, abundancia y distribución de los hadrosaurios de México

Hasta hoy, la diversidad, abundancia y distribución de los hadrosaurios en México se conoce a partir de los fósiles descubiertos en 167 sitios, expuestos en 18 unidades geológicas, cuyas edades se ubican dentro del rango Albiano al Maastrichtiano (Tabla 2).

Para fines comparativos, en este trabajo, los hadrosaurios se dividen en cuatro grupos, incluyendo dos de naturaleza parafilética, los Hadrosauroidea no-hadrosáuridos o hadrosauroideos basales, los Hadrosauridae no-euhadrosauria o hadrosáuridos basales, así como dos clados, los Lambeosaurinae o lambeosaurinos y los Saurolophinae o saurolofinos.

Diversidad taxonómica.— En México, existen representantes de hadrosauroideos basales, lambeosaurinos y saurolofinos,

que están figurados por cinco especies, distribuidas entre cuatro géneros, así como abundantes restos encontrados en 103 sitios, referidos como Hadrosauridae indet (Tablas 2 y 3; Fig. 5). Los hadrosauroideos basales están representados por una especie, *Huehucanauhtlus tiquichensis*, y otros restos indeterminados procedentes de cuatro sitios paleontológicos, referidos como Hadrosauroidea indet. Los lambeosaurinos están representados por dos especies, *Magnapaulia laticaudus* y *Velafrons coahuilensis*, un ejemplar identificado como cf. *Velafrons*, un Parasaurolophini indet, y otros restos procedentes de 11 sitios paleontológicos referidos como Lambeosaurinae indet (Fig. 5). Finalmente, los saurolofinos están representados por dos especies, *Kritosaurus navajovious* y *Latirhinus uitstlani*, el ejemplar conocido como “Sabinasaura”, dos sitios con Kritosaurini indet., uno de *Kritosaurus* sp., y otro cf. *Kritosaurus*, como otros restos procedentes de 16 sitios paleontológicos referidos como Saurolophinae indet (Fig. 5). En contraste, estos cuatro grupos de hadrosaurios mencionados están bien representados en Estados Unidos y Canadá, donde se han descrito 31 y 14 especies (Tabla 3), mientras que en América del Sur se cuenta con 3 especies, *Lapampasaurus cholinoi*, *Bonapartesaurus rionegrensis* y *Secernosaurus koernerii* y varias formas indeterminadas de hadrosauroideo basal, hadrosáuridos y saurolofinos (Tabla 3).

Distribución estratigráfica y geográfica.— Los fósiles más antiguos de hadrosaurios en México son ícnitas y posiblemente restos óseos (Tabla 2; Fig. 5). Por un lado, las ícnitas de estos dinosaurios del Albiano tardío-Cenomaniano temprano de la Formación Mojado, al norte de Chihuahua, fueron descritas como *Caririchnium leonardi* (= *Hadrosauropodus leonardi sensu*

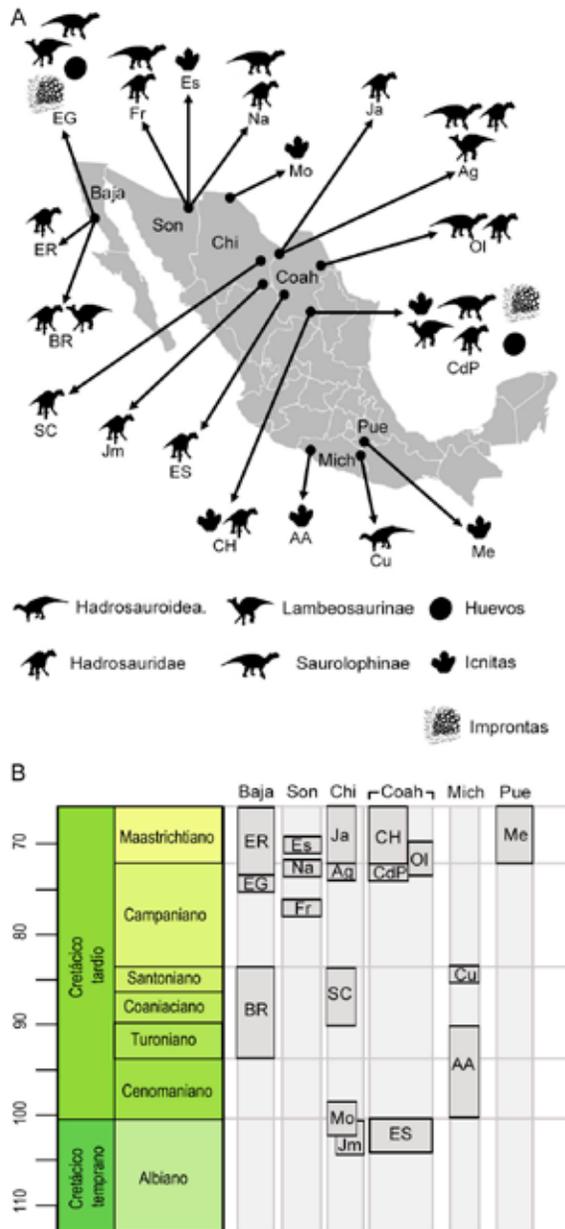


Figure 5. A) Map of México showing the location of the different taxonomic groups of hadrosaurs, such as their remains of eggs, ichnites and tegument. B) the temporality of the geological units with hadrosaur remains.

Figura 5. A) Mapa de México mostrando la localización de los distintos grupos taxonómicos de hadrosaurios, como sus restos de huevos, icnitas y tegumento, B) como la temporalidad de las unidades geológicas portadoras de restos de hadrosaurios.

Abbreviations / Abreviaturas: AA. Arenisca Aguillilla; Ag. Fm. Aguja; Baja. Baja California; BR. Fm. La Bocana Roja; CdP. Fm. Cerro del Pueblo; CH. Fm. Cerro Huerta; Chi. Chihuahua; Coah. Coahuila; Cu. Fm. Cutzamala; EG. Fm. El Gallo; ER. Fm. El Rosario; Es. Columna Esquedá; ES. Estrato Soledad; Fr. Columna Frontera; Ja. Fm. Javalina; Jm. Área de Jiménez; Me. Fm. Mezcala; Mich. Michoacán; Mo. Fm. Mojado; Pue. Puebla; SC. Fm. San Carlos; Son. Sonora; Na. Columna Naco; OI. Fm. Olmos.

Díaz-Martínez et al., 2015) (Kappus et al., 2011). Por otro lado, los restos óseos de “hadrosauridae” del área de Jiménez, al sureste de Chihuahua (Ramírez-Velasco et al., 2014), y de la Unidad Estrato Soledad, al suroeste de Coahuila (Janensch, 1926; Rivera-Sylva et al., 2007; Rivera-Sylva & Carpenter, 2014), posiblemente fueron recuperados en yacimientos del Cretácico temprano que, en ambos casos, se ubican en los afloramientos de rocas marinas someras de edad Albiana pertenecientes a la Formación Aurora (*obs. pers.*).

En comparación, los fósiles de hadrosaurios mexicanos del Cretácico tardío son más diversos, abundantes e incluyen hallazgos en sitios de las regiones norte, sur y oeste del país (Tabla 2; Fig. 2). En el Cenomaniano-Santoniano se destacan las icnitas de hadrosáuridos descubiertas en la Unidad Arenisca Aguillilla, en Michoacán (Ortíz-Mendieta, 2001), así como los restos óseos de los lambeosaurinos y hadrosauridae de la Fm. Bocana Roja, Baja California (Molnar, 1974; Hilton, 2003; Prieto-Márquez et al., 2012); los restos de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* y los hadrosauroides indeterminados de la Barranca de los Bonetes, Michoacán (Benammi et al., 2005; Ramírez-Velasco et al., 2012; Ramírez-Velasco y Hernández-Rivera, 2015); y los hadrosáuridos de los yacimientos de la Formación San Carlos, en Chihuahua (Westgate et al., 2002 a, b, c; Estrada-Ruíz y Martínez-Cabrera, 2011; Martínez Reza *com. pers.* 2019). Entre estos, se destaca el hallazgo del lambeosaurino más antiguo en México, de la Fm. Bocana Roja (Hilton, 2003), así como, la presencia de *Huehuecanauhtlus tiquichensis*, el primer hadrosauroides primitivo del país (Ramírez-Velasco et al., 2012). Esta especie fué encontrado en yacimientos vulcanosedimentarios de la Fm. Cutzamala, expuestas en la Barranca de los Bonetes (Ferrari et al., 2009; Villanueva-Amadoz et al., 2014).

En México, como en el resto de América del Norte, los restos óseos e icnológico de hadrosáuridos alcanzaron su mayor diversidad y abundancia durante el Campaniano (ej. Gates et al., 2012; Fig. 5B). Entre los restos óseos de hadrosaurios de esta edad, se han identificado saurolofinos y lambeosaurinos en la mayoría de los sitios, como son la Columna Fronteras del Grupo Cabullona, Sonora (Duarte-Bigurra, 2013; Ramírez-Velasco et al., 2014; González-León et al., 2017) la Fm. El Gallo, en Baja California (Langstone & Oakes, 1954; Morris, 1981; Rodríguez de la Rosa, 1998; Hilton, 2003; Prieto-Márquez et al., 2012; García-Alcántara, 2016; Cabrera-Hernández et al., 2017; Cabrera-Hernández, 2018), Fm. Aguja, en Chihuahua y Coahuila (Montaño et al., 2009; Monroy-Mújica, 2009; Rivera-Sylva et al., 2009; Torres-Rodríguez et al., 2010; Westgate et al., 2002 a, b, c; Ramírez-Velasco et al., 2012; Ramírez-Velasco & Hernández-Rivera, 2015; Shiller, 2017); y la Fm. Cerro del

Table 3. Abundance and specific richness of American hadrosaurs. Data taken from PBDP (Appendix 2).**Tabla 3.** Abundancia y riqueza específica de hadrosaurios de América. Datos tomados de PBDP (Apéndice 2).**Abbreviations /Abreviaturas:** EUA. Estados Unidos; Can. Canadá; Mx. México; SUA. América del Sur.

Taxones	Edad	CAN	EUA	MX	SUA
Hadrosoidea indeterminados	Cenomaniano medio-Campaniano		4	3	1
Hadrosoidea sin nombre (ver Jujihara et al., 2017)	Maastrichtiano				1
<i>Protohadros byrdi</i> Head, 1998	Cenomaniano medio		1		
<i>Eolambia caroljonesa</i> Kirkland, 1998	Cenomaniano temprano		7		
<i>Claosaurus agilis</i> (Marsh, 1872)	Coniaciano tardío		1		
<i>Claosaurus</i> Marsh, 1890	Campaniano		2		
<i>Lophorhothon atopus</i> Langston, 1960	Campaniano temprano		1		
<i>Jeyawati rugoculus</i> McDonald, Wolfe y Kirkland, 2010	Turoniano medio		1		
<i>Huehucanauhtlus tiquichensis</i> Ramírez-Velasco, Benammi, Prieto-Márquez, Alvarado-Ortega y Hernández-Rivera, 2012	Santoniano tardío			2	
<i>Eotrachodon orientalis</i> Prieto-Márquez, Erickson y Ebersole, 2016	Santoniano tardío		1		
Hadrosauridae indeterminados	Albiano-Maastrichtiano	140	463	37	15
<i>Hadrosaurus foulkii</i> Leidy, 1858	Campaniano		5		
<i>Hadrosaurus</i> Leidy, 1858	Campaniano-Maastrichtiano	2	4		
<i>Aquilarhinus palimentus</i> Prieto-Márquez, Wagner y Lehman, 2019	Campaniano temprano		1		
<i>Lapampasaurus cholinoi</i> Coria, González Riga y Casadio, 2012	Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano				1
Sauropodinae indeterminados	Santoniano-Maastrichtiano	6	79	14	2
<i>Latirhinus uitstlani</i> Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012	Campaniano tardío			1	
<i>Bonapartesaurus rionegrensis</i> Cruzado-Caballero y Powell 2017	Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano				1
<i>Acristavus gagslarsoni</i> Gates, Horner, Hanna y Nelson, 2011	Campaniano temprano-medio		2		
<i>Maiasaura peeblesorum</i> Horner y Makela, 1979	Campaniano medio-tardío		5		
<i>Maiasaura</i> Horner y Makela, 1979	Santoniano-Campaniano		2		
<i>Brachylophosaurus canadensis</i> Sternberg, 1953	Campaniano tardío	2	4		
<i>Probrachylophosaurus bergeri</i> Freedman Fowler y Horner, 2015	Campaniano tardío		1		
Kritosaurini indeterminados	Campaniano		1	1	
<i>Rhinorex condrupus</i> Gates y Scheetz, 2014	Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano		1		
<i>Gryposaurus notabilis</i> Lambe, 1914	Campaniano tardío	10	1		
<i>Gryposaurus latidens</i> Horner, 1992	Santoniano tardío-Campaniano temprano		2		
<i>Gryposaurus monumentensis</i> Gates y Sampson, 2007	Campaniano tardío		1		
<i>Gryposaurus alsatei</i> ? Lehman, Wick y Wagner, 2016	Maastrichtiano medio-tardío		1		
<i>Gryposaurus</i> Lambe, 1914	Santoniano-Campaniano		4		

Taxones	Edad	CAN	EUA	MX	SUA
<i>Kritosaurus horneri</i> Hunt y Lucas, 1993	Campaniano tardío		1		
<i>Kritosaurus navajovius</i> Brown, 1910	Campaniano tardío		8	1	
<i>Kritosaurus</i> Brown, 1910	Santoniano tardío-Maastrichtiano temprano	2	17	1	
<i>Naashoibitosaurus ostromi</i> Hunt y Lucas, 1993	Campaniano tardío		1		
<i>Secernosaurus koerneri</i> Brett-Surman, 1979	Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano				3
<i>Prosaurolophus maximus</i> Brown, 1916	Campaniano tardío	9	3		
<i>Prosaurolophus</i> Brown, 1916	Campaniano tardío	2			
<i>Augustynolophus morrissi</i> (Prieto-Márquez y Wagner, 2013)	Maastrichtiano tardío		2		
<i>Saurolophus osborni</i> Brown, 1912	Maastrichtiano temprano	2			
<i>Saurolophus</i> Brown, 1912	Maastrichtiano temprano	2	2		
<i>Edmontosaurus annectens</i> Marsh, 1892	Maastrichtiano temprano	2	19		
<i>Edmontosaurus regalis</i> Lambe, 1917	Maastrichtiano temprano-tardío	6	1		
<i>Edmontosaurus</i> Lambe, 1917	Coniaciano tardío-Maastrichtiano	7	40		
Lambeosaurinae indeterminados	Santoniano tardío-Campaniano tardío	17	21	7	
<i>Angulomastacator daviesi</i> Wagner y Lehman, 2009	Campaniano medio		1		
<i>Adelolophus hutchisoni</i> Gates, Jinnah, Levitt y Getty, 2014	Campaniano temprano-medio		1		
Lambeosaurini indeterminados	Campaniano-Maastrichtiano temprano		2	1	
<i>Hypacrosaurus stebingeri</i> Horner y Currie, 1994	Campaniano medio-tardío	3	12		
<i>Hypacrosaurus altispinus</i> Brown, 1912	Campaniano tardío-Maastrichtiano temprano	14			
<i>Hypacrosaurus</i> Brown, 1912	Campaniano tardío		1		
<i>Corythosaurus intermedius</i> Parks, 1923	Campaniano tardío	6			
<i>Corythosaurus casuarius</i> Brown, 1914	Campaniano tardío	16	2		
<i>Corythosaurus</i> Brown, 1914	Campaniano tardío	1			
<i>Lambeosaurus clavinalis</i> Sternberg, 1935	Campaniano tardío	5			
<i>Lambeosaurus lambei</i> Parks, 1923	Campaniano tardío	11			
<i>Lambeosaurus magnicristatus</i> Sternberg, 1935	Campaniano tardío	2			
<i>Lambeosaurus</i> Parks, 1923	Campaniano tardío	1			
<i>Magnapaulia laticaudus</i> (Morris, 1981)	Campaniano tardío			4	
<i>Velafrons coahuilensis</i> Gates, Sampson, Delgado de Jesús, Zanno, Eberth, Hernández-Rivera, Aguillón-Martínez y Kirkland, 2007	Campaniano tardío			1	
Parasaurolophini sin nombre (ver Ramírez-Velasco et al., 2019)	Campaniano tardío			1	
<i>Parasaurolophus walkeri</i> Parks, 1922	Campaniano tardío	2			
<i>Parasaurolophus tubicens</i> Wiman, 1931	Campaniano tardío		4		

Taxones	Edad	CAN	EUA	MX	SUA
<i>Parasaurolophus cyrtocristatus</i> Ostrom, 1961	Campaniano tardío		2		
<i>Parasaurolophus</i> Parks, 1922	Campaniano tardío	1	8		
Spheroolithidae indeterminados	Albiano tardío-Cenomaniano temprano		1		1
<i>Spheroolithus albertensis</i> Zelenitsky y Hills, 1997	Campaniano medio-tardío	5	1		
<i>Spheroolithus chateauensis</i> Jackson y Varricchio, 2010	Campaniano temprano		4		
<i>Spheroolithus maiasauroides</i> Mikhailov 1994	Campaniano medio		1		
<i>Spheroolithus</i> Zhao, 1979	Maastrichtiano		2	2	
<i>Ovaloolithus utahensis</i> Bray, 1999	Maastrichtiano		7		
<i>Tridigitichnus inopinatus</i> Casamiquela, 1994 (en Leonardi, 1994)	Maastrichtiano tardío				1
TOTAL DE OCURENCIAS		276	759	76	26

Pueblo, en Coahuila (Rodríguez de la Rosa & Cevallos-Ferriz, 1998; Kirkland et al., 2000; Aguillón-Martínez et al., 2004; Eberth et al., 2004; Serrano-Brañas et al., 2006; Gates et al., 2007; Prieto-Márquez & Serrano-Brañas, 2012; Prieto-Márquez, 2013; Ramírez-Velasco et al., 2014; Rivera-Sylva & Carpenter, 2014; Vogt et al., 2015; Gudiño-Maussán, 2016; Serrano-Brañas & Espinosa-Chávez, 2017; Rivera-Sylva et al., 2019 b; Rybakiewicz et al., 2019; Venegas Gómez, 2019). Entre estos fósiles, destacan: 1) *Magnapaulia laticaudus*, de la Fm. El Gallo (Morris, 1981) que, con sus 12 metros de longitud, representa el lambeosaurino más grande de América del Norte (Prieto-Márquez et al., 2012). 2) los abundantes restos de huevos de hadrosaurios en sedimentos de la Fm. El Gallo donde algunos han sido atribuidos a la tribu Kritosaurini (Cabrera-Hernández, 2018). 3) la presencia de numerosos restos de kritosaurinos y lambeosaurinos en sitios del Grupo Cabullona (Sonora) y la Fm. Aguja (Chihuahua y Coahuila) (ej. Duarte-Bigurra, 2013; Ramírez-Velasco et al., 2014). 4) la presencia de icnitas, restos de huevos y abundantes restos óseos, en los diferentes niveles estratigráficos de la Fm. Cerro del Pueblo (Coahuila) (Eberth et al., 2004), que hacen de ésta la formación con más fósiles de hadrosaurios en todo el país. Entre los restos óseos destacan la presencia de *Velafrons coahuilensis*, un parasaurolofino indeterminado del Ejido de Guadalupe, *Kritosaurus navajovious*, *Latirinus uitstlani* y otros saurolofinos indeterminados (Kirkland et al., 2000; Gates et al., 2007; Prieto-Márquez & Serrano-Brañas, 2012; Ramírez-Velasco et al., 2019).

En lo que respecta a los hadrosaurios mexicanos del intervalo Campaniano-Maastrichtiano, éstos se reconocen en cinco unidades geológicas portadoras de icnitas y restos óseos

presentes en Sonora, Puebla, Coahuila y Chihuahua. Rastros de hadrosaurios han sido observados en la columna Esqueda del Grupo Cabullona, Sonora (Servín-Pichardo, 2013), la Fm. Cerro Huerta, Coahuila (Rodríguez-de la Rosa, 2007) y la Fm. Mexcala, Puebla (Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo, 1996; Fig. 5). En cambio, dichos restos óseos se han colectado en la columna Naco del Grupo Cabullona, Sonora (Taliaferro, 1933; Lucas et al., 1995; Ramírez-Velasco et al., 2014; González-León et al., 2017) las formaciones Javelina (Shiller, 2017), Huerta (Kirkland et al., 2000; Eberth et al., 2004) y Olmos, en Coahuila (Meyer et al., 2005; Kirkland et al., 2006; Ramírez-Velasco et al., 2014), así como, la Fm. El Rosario, Baja California (Morris & Busby-Spera, 1988; Hilton, 2003; Johnson et al., 2006). Entre estos fósiles, se destacan el hadrosaurio sin nombre o “Sabinasaura” recuperado en sedimentos pertenecientes a la Formación Olmos (Kirkland et al., 2006) y un axis erróneamente identificado como saurópodo (Shiller, 2017) procedente de la Fm. Javelina en Coahuila (*obs. pers.*), que corresponden a restos de hadrosaurios de grandes dimensiones (Kirkland et al., 2000).

Comparación con el resto de América.— En cuanto a su abundancia de sitios paleontológicos con restos hadrosaurios en América, es posible señalar que Estados Unidos es el territorio con mayor abundancia y diversidad de hadrosaurios ya que, se han documentado 759 sitios de edad Albiano-Maastrichtiano donde se han descrito 32 especies (Fig. 6; Tabla 3). En esta categorización, Canadá ocupa el segundo lugar con 276 sitios paleontológicos de edad Albiano- Maastrichtiano y con 14 especies (Fig. 6; Tabla 3). Muy atrás, México ocupa el tercer lugar, con 76 sitios dentro del mismo rango temporal, en donde sólo se han descrito cinco especies (Fig. 6; Tabla 3). Finalmente, América del Sur cuenta

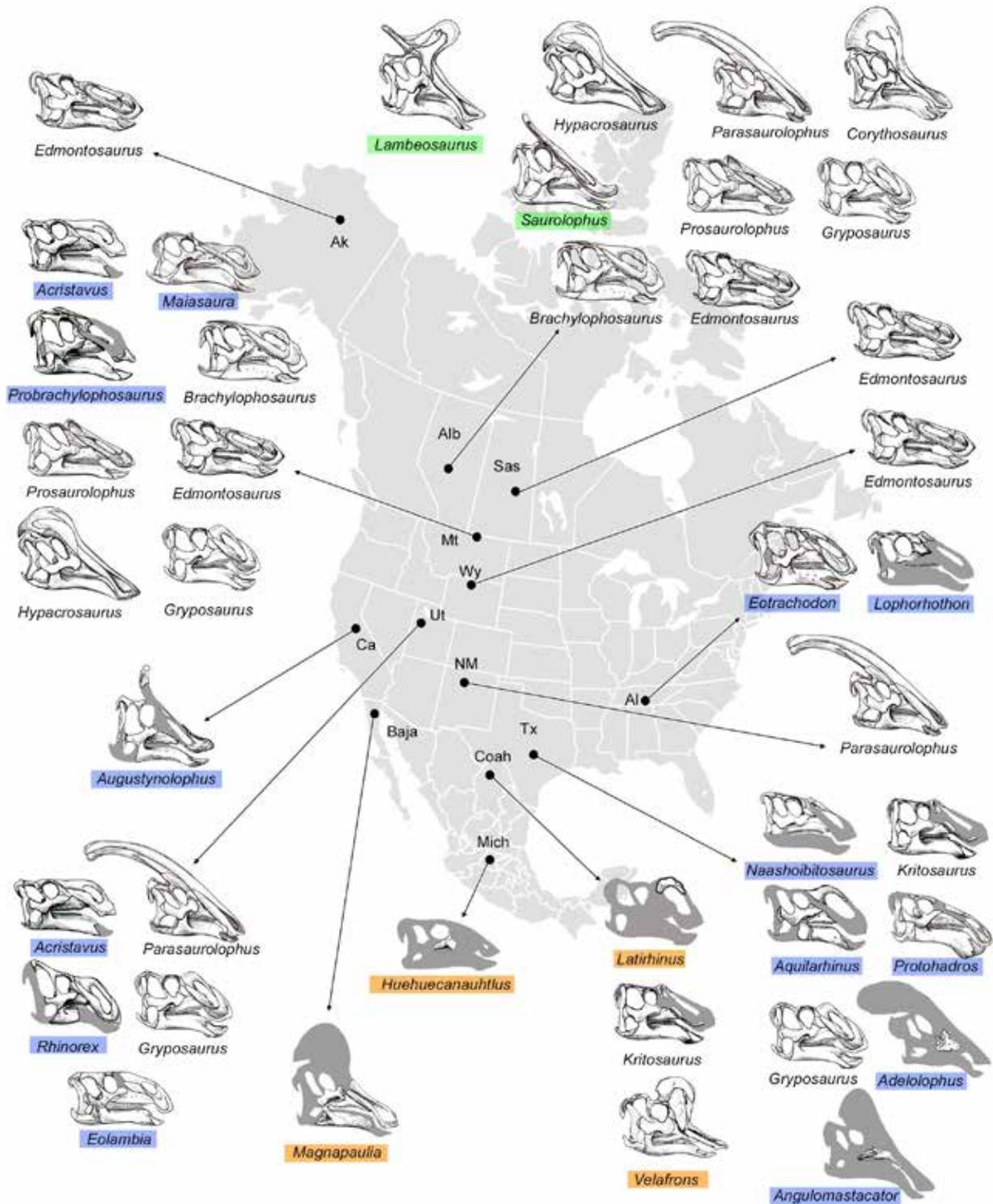


Figure 6. Hadrosaurs of North America, exemplified by the selection of skulls of valid nominal genera. The grey shadows on the skulls represent the reconstructed parts. Highlighted names indicate the unique genera for each region.

Figura 6. Hadrosaurios de América del Norte, ejemplificado por la selección de cráneos de los géneros nominales válidos. Las sombras grises en los cráneos representan las partes reconstruidas. Los nombres resaltados, indican los géneros únicos de cada región. **Abbreviations/Abreviaturas:** Al. Alabama; Alb. Alberta; Ak. Alaska; Baja. Baja California; Ca. California; Coah. Coahuila; Mich. Michoacán; Mt. Montana; NM. Nuevo México; Sas. Saskatchewan; Tx. Texas; Ut. Utah; Wy. Wyoming (author's illustrations/ilustraciones del autor).

con 26 de estos sitios y tres especies de hadrosáuridos de edad Campaniano-Maastrichtiano (Tabla 3).

Es notable que en América del Norte el hadrosaurio *Edmontosaurus annectens* es el más frecuentemente encontrado, sus restos han sido identificados en 21 sitios de Estados Unidos y Canadá (Tabla 3). A este saurolofino le siguen *Gryposaurus notabilis*, *Prosaurolophus maximus*, *Hypacrosaurus altispinus*, *H. stebingeri*, *Corythosaurus casuarius* y *Lambeosaurus lambei*, cuyos restos han sido recuperados entre 14 a 10 sitios de Estados Unidos y Canadá (Tabla 3). A continuación, se cuenta con *Kritosaurus navajovius*, *E. regalis* y *Eolambia caroljonesa* entre siete y ocho sitios, *Brachylophosaurus canadensis*, *C. intermedius*, *L. clavinitialis* y *Parasaurolophus tubicens* con seis a cuatro sitios en Estados Unidos y Canadá (Tabla 3). La mayor parte de las especies de hadrosaurios en América son conocidos a partir de hallazgos únicos, como en el caso de *Kritosaurus horneri* (Tabla 3). En México, *Huehuecanauhtlus tiquichensis* se conoce por dos ejemplares recuperados en distintos niveles estratigráficos dentro de la Barranca Los Bonetes, Michoacán. *Magnapaulia laticaudus* fue descrita a partir de ejemplares procedentes de cuatro puntos de colecta dentro de la Formación El Gallo, Baja California (Tabla 3). Las otras especies de hadrosaurios mexicano se conocen a partir de hallazgos únicos. Finalmente, en América del Sur, sólo *Secernosaurus koernerii* es reconocido por tres sitios y los demás son registros únicos (Prieto-Márquez y Salinas, 2010; Tabla 3).

Existen distintos factores que permiten explicar la diferente diversidad y abundancia de hadrosaurios a lo largo de América. En primer lugar, en Estados Unidos y Canadá la paleontología de vertebrados se estableció como una disciplina científica mucho antes que en México y otras regiones al sur de América. En promedio, estos países del norte nos llevan 100 años de ventaja en los trabajos de prospección y colecta de estos y otros fósiles (Chiarenza et al., 2019). Por otro lado, si comparamos los rasgos tafonómicos de los hadrosaurios encontrados en Estados Unidos y Canadá, es sabido que gran parte de las especies descritas en estos países fueron colectados en numerosos sitios con acumulaciones en masa o bonebeds, en donde se depositaron muchos individuos de una o más especies en eventos catastróficos, como inundaciones periódicas a gran escala (Chiarenza et al., 2019). Tal vez, debido a condiciones paleoclimáticas más áridas presentes desde el sur de Estados Unidos y en todo México durante el Cretácico tardío, estas regiones carecen de este tipo de yacimientos y en consecuencia el número de especies de hadrosaurios es relativamente menor (Chiarenza et al., 2019).

Producción científica sobre Hadrosaurios en México

La Figura 7 muestra la cantidad de textos científicos y de divulgación publicados cada 10 años, en donde se incluyen la información sobre el hallazgo y/o descripción de hadrosaurios de México. Aquí, es posible observar que la producción de estas publicaciones ha seguido un patrón escalonado y que en las últimas tres décadas (1991-2020) se ha disparado de manera notable. De manera particular, entre 1913 a 1950 aparecieron sólo seis de estas publicaciones que en promedio son 1.5 por década, desarrolladas durante los estudios geológicos por parte de investigadores mexicanos y extranjeros (ej. Haarmann, 1913; Vivar, 1925). En las dos décadas entre 1951 y 1970 el reporte de hadrosaurios se duplicó, y aparecieron tres publicaciones en cada una de estas décadas. En particular, es importante señalar que este aumento se debe a los reportes del proyecto de J.W. Durham y J. Pecks (Langstone & Oakes, 1954) y el segundo encabezado por C.O. Durham y G.E. (Díaz et al., 1959; Murray et al., 1960; Weidie & Murray, 1967). De igual manera, el número de estas publicaciones se vuelve a multiplicarse en las dos siguientes décadas. Entre 1971 y 1980 se publican ocho artículos conteniendo los resultados de la prospección encabezada por W.J. Morris (Morris, 1971, 1972, 1973, 1976, 1978).

En la década de 1981-1990 las publicaciones sobre hadrosaurios de México llegan a un máximo histórico de nueve artículos, debido a los estudios geológicos de investigadores extranjeros y nacionales en Chihuahua y Coahuila (Cabrera et al., 1984; Edmund, 1985), así como a los reportes de divulgación sobre los resultados alcanzados en el Proyecto Isauria (Espinosa et al., 1989).

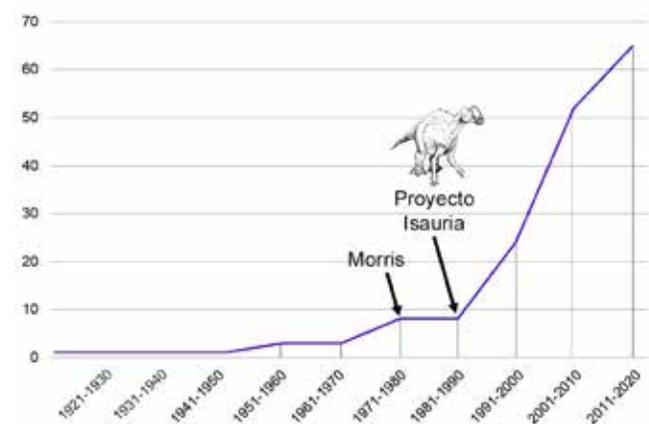


Figure 7. Graph of bibliographic production on hadrosaurs for every 10 years.

Figura 7. Gráfica de la producción bibliográfica sobre hadrosaurios por cada 10 años.

Los resultados del Proyecto Isauria rápidamente tuvieron efecto en el número y calidad de las publicaciones sobre hadrosaurios mexicanos que han venido apareciendo en las tres décadas siguientes, en donde hay 24 publicaciones entre 1991 y 2000, 55 entre 2001-2010 y 67 entre 2011-2020.

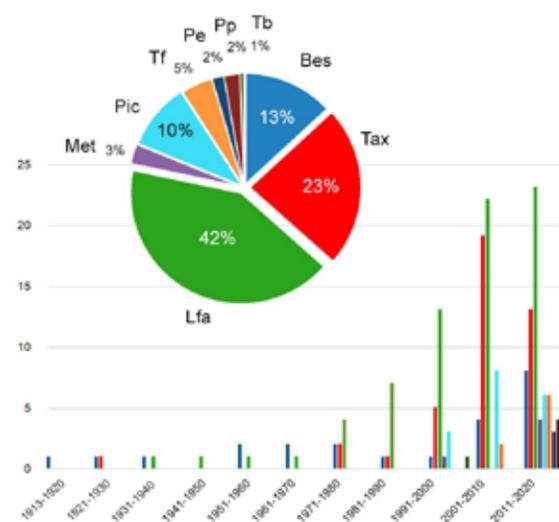
Por temas abordados. De los 175 textos sobre hadrosaurios de México, la revisión sobre los temas abordadas en éstas (Fig. 8A) demuestra que, en términos netos y acumulativos desde 1913, la mayor parte de éstos (42 %) se concentra en los Listados Faunísticos generados en estudios paleontológicos locales y regionales (ej. Langstone & Oakes, 1954; Hernández, 1992; Rivera-Sylva et al., 2006). Es importante señalar que, estos listados faunísticos son notoriamente más abundantes a partir de 1981, en cuya década coincidieron las últimas publicaciones de Morris (1981).

Además, las publicaciones sobre hadrosaurios mexicanos de carácter taxonómico, donde se determina la identidad específica o supraespecífica de los fósiles, a partir de su descripción osteológica detallada y de un ejercicio comparativo adecuado, comenzaron tardíamente con Molnar (1974) y Morris (1978, 1981). Desde 1981 estos estudios taxonómicos se intensificaron de manera lenta hasta el día de hoy. En muchos casos estos estudios se han hecho sobre materiales incompletos, aislados y/o con poco valor diagnóstico, en pocas ocasiones estos no son concluidos en artículos científicos (ej. Contreras-Medina, 1997; Sánchez Uribe, 2005; Vivas González, 2013).

En tercer lugar, los estudios publicados de hadrosaurios en México tienen como tema principal determinar la posición Bioestratigráfica de estos fósiles dentro de sus respectivas unidades geológicas (Fig. 8A). Aquí, estas publicaciones sólo son 23 y representan el 13 % del total alcanzado hasta el 2019. Aunque estos estudios son los que están presentes a lo largo de la historia de la paleontología de hadrosaurios en México, es necesarios señalar que, por sí mismos los hadrosaurios no son buenos elementos bioestratigráficos que ayuden a determinar edades.

En cuarto lugar, destacan los estudios sobre Paleocinología (Fig. 8A). Estos estudios, a pesar de su importancia global, comenzaron tardíamente desde la década de 1991-2000. El restante 13 % (38) de las publicaciones principalmente abordan cinco temas, las cuales coinciden con las disciplinas paleontológicas menos desarrolladas en el país, que en orden decreciente corresponden a estudios sobre Tafonomía (5%), nuevas metodologías de estudio (3%), Paleocología y Paleopatología (2% cada una), y estudios sobre tejido blando o improntas de tegumento (1%).

A Producción bibliográfica por tipo de estudio



B Producción bibliográfica por tipo de publicación

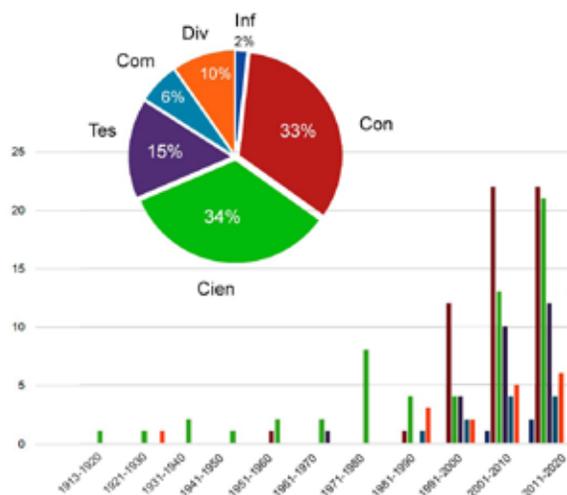


Figure 8. Graphs of bibliographic production on hadrosaurs in México by study type (A) or by type of publication (B).

Figura 8. Gráficas de la producción bibliográfica sobre hadrosaurios en México por tipo de estudio (A) o por tipo de publicación (B).

Por tipo de publicaciones.— Finalmente, la revisión de los tipos de publicaciones revela la juventud de la Paleontología de hadrosaurios en México (Fig. 8B). Aunque el número de estos productos se ha multiplicado en las últimas tres décadas, en términos porcentuales presentan una distribución interesante. Por un lado, sólo 59 que representa el 34 % de todas las publicaciones internacionales, son artículos científicos editados

en revistas especializadas, indexadas o no indexadas (ej. Morris, 1981; Gates et al., 2007). En la distribución de las autorías, es posible reconocer el aún escaso liderazgo de los paleontólogos de México con 24 artículos con todos los autores pertenecientes a instituciones extranjeras, 17 los autores son sólo de instituciones mexicanas y en el resto (18) la autoría es compartida. La creciente participación de estudiantes en el estudio de hadrosaurios de este país se ve reflejada en el número de resúmenes de congreso (58) y tesis (27), los cuales respectivamente representan el 33 y 15 % del total de publicaciones (Fig. 8B). Respecto a los resúmenes de congresos, éstos son el medio más utilizado por los estudiantes para presentar los resultados parciales o finales de sus investigaciones. Otros tipos de publicaciones son los artículos de divulgación, los compendios en capítulos de libro y los informes, los cuales representan porcentajes menores al 10 % de las publicaciones consideradas. A pesar de ello, éstos son instrumentos de comunicación que desde 1980 han sido utilizados con mayor frecuencia por los paleontólogos mexicanos.

Producción científica relativa sobre hadrosaurios de América

La gráfica resultante muestra que Estados Unidos y Canadá cuentan con el mayor número de publicaciones sobre hadrosaurios (Estados Unidos presenta una producción media de 14 artículos por cada diez años con una producción máxima de 54 artículos entre 2001-2010; mientras que Canadá presenta un promedio de seis artículos por década, con un máximo de 20 en el mismo periodo). En ambos países se destacan dos periodos de máxima productividad, uno menor entre 1911-1920 y otro mayor en la década del 2001-2010 que tuvo un inicio paulatino desde los 50's. De acuerdo con Weishampel (2014), en ambos países, este aumento obedece a las campañas de colecta emprendidas por Barnum Brown en el Río Red Deer, en Alberta Canadá, y sus continuas expediciones en Montana, donde han sido descubiertas la mayor parte de las especies de hadrosaurios de América del Norte. Este mismo autor señala que, la llegada y participación de estos dos países en la Segunda Guerra Mundial provocó una caída en la producción de publicaciones de hadrosaurios (Weishampel, 2014). Esta caída fue revertida hasta la década de 1950 y actualmente, el contrastante aumento de esta producción es resultado de la implementación de nuevos marcos teóricos y la aplicación de nuevas tecnologías (tomografía, computación, cladismo), así como a la elaboración de amplias y detalladas monografías sobre hadrosaurios (ej. Lull & Wright, 1942; Ostrom, 1961).

Es posible señalar que las curvas de producción de publicaciones científicas de México y el resto de América sobre hadrosaurios son comparativamente planas (Fig. 9). Este

comportamiento es multifactorial, pero obedece en gran parte a la naturaleza geológica de estos territorios y quizás al apoyo financiero para la investigación científica comparativamente limitado en estas regiones. Aunque de manera tardía, en México las campañas en Baja California de Morris (1966-1974) y de Ferrusquía-Applegate en Michoacán, Puebla y Coahuila (1980-1994), así como el proyecto Isauria en 1988 también tuvieron un impacto positivo en la producción científica en este país. De manera similar, el aumento en la productividad científica sobre hadrosaurios de América del Sur, paulatinamente creciente desde 1980, responde a los esfuerzos de prospección y estudio de yacimientos continentales mesozoicos en esta región, particularmente en Argentina por parte del Dr. Rodolfo Casamiquela y el Dr. José Bonaparte (ej. Casamiquela, 1964; 1978; Bonaparte et al., 1984; Bonaparte & Rougier, 1987).

Como ya se señaló, las diferencias en la producción científica sobre hadrosaurios en las distintas regiones de América, obedece también a la diferente naturaleza e historia geológica de estos territorios. Tras el surgimiento del grupo de los hadrosaurios en la región asiática de Laurasia, durante el Cretácico temprano, el norte de Norteamérica fue una región que se mantuvo comunicada esporádicamente con Europa y Asia, a través de puentes intersubcontinentales que sirvieron como rutas de intercambio de faunas terrestres (Prieto-Márquez, 2010). En cambio, después de la separación de Pangea, los continentes derivados de Gondwana (América del Sur, África, Antártida

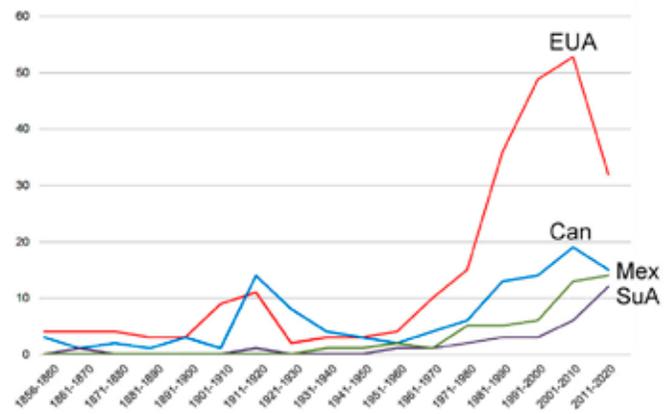


Figure 9. Graphs of bibliographic production on hadrosaurios in America, using data from the Paleobiology Data Base. **Abbreviations:** Can. Canada; USA. United States of America; Mex. Mexico; SuA. South America.

Figura 9. Gráficas de la producción bibliográfica sobre hadrosaurios en América, utilizando los datos de la Paleobiology Data Base. **Abreviaturas:** Can. Canada; USA. United States of America; Mex. Mexico; SuA. South America.

y la India) se mantuvieron aislados durante gran parte del Cretácico temprano, impidiendo la llegada y dispersión de los hadrosaurios en estos territorios. No obstante, estos dinosaurios llegaron tardíamente a América del Sur, África y la Antártida hasta la segunda parte del Cretácico tardío (Casamiquela, 1964; Case et al., 2000; Prieto-Márquez, 2010; Longrich et al., 2020). Finalmente, durante el Cretácico temprano, México estuvo cubierto por mar, lo que impidió el establecimiento de grandes comunidades de dinosaurios en las partes media y sur de este territorio norteamericano (López-Ramos, 1981), ya que el norte del país presentó una estabilidad semejante a la de los Estados Unidos. Además, desde el Cretácico el margen sur de México era una región tectónicamente activa debido a la subducción de la Placa Farallón y al contacto del Bloque Chortis, lo que a la postre llevó a la pérdida de gran parte del registro fósil en la región (López-Ramos, 1981).

La escasez de hadrosaurios en las partes media y sur de México, posiblemente es resultado de su complejidad geológica, marcada por eventos de acreción, elevación, plegamiento, y distintos periodos de intensa y extensa actividad volcánica, que a la postre llevó a la pérdida y/o extremo deterioro del registro fósil mesozoico (López-Ramos, 1981). Además, en la región del Este de este país, el registro de secuencias sedimentarias continentales del Cretácico se vio fuertemente afectado por repetidos eventos de transgresión y regresión de las aguas del Proto-Golfo de México (López-Ramos, 1981).

Desde los primeros trabajos con hadrosaurios de Estados Unidos y Canadá por parte de Joseph Leidy (1856 a, b), la paleontología de vertebrados experimentó un desarrollo explosivo en estos países, en cambio, en México y América del Sur los estudios sobre hadrosaurios sólo comenzaron hasta 1933 y 1964, respectivamente (Taliaferro, 1933; Casamiquela, 1964). Actualmente en Estados Unidos y Canadá se han identificado 83 y 19 unidades estratigráficas (formaciones) portadoras de restos de hadrosaurios que se remontan hasta el Albiano mientras que en México y el resto de América del Sur sólo se han identificado 14 y 11 de estas unidades, que se extienden hasta el Albiano-Cenomniano en México y el Santoniano en América del Sur (Prieto-Márquez, 2010; Jujihara et al., 2017; Cruzado-Caballero et al., 2018;).

Curvas de rarefacción de hadrosaurios en América.

En 2019, la diversidad de especies de hadrosaurios en América llegó a ser de 45 (Tabla 3; Fig. 10). Estados Unidos es la región con la mayor diversidad de hadrosaurios en este continente al poseer 32 spp., seguido de Canadá que esta representada por 14 spp. México que tiene cinco spp. y al final América del Sur que cuenta



Figure 10. Venn diagram of the hadrosaur of America, showing the unique species and genera of each region of America. Illustrations by the author.

Figura 10. Diagrama de Venn de los hadrosaurios de América, donde se muestra las especies y géneros únicos de cada región de América. Ilustraciones del autor.

con sólo tres especies (Fig. 10). Además, existen ocho especies comunes entre Canadá y Estados Unidos (ej. *Gryposaurus notabilis*, *Corythosaurus casuarius*, *Edmontosaurus annectens* y *E. regalis*; Tabla 3). *K. navajovius* es la única especie común registradas en las asociaciones de México y Estados Unidos. Por último, México no comparte la presencia de especies comunes con Canadá y América del Sur (Fig. 10). Si se consideran taxa supraespecíficos e icnoespecies de hadrosaurios en América, se observan más taxa compartidos entre estas regiones (Tabla 3). Por ejemplo, debería sumarse una unidad más a los elementos taxonómicos compartidos entre México, Canadá y Estados Unidos, en donde se ha registrado *Hadrosauropodus leonardii*, la única icnoespecie de Hadrosauridae, no considerada en la Paleobiology Data Base (Díaz-Martínez et al., 2015).

Si se considera la ocurrencia o número de reportes de estos dinosaurios (incluyendo taxa supraespecíficos) dentro de una región geográfica determinada, de nuevo Estados Unidos es la región con mayor riqueza al alcanzar una ocurrencia de 759, en seguida se tiene a Canadá con una ocurrencia de 276, México con 76 y América del Sur con 30 (Tabla 3; Fig. 11). De acuerdo con las curvas de rarefacción obtenidas en este trabajo, es posible señalar que la diversidad de especies de hadrosaurios en América aún está lejos de llegar al límite (Fig. 11A). En estas curvas, donde también se incluyen taxa supraespecíficos, todas las regiones presentan una clara tendencia creciente, con excepción de Canadá, donde la curva casi llega a la horizontal. Esto último es apoyado con el hecho de que la última especie descrita para Canadá fue *Brachylophosaurus canadensis* en 1953.

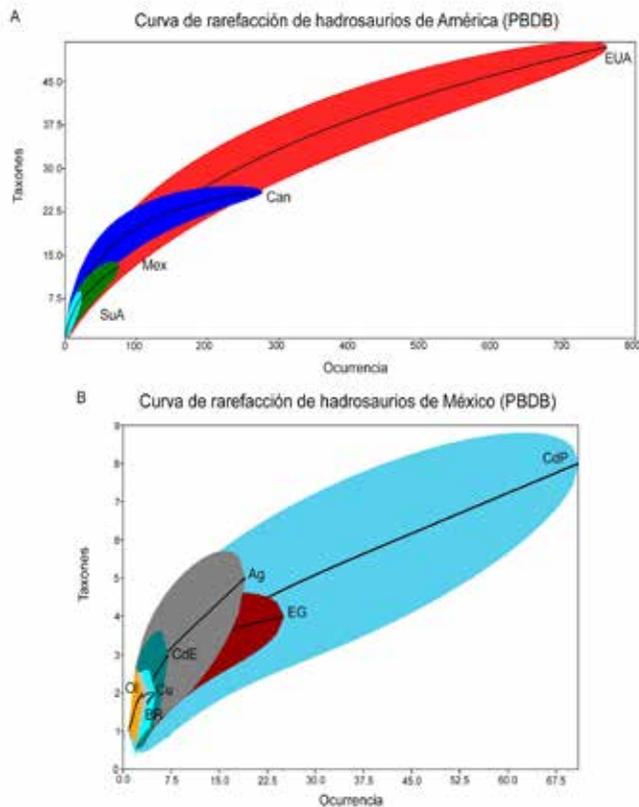


Figure 11. Accumulation curves of America and the geological units of Mexico. Note that the graphs were made based on data obtained from *Paleobiology Data Base* (PBDB: paleodb.org).

Figura 11. Curvas de acumulación de América y de las unidades geológicas de México. Note que las gráficas se realizaron con base a los datos obtenidos de *Paleobiology Data Base* (PBDB: paleodb.org). **Abbreviations /Abreviaturas:** BR. Fm. La Bocana Roja; Can. Canadá; CdE. Fm. Corral de Enmedio (Sección de la Columna Naco); Cdp. Fm. Cerro del Pueblo; Cu. Cutzamala; EG. Fm. El Gallo; EUA. Estados Unidos de América; Mex. México; OI. Fm. Olmos; SuA. América del Sur.

Las curvas de esfuerzo de colecta que incluyen las distintas unidades geológicas de México revelan que la riqueza de estos organismos es heterogénea a lo largo del país (Fig. 11B). La Formación Cerro del Pueblo, en Coahuila, es la unidad con mayor diversidad y riqueza de hadrosaurios en todo el país al contar con 71 ocurrencias, la presencia de ocho taxones, incluyendo a tres de las cinco especies válidas de hadrosaurios mexicanos, *Velafrons coahuilensis*, *Latirhinus uisttlani* y *Kritosaurus navajovious*. A pesar de que la Formación Aguja, expuesta en Chihuahua y Coahuila cuenta con 19 ocurrencias, es la tercera unidad geológica más rica y la segunda más diversa en México (Fig. 11B). No obstante, su participación en el reconocimiento de la diversidad de hadrosaurios es mínima porque no posee especies válidas y sus fósiles sólo han sido vagamente identificados. Hasta

hoy se cuenta con la ocurrencia de hadrosaurios en 25 sitios de la Formación El Gallo, en Baja California, lo que hacen de esta unidad geológica la segunda más rica y la tercera más diversa de México, donde se ha reconocido a *Magnapaulia laticaudus* (Fig. 11B). En cuarto lugar, la Formación Corral de Enmedio, de la columna Naco en Sonora, ocupa el cuarto lugar en riqueza y diversidad en México, al contar con siete ocurrencias reportadas. Por último, las formaciones Olmos, La Bocana Roja y Cutzamala, en Coahuila, Baja California y Michoacán respectivamente, se disputan los lugares del quinto al séptimo en importancia de diversidad y riqueza de hadrosaurios, al presentar ocurrencias cercanas a cinco y la presencia de dos taxones. Entre estos, se debe resaltar la presencia de *Huehuecanatlus tiquichensis* (Fig. 11B).

DISCUSIÓN

La presencia de hadrosaurios en América se conoce desde mediados del siglo XIX, cuando *Hadrosaurus foulkii* Leidy, 1857, fue descrito a partir de restos provenientes del Estado de Alabama, en Estados Unidos. Después de 163 años y tras el paso de distintos episodios de intensificación y diversificación de los estudios paleontológicos, las instituciones paleontológicas de Estados Unidos son las que han invertido un mayor esfuerzo en coleccionar y estudiar estos dinosaurios, seguidos por aquellas de Canadá, México y América del Sur (Fig. 11A). Actualmente, se conocen 45 especies en América (Fig. 10), y a la par de los esfuerzos invertidos en dichos estudios, la diversidad y riqueza de se concentra en Estados Unidos seguido de Canadá, México y América del Sur. El patrón observado en la distribución y diversidad de estos dinosaurios a través de América podría ser natural (climáticos, geográficos, tafonómicos y biogeográficos), sin embargo, aquí se reconoce que estos índices también son regulados por distintos factores antropogénicos.

Factores climáticos y geológicos.— Por un lado, la diversidad de hadrosaurios en Estados Unidos y Canadá podría estar obedeciendo a factores favorables presentes durante el Cretácico. Desde entonces, estas regiones prácticamente ya habían alcanzado su integridad territorial actual y ésta sólo fue alterada muy poco. Esto último, posiblemente se deba a la tectónica terrestre o eventos de transgresiones marinas, siendo la más importante aquella que dio origen al Mar Interior de América del Norte, que corría desde el Golfo de México hasta la región central de Canadá (Slattery et al., 2015). Al mismo tiempo, Estados Unidos y la parte Sur de Canadá ocupaban una región paleoclimática tropical y el resto de Canadá era más frío (Hay & Floegel, 2012; Holz, 2015; Fig. 12A-12B). En cambio, a lo largo del Cretácico, el territorio mexicano estaba modificándose por la actividad tectónica, principalmente al sur, donde la



Figure 12. Reconstructions of the environments where North American hadrosaurs lived during the Cretaceous. **A**, reconstruction of a cold environment of the Dinosaur Park Formation, in Alberta Canada with two *Parasaurolophus walkeri*; **B**, reconstruction of humid tropical environment of Kirtland Formation, in New Mexico, United States, with a *Kritosaurus horneri* (this environment also extended to the San Carlos, Aguja and Olmos formations in México); **C**, reconstruction of a paratropical environment of the Cerro del Pueblo Formation, in Coahuila, with two *Velafrons coahuilensis*; **D**, reconstruction of the arid environment of the Cutzamala Formation, in Michoacán, with a *Huehuecanauhtlus tiquichensis*. Illustration's courtesy of Marco A. Pineda (A and C), Sergey Krasovskiy (B) and Román García Moran (D).

Figura 12. Reconstrucciones de los ambientes donde habitaban los hadrosaurios de América del Norte durante el Cretácico. **A**, reconstrucción de un ambiente frío de la Fm. Dinosaur Park, en Alberta Canadá con dos *Parasaurolophus walkeri*; **B**, reconstrucción de un ambiente tropical húmedo de la Fm. Kirtland, en Nuevo México Estados Unidos, con un *Kritosaurus horneri* (este ambiente se extendía a las formaciones San Carlos, Aguja y Olmos en México); **C**, reconstrucción de un ambiente paratropical de la Fm. Cerro del Pueblo, en Coahuila, con dos *Velafrons coahuilensis*; **D**, reconstrucción del ambiente árido de la Fm Cutzamala, en Michoacán, con un *Huehuecanauhtlus tiquichensis*. Ilustraciones cortesía de Marco A. Pineda (A y C), Sergey Krasovskiy (B) y Román García Moran (D).

Placa de Chortis se encontraba colisionando y desplazándose hacia el oeste (Molina Garza et al., 2019; Fig. 13). Cerca del 50 al 30 % del territorio de México estuvo sumergido por mares epicontinentales que afectaron principalmente su área Oriental (Fig. 13). Además, durante este tiempo, México presentó un gradiente paleoclimático dominado por grandes regiones áridas o desérticas al sur y una franja tropical al norte (Figs. 12C-12D, 13). Considerando estos factores, es posible reconocer que el desarrollo de los hadrosaurios encontró mejores condiciones al norte del subcontinente Laramidia, donde el clima tropical y la disponibilidad de grandes territorios pudieron favorecer la diversificación y abundancia de estos dinosaurios. En contraste, el reducido territorio, la aridez y, en consecuencia, los cambios en las asociaciones florísticas de México pudieron afectar de manera negativa la diversidad de los hadrosaurios reduciendo sus poblaciones. Es notable que, la reducida diversidad y

abundancia de hadrosaurios en América del Sur ha sido atribuida, no a cuestiones climáticas y territoriales, sino al arribo tardío de estos dinosaurios a regiones gondwánicas (Horner et al., 2004; Prieto-Márquez, 2010).

Factores tafonómicos.— Gran parte de los hadrosaurios de Estados Unidos y Canadá han sido recuperados en sitios descritos como *bonebeds* de origen fluvial y depositadas en regiones continentales (alejadas del mar), como resultado de lluvias torrenciales que causaron grandes inundaciones (Varricchio & Horner, 1993; Wosik et al., 2020). En estos sitios, los restos óseos de organismos grandes y pequeños suelen estar acumulados en altas densidades, conservando esqueletos casi completos, muchas veces articulados. Aunque es posible señalar que en México pudieran existir yacimientos *bonebeds* (ej. sitio SPA 88-9 y El Rosario 6618), éstas no tienen las mismas características

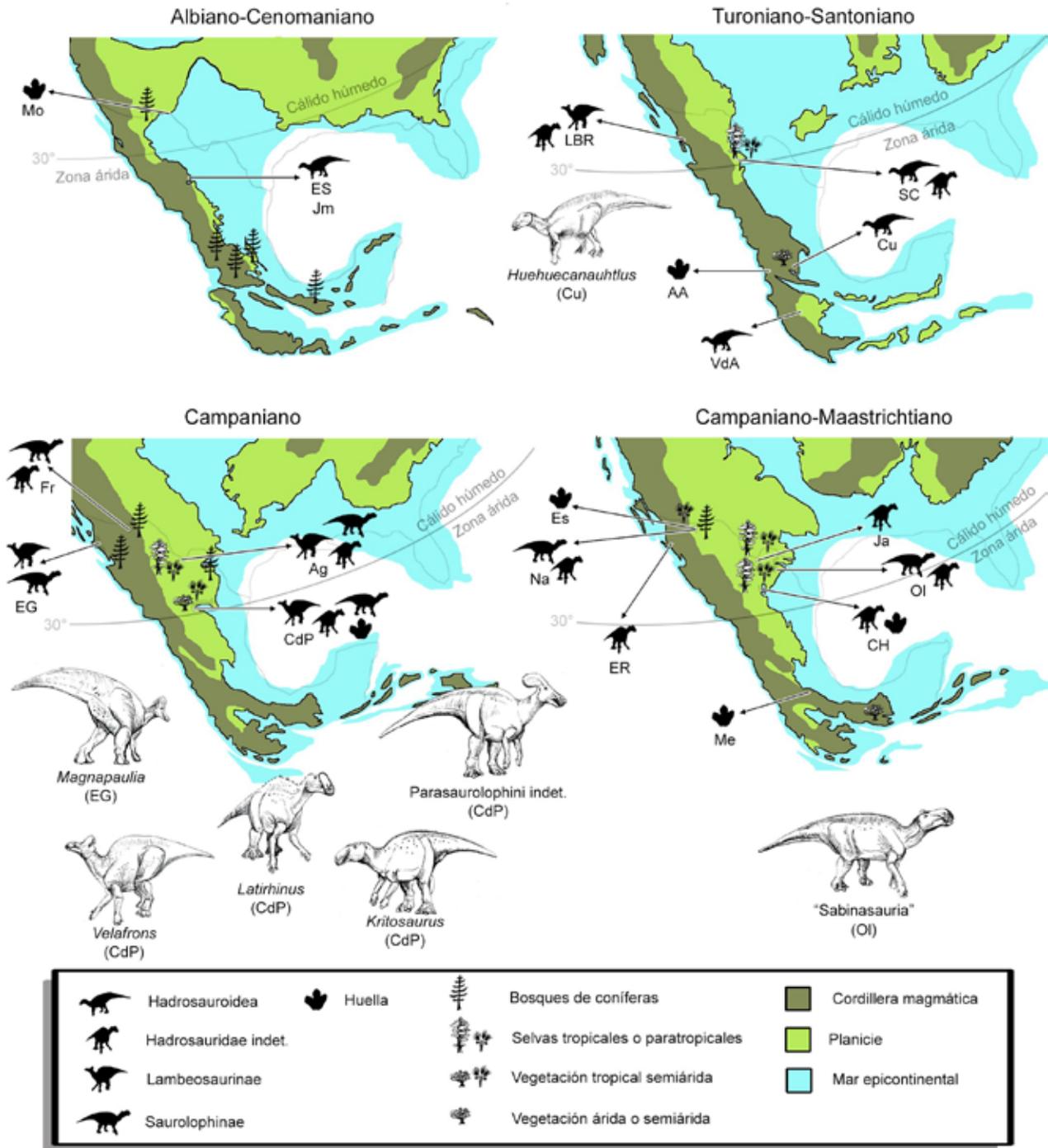


Figure 13. Paleogeographic maps of the southern United States, Mexico and Honduras (modified maps of Slattery et al., 2015; paleoclimatic data of Hay & Floegel, 2012, Holz, 2015; and paleobotanes of Villanueva-Amadoz et al., 2014).

Figura 13. Mapas paleogeográficos del sur de Estados Unidos, México y Honduras (mapas modificados de Slattery et al., 2015; datos paleoclimáticos de Hay & Floegel, 2012, Holz, 2015; y paleobotánicos de Villanueva-Amadoz et al., 2014).

Abbreviations/ Abreviaturas: AA. Arenisca Aguillilla; Ag. Aguja Fm.; Baja. Baja California; CdP. Cerro del Pueblo Fm.; CH. Cerro Huerta Fm.; Chih. Chihuahua; Coah. Coahuila; Cu. Cutzamala Fm.; EG. El Gallo Fm.; ER. El Rosario Fm.; ES. Estrato Soledad; Es. Esqueda Column; Fr. Frontera Column; Hon. Honduras; Ja. Javelina Fm.; Jm. Jiménez Area; LBR. Bocana Roja Fm.; Me. Mexcala Fm.; Mich. Michoacán; Mo. Mojado Fm.; Na. Naco Column; OI. Olmos Fm.; Pue. Puebla; Son. Sonora; VdA. Valle de Angeles Group of Honduras. Illustrations by the author/ Ilustraciones del autor.

porque se formaron bajo condiciones de ambientes transicionales o fluviales, de alta energía y sus fósiles no muestran evidencias de la acumulación súbita de organismos completos vivos (Eberth et al., 2004; Fastovsky et al., 2020).

Factores biogeográficos.— El patrón de distribución geográfica de los Hadrosaurios en América del Norte aquí observado (Fig. 6), ha recibido cuatro explicaciones. Horner y Gorman (1990) sugirieron que estos dinosaurios de hábitos nómadas y gregarios migraban periódicamente de norte a sur, bordeando las zonas costeras de bajo relieve del subcontinente, desde Alaska a México. Posteriormente, Lehman (1997) propuso que estos dinosaurios estaban segregados latitudinalmente en dos grandes provincias, el primero se extendía al sur desde la región media de Estados Unidos hasta México mientras que, su contraparte ocupaba la región norte del subcontinente hasta Alaska. A su vez, Gates et al. (2010) sugirieron la presencia de una amplia zona transicional entre las dos provincias de Lehman, apoyando la presencia de verdaderos endemismos en cada provincia. Finalmente, Lucas et al. (2016) rechazaron el provincialismo y el endemismo verdadero para explicar la distribución de los hadrosaurios, argumentando la existencia de un endemismo aparente causado por el sesgo en el registro fósil.

A partir de las dos primeras propuestas, se esperaba que los hadrosaurios de México compartieran un número considerable de especies con Estados Unidos y Canadá, sin embargo, en este trabajo se observa que la diversidad específica en México constituye una asociación peculiar, posiblemente un endemismo aparente, diferente de las asociaciones presentes en el resto de América del Norte. De las cinco especies hasta ahora descritas en México, sólo *Kritosaurus navajovius* es compartida con el sur de Estados Unidos y las restantes cuatro son tan diferentes de otros hadrosaurios de América del Norte que fueron asignadas a sus propios géneros (Figs. 5 y 10).

Factores antropogénicos.— Por otro lado, entre los factores antropogénicos que afectan el reconocimiento de la diversidad y distribución de hadrosaurios en América, están directamente vinculados con las diferencias históricas en el desarrollo de la Paleontología de dinosaurios de cada una de las regiones aquí consideradas. Mientras que el primer hadrosaurio de Estados Unidos fue descrito en 1857, sólo 40 años después se dio a conocer el primer hadrosaurio de Canadá (Marsh, 1892). Desde entonces, los grupos e instituciones involucradas en el estudio de estos dinosaurios en ambos países encontraron espacios comunes que los llevaron a una intensa colaboración. Además de un idioma en común, estos dos países comparten formaciones

geológicas, en donde han descubierto especies comunes y los apoyos y programas de sus instituciones son comparables (Tabla 3). En cambio, sólo 122 y 124 años después, se conocen las primeras especies válidas de hadrosaurios en América del Sur y México (Brett-Surman, 1979; Morris, 1981), lo que representa, al menos para México, un retraso histórico tan profundo que aún están lejos de ser superado. Este retraso es patente en la composición y los logros alcanzados por la comunidad de paleontólogos de este país, en donde:

1) Los paleontólogos dedicados al estudio de dinosaurios es sumamente reducido e incluye 11 investigadores activos y 20 estudiantes formados en Licenciatura y Maestría desde 1980 (Tabla 1; Fig. 3). Aunque no se conocen estos datos en las otras regiones de América, los números observados en México son pobres. Esta situación ha impedido un reemplazo generacional adecuado de investigadores contratados en las distintas instituciones mexicanas, en donde, en el mejor de los casos sólo han sido contratados paleontólogos con nivel de Maestría (Tabla 1).

2) Cada vez con mayor frecuencia, los fósiles de hadrosaurios y otros organismos asociados están siendo depositados en Colecciones Paleontológicas desvinculadas de cuerpos académicos de alto nivel que garanticen su adecuado estudio y conservación (Tabla 1). En México, se han incrementado las colecciones privadas y públicas que utilizan estos fósiles, con fines didácticos o para armar exhibiciones temporales o permanentes, sin que exista un apego a la normativa mexicana vigente en el manejo de estos objetos patrimoniales, ni una garantía en la veracidad de su origen y adecuada conservación.

3) Como resultado de la pobre formación académica y de las escasas oportunidades laborales que enfrentan los paleontólogos de dinosaurios en México, los resultados de la mayor parte de las investigaciones no llegan a ser publicadas en revistas especializadas de alto nivel y sólo aparecen en resúmenes de congreso, tesis, y trabajos de divulgación (Fig. 8).

4) Los proyectos dedicados a la prospección y colecta de dinosaurios emprendidos en México desde 1980, con el apoyo de instituciones nacionales, se han limitado al rescate, preparación y exhibición de los fósiles, dejando de lado temas importantes como son las relaciones bioestratigráficas y el análisis paleoambiental asociados a los dinosaurios encontrados en el país. Aunque esta situación se ha venido corrigiendo en los últimos años, una gran cantidad de fósiles ya colectados carecen de estos datos.

CONCLUSIONES

Los hadrosaurios de México han sido estudiados de manera sistemática desde la década de 1980 por parte de investigadores extranjeros con una participación creciente de paleontólogos y estudiantes mexicanos. A pesar de ello, el núcleo de investigadores y estudiantes dedicados a ello es reducido y aún no logra impulsar la formación de especialistas de alto nivel que puedan ser contratados por instituciones educativas y académicas de este país.

A pesar de que los restos de hadrosaurios recuperados en distintas regiones de México son relativamente abundantes en rocas del Albiano-Maastrichtiano, y representan diferentes tipos de conservación, como huesos, icnitas, huevos e improntas tegumentarias, la diversidad taxonómica de éstos es comparativamente muy baja. En el país, sólo cinco especies han sido descritas formalmente a partir de restos óseos y se ha identificado una única icnosepecie. Mientras que otros restos óseos de hadrosaurios del país sólo han sido vagamente identificados a niveles supraespecíficos, los huevos y tegumentos mencionados aún esperan estudios detallados.

En México, los restos óseos de hadrosaurio han sido recuperados en yacimientos de la región norte (Sonora, Coahuila y Chihuahua), sur (Michoacán) y oeste (Baja California) de México (Fig. 11). En donde generalmente son colectados como elementos fragmentados y/o aislados de difícil determinación taxonómica. No obstante, el estudio detallado de restos esqueléticos mejor conservados y más completos, procedentes de las formaciones Cutzamala, El Gallo y Cerro del Pueblo, han permitido la determinación específica de éstos, entre los que se incluye *Huehucanahutlus tiquichensis*, *Magnapaulia laticaudus*, *Velafrons coahuilensis*, *Kritosaurus navajovius* y *Latirhinus uitstlani* (Fig. 13). A pesar de esta situación, el conjunto de especies refleja que México poseía una asociación peculiar y única. No obstante, la poca información bioestratigráfica de los hadrosaurios generada en México, impide el reconocimiento franco de correlaciones bioestratigráficas entre Canadá, Estados Unidos y México.

La revisión de la historia del estudio de los hadrosaurios en México, así como las curvas obtenidas del correspondiente esfuerzo de muestreo, sugieren que estos dinosaurios fueron diversos y abundantes en este país. Por ello, la mejor conclusión del presente trabajo está dirigida a las instituciones y jóvenes paleontólogos interesados en estos organismos, quienes deberán redoblar esfuerzos para garantizar la mejor colecta, estudio y

conservación de estos dinosaurios y reconocer sus implicaciones en la historia natural del grupo.

Agradecimientos.— Agradezco a M.-R. Chavarría Martínez por su ayuda y apoyo en la organización del manuscrito. También agradezco a J.I. Barrientos Lara y J.A. Díaz Cruz por facilitarme parte de esta bibliografía. Este manuscrito fue significativamente mejorado a partir de los comentarios de J. Alvarado Ortega, P. Ornelas García, A. Bueno Hernández, V.M. Bravo Cuevas, M. Montellano Ballesteros, K.M. Cantalice y R. Hernández Rivera. También, la ayuda y las facilidades durante la revisión de los materiales de las diferentes colecciones paleontológicas, en especial a V. Romero Mayen (IGM), J. Manuel Padilla Gutiérrez (CPC), V.M. Escalante Hernández (voluntario de la CPC), M.C. Aguillón Martínez (CPC), A.F. Guzmán (DP. INAH), F.J. Aguilar (centro INAH Coahuila), H.G. Porras Múzquiz, (MUZ), R. Guajardo (PASAC), C.M. Gonzalez León (ERNO) y H.L. Kaiser (ERNO), así como L. Martínez Reza (estudiante de Chihuahua), A. Gutiérrez M. (Rancho Don Chuy) y R. Martínez M. (Rancho Don Chuy).

Las interpretaciones artísticas de los paleoambientes de este manuscrito fueron generosamente aportadas por M. A. Pineda, S. Krasovskiy y R. García Moran. Por último, se agradece a los revisores anónimos y al editor de esta revista, ya que sus comentarios mejoraron significativamente el trabajo final. Esta investigación es resultado parcial de mis estudios de doctorado. La UNAM y el CONACyT proporcionaron los recursos financieros para desarrollar este trabajo, a través del proyecto DGAPA-PAPIIT IN 209017 y de la beca de posgrado CONACyT (clave: 303851).

INFORMACIÓN ADICIONAL

Los apéndices pueden consultarse en las siguientes ligas:

Apéndice 1. Datos en extenso de la The Paleobiology Database. <https://bit.ly/3feNsBx>

Apéndice 2. Resultados y Referencias adicionales mencionadas en la Tabla 3. <https://bit.ly/3tIYnZi>

LITERATURA CITADA

Aguilar, F.J., R. Hernández-Rivera, J. López Espinoza, M. Lara Rodríguez, A.A. Ramírez-Velasco & J.L. Gudiño Maussán. 2013. Rescate paleontológico de un esqueleto semiarticulado de hadrosáurido (Ornithischia: Hadrosauridae) en el ejido

- Guadalupe, municipio General Cepeda, Coahuila. Consejo de Arqueología, INAH, Informe Inédito. México.
- Aguilar, F.J., R. Hernández-Rivera, J. López-Espinoza, M. Lara-Rodríguez, A.A. Ramírez Velasco & J.L. Gudiño-Maussán. 2014. Informe Rescate paleontológico de un esqueleto semiarticulado de Hadrosáurido (Ornithischia: Hadrosauridae) en el ejido Guadalupe, municipio General Cepeda, Coahuila. Consejo de Arqueología, INAH, Informe Inédito, México.
- Aguillón-Martínez, M.C., D. Zelenitsky, D. Brinkman & D. Eberth. 2004. Eggshell fragments from the uppermost Cerro del Pueblo Formation (upper Cretaceous; Mexico). *Journal of Vertebrate Paleontology* 24:33A.
- Applegate, S.P. 1988. ¿Es México un país de dinosaurios? *Ciencia y Desarrollo* XIV:69-74.
- Bell, P.R., E. Snively & L. Shychoski. 2009. A comparison of the jaw mechanics in hadrosaurid and ceratopsid dinosaurs using finite element analysis. *Anatomical Record* 292:1338-1351.
- Bell, P.R., F. Fanti, P.J. Currie & V.M. Arbour. 2014. A mummified duck-billed dinosaur with a soft-tissue cock's comb. *Current Biology* 24:1-6.
- Benammi, M. & M. Montellano-Ballesteros. 2006. New data from the continental Late Cretaceous faunas from northern Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 26:41A.
- Benammi, M., E. Centeno-García, E. Martínez-Hernández, M. Morales-Gámez, G. Tolson & J. Urrutia-Fucugauchi. 2005. Presencia de dinosaurios en la barranca Los Bonetes en el sur de México (Región de Tiquicheo, Estado de Michoacán) y sus implicaciones cronoestratigráficas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 22:429-435.
- Benton, M.J., A.M. Dunhill, G.T. Lloyd & F.G. Marx. 2011. Assessing the quality of the fossil record: insights from vertebrates. *Geological Society, Special Publications* 358:63-94.
- Bonaparte, J.F. & G. Rougier. 1987. The Late Cretaceous fauna of Los Alamitos, Patagonia, Argentina Part VII-The Hadrosaurs. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia* 3:155-161.
- Bonaparte, J.F., M.R. Franchi, J.E. Powell & E.G. Sepúlveda. 1984. La Formación Alamitos (Campaniano-Maastrichtiano) del sudeste del Río Negro, con descripción de *Kritosaurus australis* n. sp. (Hadrosauridae). Significado paleogeográfico de los vertebrados. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 39:284-299.
- Bravo-Cuevas, V.M. & E. Jiménez-Hidalgo. 1996. Las Dinosauricnitas de México: su significación geológico-paleontológica. Tesis licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Bray, E.S. 1999. Eggs and eggshell from the Upper Cretaceous North Horn Formation, central Utah. *Vertebrate Paleontology in Utah, Utah Geological Survey Miscellaneous Publication* 99:361-375.
- Brett-Surman, M.K. 1979. Phylogeny and paleobiogeography of hadrosaurian dinosaurs. *Nature* 277:560-562.
- Brinkman, D.B., D.A. Eberth, S.D. Sampson, M.C. Aguillón, C.R. Delgado-de Jesús & R.A. Rodríguez-de la Rosa. 2002. Paleontology and stratigraphy of the dinosaur bearing Cerro del Pueblo Formation, southern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22:38A-39A.
- Brown, B. 1910. The Cretaceous Ojo Alamo Beds of New Mexico with description of the new dinosaur genus *Kritosaurus*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 28:267-274.
- Brown, B. 1912. A crested dinosaur from the Edmonton Cretaceous. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 31:131-136.
- Brown, B. 1914. *Corythosaurus casuarius*, a new crested dinosaur from the Belly River Cretaceous, with provisional classification of the family Trachodontidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 33:559-565.
- Brown, B. 1916. A new crested trachodont dinosaur *Prosaurolophus maximus*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 35:701-708.
- Cabrera, F., G. Narváez, J.M. Chávez, R. Hernández, J. Alcántara & F. Gómez. 1984. Exploración carbonífera en la Cuenca de Ojinaga, Chihuahua. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 45:41-61.
- Cabrera Hernández, J.S. 2018. Descripción e identificación de cáscaras de huevo de dinosaurios fósiles y de dos dinosaurios perinatales de la formación El Gallo (Cretácico Tardío) El Rosario, Baja California, México. Tesis de licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. México.
- Cabrera Hernández, J.S., R. Hernández-Rivera & M. Mora Nuñez. 2017. Descripción de cáscaras de huevo y de dos embriones de

- dinosaurios de El Rosario, Baja California, México. Libro de resúmenes del XV Congreso Nacional de Paleontología 20p.
- Case, J.A., J.E. Martin, D.S. Chaney, M. Reguero, S.A. Marensi, S.M. Santillana & M.O. Woodburne. 2000. The first duck-billed dinosaur (family Hadrosauridae) from Antarctica. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20:612-614.
- Casamiquela, R.M. 1964. Sobre un dinosaurio hadrosaurio de la Argentina. *Ameghiniana* 3: 285-308.
- Casamiquela, R.M. 1978. La zona litoral de la transgresión maastrichtense en el norte de Patagonia. *Aspectos ecológicos. Ameghiniana* 15: 137-148.
- Cervantes-León, I.G. & H.E. Rivera-Sylva. 2008. Fauna cretácica de la región desierto de Coahuila. Coahuila, COECYT – Coahuila, Avance de proyecto 4.
- Chiarenza, A.A., P.D. Mannion, D.J. Lunt, A. Farnsworth, L.A. Jones, S.J. Kelland & P.A. Alliso. 2019. Ecological niche modelling does not support climatically-driven dinosaur diversity decline before the Cretaceous/Paleogene mass extinction. *Nature communications* 10:1091.
- Contreras-Medina, R. 1997. Origen, taxonomía y paleobiogeografía de hadrosauridae (Ornithischia: Ornithopoda) una familia de dinosaurios del Cretácico. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Coria, R.A., B. González Riga, S. Casadio. 2012. Un nuevo hadrosáurido (Dinosauria, Ornithopoda) de la Formación Allen, provincia de La Pampa, Argentina. *Ameghiniana* 49:552-572.
- Cristín, A. & J. Alvarado-Ortega. 2017. El laberinto de la perspicuidad: ¿Paleobiología en México? Pp. 15-70. En S.R.S. Cevallos-Ferriz & A.R. Huerta-Vergara (Eds.). *Paleobiología interpretando procesos de la vida pasada*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Cruzado-Caballero, P. & J.E. Powell. 2017. *Bonapartesaurus rionegrensis*, a new hadrosaurine dinosaur from South America: implications for phylogenetic and biogeographic relations with North America. *Journal of Vertebrate Paleontology* e1289381.
- Cruzado-Caballero, P., L.S. Filippi, A.H. Méndez, A.C. Garrido & I. Díaz-Martínez. 2018. First ornithopod remains from the Bajo de la Carpa Formation (Santonian, Upper Cretaceous), northern Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 83: 182-193.
- Cuthbertson, R.S., A. Tirabasso, N. Ryczynski & R.B. Holmes. 2012. Kinetic limitations of intracranial joints in *Brachylophosaurus canadensis* and *Edmontosaurus regalis* (Dinosauria: Hadrosauridae), and their implications for the chewing mechanics of hadrosaurids. *The Anatomical Record* 295:968-979.
- De León-Dávila, C.A. 2019. *Coahuilasaurios*. Museo del Desierto de Coahuila y Benemérita Escuela Normal de Coahuila. México.
- Díaz, T., R. Mixon, G. Murray, A. Weidie & J. Wolleben. 1959. Mesozoic stratigraphy and structure, Saltillo-Galeana areas, Coahuila and Nuevo León, México. *South Texas Geological Society, Field Trip* 125 p.
- Díaz-Martínez, I., X. Pereda-Superbiola, F. Pérez-Lorente & J.I. Canudo. 2015. Ichnotaxonomic review of large ornithopod dinosaur tracks: temporal and geographic implications. *PLoS One* 10:e0115477.
- Dollfus, M.M. & E. de Montserrat. 1867. Étude sur le District de Sultepec. *Archives de la Commission Scientifique du Mexique* 3:479.
- Duarte-Bigurra, R. 2013. Descripción de dos esqueletos parciales de hadrosauridae (Dinosauria: Ornithischia) del Cretácico Superior de la región de Fronteras, Sonora, México. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora. México.
- Eberth, D.A., C.R. Delgado-de Jesús, J.F. Lerbekmo, D.B. Brinkman, R.A. Rodríguez-de la Rosa & S.D. Sampson. 2004. Cerro del Pueblo Fm (Difunta Group, Upper Cretaceous), Parras Basin, southern Coahuila, Mexico: reference sections, age, and correlation. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 21:335-352.
- Eberth, D.A., S.D. Sampson, R.A. Rodríguez-de la Rosa, M.C. Aguillón-Martínez, D.B. Brinkman & J. López-Espinoza. 2003. Las Águilas: an unusually rich Campanian-age vertebrate locale in southern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 23:47A.
- Edmund, G.A. 1985. A new field of exploration: Dinosaur bones in the Chihuahua Desert. *Rotunda, Royal Ontario Museum* 35-39.
- Espinosa Arrubarrena, L., S.P. Shelton & R. Hernández-Rivera. 1989. Crónicas de una gran expedición paleontológica. *Ciencia y Desarrollo* 15:23-32.

- Estrada-Ruiz, E. & H.I. Martínez-Cabrera. 2011. A new Late Cretaceous (Coniacian-Maastrichtian) Javelinoxylon wood from Chihuahua, Mexico. *IAWA* 32:521-530.
- Evans, D.C. 2010. Cranial anatomy and systematics of *Hypacrosaurus altispinus*, and a comparative analysis of skull growth in lambeosaurine hadrosaurids (Dinosauria: Ornithischia). *Zoological Journal of the Linnean Society* 159:393-434.
- Fastovsky, D.E., M. Montellano-Ballesteros, H.C. Fricke, J. Ramezani, K. Tsukui, G.P. Wilson, P. Hall, R. Hernandez-Rivera & G. Alvarez. 2020. Paleoenvironments, taphonomy, and stable isotopic content of the terrestrial, fossil-vertebrate bearing sequence of the El Disecado Member, El Gallo Formation, Upper Cretaceous, Baja California, México: *Geosphere* 16:1-21.
- Ferrusquía-Villafranca, I., S.P. Applegate & L. Espinosa-Arrubarrena. 1978. Rocas volcanosedimentarias mesozoicas y huellas de dinosaurios en la región suroccidental pacífica de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 2:150-162.
- Ferrusquía-Villafranca, I., E. Jiménez-Hidalgo & V.M. Bravo-Cuevas. 1995. Jurassic and Cretaceous dinosaur footprints from Mexico: additions and revisión. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15:28A.
- Ferrari, L.M.M., M. López-Martínez, M. Cerca-Martínez, V.A. Valencia & L. Serrano-Durán. 2009. Cretaceous-Eocene magmatism and Laramide deformation in southwestern Mexico: No role for terrane accretion. *The Geological Society of America Memoir* 204:1-32.
- Fierro Chavarría, R. & J.J. Megías Rodríguez. 2019. Montaje y exhibición del primer dinosaurio en México. Libro de resúmenes del XVI Congreso Nacional de Paleontología 96p.
- Flores-Espinoza, E. 1989. Stratigraphy and sedimentology of the Upper Cretaceous terrigenous rocks and coal of the Sabinas-Monclova area, northern Mexico. Tesis doctoral. University of Texas at Austin. Texas.
- Freedman, F.E.A. & J.R. Horner. 2015. A new brachylophosaurin hadrosaur (Dinosauria: Ornithischia) with an intermediate nasal crest from the Campanian Judith River Formation of northcentral Montana. *PLoS ONE* 10:e0141304.
- Galton, P.M. 1986. Herbivorous adaptations of Late Triassic and Early Jurassic dinosaurs. Pp. 203-221. En K. Padian (Ed.). *The beginning of the age of dinosaurs*. Cambridge University Press. Cambridge.
- García Alcántara, D. 2016. Microvertebrados Cretácicos de la localidad Fiesta de Huesos, El Rosario, Baja California, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- García-Orozco, J., Zamora-Vega, A., 1994, Caracterización Geológica y potencial minerohidrogeológica del Municipio de Aguillilla, Michoacán. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnica Nacional-ESTA. México.
- Gates, T.A. & S.D. Sampson. 2007. A new species of *Gryposaurus* (Dinosauria: Hadrosauridae) from the late Campanian Kaiparowits Formation, southern Utah, USA. *Zoological Journal of the Linnean Society* 151:351-376.
- Gates, T.A. & R. Scheetz. 2014. A new saurolophine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) from the Campanian of Utah, North America. *Journal of Systematic Palaeontology* 13:711-725.
- Gates, T.A., A. Prieto-Márquez & L.E. Zanno. 2012. Mountain building triggered Late Cretaceous North American megaherbivore dinosaur radiation. *PLoS ONE* 7:e42135.
- Gates, T.A., J.R. Horner, R.R. Hanna & C.R. Nelson. 2011. New unadorned hadrosaurine hadrosaurid (Dinosauria, Ornithopoda) from the Campanian of North America. *Journal of Vertebrate Paleontology* 31:798-8114.
- Gates, T.A., Z. Jinnah, C. Levitt & M.A. Getty. 2014. New hadrosaurid specimens from the lower-middle Campanian Wahweap Formation of Utah. Pp. 156-173. In D.A. Eberth & D.C. Evans (Eds.). *Hadrosaurs*. Indiana University Press, Bloomington e Indianapolis.
- Gates, T.A., S. Sampson, C.R. Delgado de Jesús, L.E. Zanno, D.A. Eberth, R. Hernández-Rivera, M.C. Aguillón-Martínez & J.I. Kirkland. 2007. *Velafrons coahuilensis*, a new lambeosaurine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) from the Late Campanian Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27:917-930.
- Gates, T.A., S.D. Sampson, L.E. Zanno, E.M. Roberts, J.G. Eaton, R.L. Nydam, J.H. Hutchison, J.A. Smith, M.A. Loewen & M.A. Getty. 2010. Biogeography of terrestrial and freshwater vertebrates from the Late Cretaceous (Campanian) Western

- Interior of North America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291:371-387.
- González-León, C.M., L.A. Solari & J. Madhavaraju. 2017. Stratigraphy, geochronology and regional tectonic setting of the Late Cretaceous (ca. 82-70 Ma) Cabullona basin, Sonora, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 80:494-511.
- Gudiño Maussán, J.L. 2016. Estudio paleobiológico de las dinosauricintas de la Formación Cerro del Pueblo (Campaniano Tardío), Coahuila. Tesis de maestría. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Gudiño Maussán, J.L. & A.F. Guzmán. 2014. El registro fósil de los dinosaurios de México. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Gudiño Maussán, J.L., F.J. Aguilar & R. Hernández-Rivera. 2018. Aplicación de fotogrametría digital para el registro de las huellas de dinosaurio de la Formación Cerro del Pueblo (Campaniano tardío), Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 70:307-324.
- Haarmann, E. 1913. Geologische Streifzüge in Coahuila. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft Monatsberichte* 1:1-65.
- Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data análisis. *Paleontología Electronica* 4:9.
- Hay, W.W. & S. Floegel. 2012. New thoughts about the Cretaceous climate and oceans. *Earth-Sciences Reviews* 115:262-272.
- Head, J.J. 1998. A new species of basal hadrosauroid (Dinosauria, Ornithopoda) from the Cenomaniano of Texas. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18:718-738.
- Hernández, R. 1992. New dinosaur finds in the Cerro del Pueblo Formation (upper Cretaceous, Campanian) from Coahuila State, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 12:32A.
- Hernández, R. 1994. Dinosaurios. Edición del Gobierno del Estado de Coahuila, SEPC, México.
- Hernández, R. 1996. Los dinosaurios y otros vertebrados fósiles del Cretácico Superior en Coahuila. *GEOUNAM Boletín informativo del área de Ciencias de la Tierra* 3:39-44.
- Hernández, R. & J.I. Kirkland. 1993. The rediscovery of a rich uppermost Campanian dinosaur locality in the Cerro del Pueblo Fm., Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 13:41A.
- Hernández, R., M.C. Aguillón-Martínez, C.R. Delgado & N.R. Gómez. 1995. The Mexican Dinosaur National Monument. *Journal of Vertebrate Paleontology* 15:34A.
- Hernández-Rivera, R. & C.R. Delgado-de Jesús. 2000. Hadrosaur skin impressions and associated skeletal remains from Cerro del Pueblo Fm (Uppermost Campanian) southeastern Coahuila, México. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20:48A.
- Hilton, R.P. 2003. Dinosaur and other mesozoic reptiles of California. University of California Press, Berkeley, California.
- Holz, M. 2015. Mesozoic paleogeography and paleoclimates – a discussion of the diverse greenhouse and hothouse condition of an alien world. *Journal of South American Earth Sciences* 6:91-107.
- Horner, J.R. 1992. Cranial morphology of *Prosaurolophus* (Ornithischia: Hadrosauridae) with descriptions of two new hadrosaurid species and an evaluation of hadrosaurid phylogenetic relationships. *Museum of Rockies Occasional Paper* 2:1-119.
- Horner, J.R. & P.J. Currie. 1994. Embryonic and neonatal morphology and ontogeny of a new species of *Hypacrosaurus* (Ornithischia, Lambeosauridae) from Montana and Alberta. Pp. 312-336. In K. Carpenter, K.F. Hirsch & J.R. Horner (Eds.). *Dinosaur eggs and babies*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Horner, J.R. & J. Gorman. 1988. *Digging Dinosaurs*. Workman. New York.
- Horner, J.R. & R. Makela. 1979. Nest of juveniles provides evidence of family structure among dinosaurs. *Nature* 282:296-298.
- Horner, J.R., D.B. Weishampel & C.A. Forster. 2004. Hadrosauridae. Pp. 438-463. In D.B. Weishampel, P. Dodson & H. Osmolska (Eds.). *The Dinosauria*. University of California Press. Berkeley.
- Huene, F.V. 1954. *Die Saurierwelt und ihre Geschichtlichen Zusammenhänge* 2nd, revised edition.
- Hunt, A.P. & S.G. Lucas. 1993. Cretaceous vertebrates of New Mexico. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 2:77-91.

- Jackson, F.D. & D.J. Varricchio. 2010. Fossil eggs and eggshell from the lowermost Two Medicine Formation of western Montana, Sevenmile Hill locality. *Journal of Vertebrate Paleontology* 30:1142-1156.
- Janensch, V.W. 1926. Dinosaurier-Reste aus Mexiko. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 192-197.
- Johnson, M.E., J. Ledesma-Vázquez & B.G. Baarli. 2006. Vertebrate remains on ancient rocky shores: a review with report on hadrosaur bones from the Upper Cretaceous of Baja California (México). *Journal of Coastal Research* 22:574-580.
- Jujihara, A., S. Soto-Acuña, W. Stinnesbeck, A. Zúñiga-Reinoso, P. Cruzado-Caballero, A.O. Vargas, M. Leppe, H. Mansilla, D. Rubilar-Rogers, J. Alarcón-Muñoz, M. Vogt & E. Frey. 2017. Phylogenetic position of a new Late Cretaceous duck-billed dinosaur (Hadrosauridae) from the Dorotea Formation, Chilean Southern Patagonia. 61 Annual Meeting Palaeontological Association.
- Kappus, E.J., S.G. Lucas & R. Langford. 2011. The Cerro de Cristo Rey Cretaceous dinosaurs tracksites, Sunland Park, New Mexico, USA, and Chihuahua, Mexico. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 53:272-288.
- Kirkland, J.I. 1998. A new hadrosaurid from the upper Cedar Mountain Formation (Albian-Cenomanian: Cretaceous) of eastern Utah – the oldest known hadrosaurid (lambeosaurine?). *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 14:283-295.
- Kirkland, J.I., R. Hernández-Rivera, M.C. Aguillón-Martínez, C.R. Delgado-de Jesús, R. Gómez-Nuñez & I. Vallejo-González. 2000. The Late Cretaceous Difunta Group of the Parras Basin, Coahuila, Mexico, and its vertebrate fauna. *The Society of Vertebrate Paleontology Annual Meeting Field Trip Guide Book, Mexico* 133-172.
- Kirkland, J.I., R. Hernández-Rivera, T. Gates, G.S. Paul, S. Nesbitt, C.I. Serrano-Brañas & J.P. García-de la Garza. 2006. Large hadrosaurine dinosaurs from the latest Campanian of Coahuila, Mexico. *Museum of Natural History and Sciences Bulletin* 35:299-315.
- Lambe, L.M. 1904. On the squamoso-parietal crest of the horned dinosaurs *Centrosaurus apertus* and *Monoclonius canadensis* from the Cretaceous of Alberta. *Transactions of the Royal Society of Canada, Series 2* 10:1-9.
- Lambe, L.M. 1914. On *Gryposaurus notabilis*, a new genus and species of trachodont dinosaur from the Belly River Formation of Alberta, with a description of the skull of *Chasmosaurus belli*. *The Ottawa Naturalist* 27:145-155.
- Lambe, L.M. 1917. A new genus and species of crestless hadrosaur from the Edmonton Formation of Alberta. *The Ottawa Naturalist* 31:65-73.
- Langstone, W.Jr. 1960. The vertebrate fauna of the Selma Formation of Alabama, Part VI The dinosaurs. *Fieldiana, Geology Memoirs* 3:317-361.
- Langston, W.Jr. & M.H. Oakes. 1954. Hadrosaurs in Baja California. *Bulletin of the Geological Society of American* 65:1344.
- Leblanc, A.R.H, R.R. Reisz, D.C. Evans & A.M. Bailleul. 2016. Ontogeny reveals function and evolution of the hadrosaurid dinosaur dental battery. *BMC Evolutionary Biology* 16:152.
- Lehman, T.M. 1997. Late Campanian dinosaur biogeography in the Western Interior of North America. *Dinofest International: Philadelphia, The Academy of Natural Sciences*:223-240.
- Lehman, T.M., S.L. Wick & J.R. Wagner. 2016. Hadrosaurian dinosaurs from the Maastrichtian Javelina Formation Big Bend National Park, Texas. *Journal of Paleontology* 90:333-356.
- Leidy, J. 1856a. Notices of Extinct Vertebrata Discovered by Dr. F. V. Hayden, during the Expedition to the Sioux Country under the Command of Lieut. G. K. Warren. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 8:311-312.
- Leidy, J. 1856b. Notices of remains of extinct reptiles and fishes, discovered by Dr. F. V. Hayden in the bad lands of the Judith River, Nebraska Territory: *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 8:72-73.
- Leidy, J. 1858. *Hadrosaurus fouldii*, a new saurian from the Cretaceous of New Jersey, related to *Iguanodon*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 10:213-218.
- Leonardi, G. 1994. Annotated Atlas of South America Tetrapod Footprints (Devonian to Holocene) with an Appendix on Mexico and Central America. República Federativa do Brasil, Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Brasília.

- Longrich, N.R., X. Pereda Suberbiola, R.A. Pyron & N.E. Jilil. 2020. The first duckbill dinosaur (Hadrosauridae: Lambeosaurinae) from Africa and the role of oceanic dispersal in dinosaur biogeography. *Cretaceous Research* 120:104678.
- López, M.N. & S.J. Truyols. 1994. *Paleontología conceptos y métodos*. España Editorial Síntesis. Madrid.
- López-Ramos, E. 1981. Paleogeografía y tectónica del mesozoico en México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 5:158-177.
- Lucas, S.G., B.S. Kues & C.M. González-León. 1995. Paleontology of the Upper Cretaceous Cabullona Group, northeastern Sonora. Pp. 143-165. En C. Jacques-Ayala, C.M. González-León & J. Roldán-Quintana (Eds.). *Studies on the Mesozoic of Sonora and Adjacent Areas*. Geological Society of America Special Paper 301.
- Lucas, S.G., R.M. Sullivan, A.J. Lichtig, S.G. Dalam & S.E. Jasinski. 2016. Cretaceous dinosaur biogeography and endemism in the Western Interior Basin, North America: a critical re-evaluation. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 71:195-213.
- Lull, R.S. & N.E. Wright. 1942. Hadrosaurian dinosaurs of North America. *Geological Society of America, Special Paper* 40:1-242.
- Mariscal-Ramos, C. 2006. Estudio paleontológico y magnetoestratigráfico de la localidad "Barranca los Bonetes" (Tuzantla, Michoacán). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Marsh, O.C. 1872. Notice on a new species of *Hadrosaurus*. *American Journal of Science* 3:301.
- Marsh, O.C. 1890. Principal characters of American Jurassic dinosaurs, Part IV. *American Journal of Science Series* 3:417-423.
- Marsh, O.C. 1892. Notice of new reptiles from the Laramie Formation. *American Journal of Science* 43:449-453.
- McBride, E.F., A.E. Weide, J.A. Wolleben & R.C. Laudon. 1974. Stratigraphy and structure of the Parras and La Popa Basins, northeastern Mexico. *Geological Society of America Bulletin* 84:1603-1622.
- McDonald, A.T., D.G. Wolfe & J.I. Kirkland, J.I. 2010. A new basal hadrosauroid (Dinosauria: Ornithopoda) from the Turonian of New Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 30: 799-812.
- Mendoza-Romero, M. & J.M. Guillén-Ortiz. 2004. Carta Geológico-Minera Coyame H13-C39, escala 1:50,000: Pachuca, Hidalgo, México, Consejo de Recursos Minerales informe 45.
- Meyer, C.A., E.D. Frey, B. Thüring, W. Etter & W. Stinnesbeck. 2005. Dinosaur tracks from the Late Cretaceous Sabinas Basin (Mexico). *Darmstädter Beiträge zur Naturgeschichte* 14:41-45.
- Meyer, C.A., D. Marty, B. Thüring, S. Thüring & M. Belvedere. 2020. The Late Cretaceous dinosaur track record of Bolivia – Review and perspective. *Journal of South American Earth Sciences* 106:102992.
- Mikhailov, K.E. 1994. Eggs of sauropod and ornithopod dinosaurs from Cretaceous deposits of Mongolia. *Paleontological Journal* 28:141-159.
- Molina Garza, R.S., D.JJ. van Hinsbergen, L.M. Boschman, R.D. Rogers & M. Ganerod. 2019. Large-scale rotations of the Chortis Block (Honduras) at the southern termination of the Laramide flat slab. *Tectonophysics* 760:36-57.
- Molnar, R.E. 1974. A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California (Mexico). *Journal of Paleontology* 48:1009-1017.
- Monroy-Mújica, I.H. 2009. Microvertebrados fósiles cretácicos tardíos (Campaniano Tardío) de la Formación Aguja en el Noroeste de Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Montaño, M.I., R. Hernández-Rivera & M. Montellano-Ballesteros. 2009. Hadrosaurios kritosaurinos del Cretácico Tardío de Coahuila y Chihuahua, México. Libro de resúmenes del XI Congreso Nacional de Paleontología 47p.
- Montellano-Ballesteros, M., R. Hernández-Rivera, G. Álvarez-Reyes, P. Andrade-Ramos & L. Martín-Medrano. 2000. Discovery of Late Cretaceous vertebrate local faunas in northern México. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20:58A-59A.
- Morris, W.J. 1971. Mesozoic and Tertiary vertebrates in Baja California. *National Geographic Society Research Report* 1965:195-198.
- Morris, W.J. 1972. A giant hadrosaurian dinosaur from Baja California. *Journal of Paleontology* 46:777-779.

- Morris, W.J. 1973. A review of pacific coast hadrosaurs. *Journal of Paleontology* 43:551-561.
- Morris, W.J. 1976. Mesozoic and Tertiary vertebrates of Baja California, 1968-1971. National Geographic Society Research Reports 305-316.
- Morris, W.J. 1978. *Hypacrosaurus altispinus?* Brown from the Two Medicine Formation, Montana a taxonomically indeterminate specimen. *Journal of Paleontology* 52:200-205.
- Morris, W.J. 1981. A new species of hadrosaurian dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California ?*Lambeosaurus laticaudus*. *Journal of Paleontology* 55:453-462.
- Morris, W.R., & C.J. Busby-Spera. 1987. Sedimentologic evolution of a submarine canyon in a Forearc Basin, Upper Cretaceous Rosario Formation, San Carlos, Mexico. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 72:717-737.
- Murray, G.E., D.R. Boyd, J.A. Wollleben & J.A. Wilson. 1960. Late Cretaceous fossil locality, Eastern Parras Basin, Coahuila, Mexico. *Journal of Paleontology* 34:368-370.
- Nabavizadeh, A. 2014. Hadrosauroid jaw mechanics and the functional significance of the predentary bone. Pp. 467-482. In D. Eberth & D. Evans (Eds.). *The Hadrosaurs*. Indiana University Press. Bloomington.
- Nabavizadeh, A. 2016. Evolutionary trends in the jaw adductor mechanics of ornithischian dinosaurs. *The Anatomical Record* 299:271-294.
- Nabavizadeh, A. 2020. Cranial musculature in herbivorous dinosaurs: a survey of reconstructed anatomical diversity and feeding mechanisms. *The Anatomical Record* 303:1104-1145.
- Ortiz-Mendieta, J.A. 2001. *Dinosauricnitas Cretácico-tardías de El Aguaje, Michoacán, región suroccidental de México y sus implicaciones geológico-paleontológicas*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ostrom, J.H. 1961. Cranial morphology of the hadrosaurian dinosaurs of North America: *Bulletin of the American Museum of Natural History* 122:33-186.
- Parks, W.A. 1922. *Parasaurolophus walkeri*, a new genus and species of crested trachodont dinosaur. University of Toronto Studies, Geological Series 13:1-32.
- Parks, W.A. 1923. *Corythosaurus intermedius*, a new species of trachodont dinosaur. University of Toronto Studies, Geological Series 15:1-57.
- Pessagno, E.A. 1969. Upper Cretaceous stratigraphy of the Western Gulf Coast Area of Mexico, Texas and Arkansas. *Geological Society of America Memoir* 111:139.
- Polaco-Rosas, A. del C., C.I. Serrano-Brañas, E. Torres-Rodríguez & B. Espinosa-Chávez. 2009. Primer hallazgo de hadrosaurios neonatos de la tribu Kritosaurini (subfamilia Hadrosaurinae) en la Formación Cerro del Pueblo del Estado de Coahuila, México. Libro de resúmenes del XI Congreso Nacional de Paleontología 60p.
- Prieto-Márquez, A. 2010. Global historical biogeography of hadrosaurid dinosaurs. *Zoological Journal of the Linnean Society* 159:503-525.
- Prieto-Márquez, A. 2013. Skeletal morphology of *Kritosaurus navajovius* (Dinosauria: Hadrosauridae) from the Late Cretaceous of the North America southwest, with an evaluation of the phylogenetic systematic and biogeography of Kritosaurini. *Journal of Systematic Paleontology* 12:133-175.
- Prieto-Márquez, A. & G.C. Salinas. 2010. A re-evaluation of *Secernosaurus koernerii* and *Kritosaurus australis* (Dinosauria, Hadrosauridae) from the Late Cretaceous of Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 30:813-837.
- Prieto-Márquez, A. & C.I. Serrano-Brañas. 2012. *Latirhinus uitstlani*, a "broad-nosed" saurolophine hadrosaurid (Dinosauria, Ornithopoda) from the Late Campanian (Cretaceous) of northern Mexico. *Historical Biology* 24:607-619.
- Prieto-Márquez, A. & J.R. Wagner. 2013. A new species of saurolophine hadrosaurid from the Late Cretaceous of the Pacific coast of North America: *Acta Palaeontologica Polonica* 58:255-68.
- Prieto-Márquez, A., L.M. Chiappe & S.H. Joshi. 2012. The lambeosaurine dinosaur *Magnapaulia laticaudus* from the Late Cretaceous of Baja California, Northwestern México. *PLoS ONE* 7:e38207.
- Prieto-Marquez, A., G.M. Erickson & J.A. Ebersole. 2016. A primitive hadrosaurid from southeastern North America and the origin and early evolution of 'duck-billed' dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology* 36:e1054495.

- Prieto-Márquez, A., J.R. Wagner, P.R. Bell & L.M. Chiappe. 2015. The late-surviving “duck-billed” dinosaur *Augustynolophus* from the upper Maastrichtian of western North America and crest evolution in Saurolophini. *Geological Magazine* 152:225-241.
- Prieto-Márquez, A., J.R. Wagner & T. Lehman. 2019. An unusual “shovel-billed” dinosaur with trophic specializations from the early Campanian of Trans-Pecos Texas, and the ancestral hadrosaurian crest. *Journal of Systematic Palaeontology* 18:461-498.
- Rabosky, D.L. 2017. Phylogenetic tests for evolutionary innovation: the problematic link between key innovations and exceptional diversification. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 372:20160417.
- Ramírez-Velasco, A.A. & R. Hernández-Rivera. 2015a. Diversity of late cretaceous dinosaurs from Mexico. *Boletín Geológico y Minero* 126:63-108.
- Ramírez-Velasco, A.A., R. Hernández-Rivera & R. Servín-Pichardo. 2014. The hadrosaurian record from Mexico. Pp. 340-360. En D.A. Eberth & D.C. Evans (Eds.). *Hadrosaurs*. Indiana University Press, Bloomington e Indiana.
- Ramírez-Velasco, A.A., E. Morales-Salinas, R. Hernández-Rivera & D.H. Tanke. 2016. Spinal and rib osteopathy in *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (Ornithopoda: Hadrosauroidea) from the Late Cretaceous in Mexico. *Historical Biology* 29:208-222
- Ramírez-Velasco, A.A., M. Benammi, A. Prieto-Márquez, J. Alvarado-Ortega & R. Hernández-Rivera. 2012c. *Huehuecanauhtlus tiquichensis*, a new hadrosauroid dinosaur (Ornithischia: Ornithopoda) from the Santonian (Late Cretaceous) of Michoacán, Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciences* 49:379-395.
- Ramírez-Velasco, A.A., F.J. Aguilar, R. Hernández-Rivera, J. López Espinoza, J.L. Gudiño Maussán, M. Lara Rodríguez & J. Alvarado-Ortega. 2019. Un nuevo lambeosaurino (Ornithopoda: Hadrosauridae) de la Formación Cerro del Pueblo (Campaniano) y sus implicaciones en la evolución de la cresta supracraneal. Libro de resúmenes del XVI Congreso Nacional de Paleontología 37p.
- Raup, D.M. 1975. Taxonomic diversity estimates under rarefaction. *Paleobiology* 1:333-342.
- Renne, P.R., M.M. Fulford & C. Busby-Spera. 1991. High resolution ⁴⁰Ar/³⁹Ar chronostratigraphy of the Late Cretaceous El Gallo Formation, Baja California del Norte, Mexico. *Geophysical Research Letters* 18:459-462.
- Rivera-Sylva, H.E. & C. Barrón. 2013. Dental microwear analysis of the Late Cretaceous (Late Campanian) hadrosaurs from the Cerro del Pueblo Formation, Northern Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 73:200A.
- Rivera-Sylva, H.E. & K. Carpenter. 2014. The ornithischian dinosaurs of Mexico. Pp. 156-180. In H.E. Rivera-Sylva, K. Carpenter & E. Frey (Eds.). *Dinosaurs and other reptiles from the Mesozoic of Mexico*. Indiana University Press, Bloomington and Indiana.
- Rivera-Sylva, H.E., R. Rodríguez-de la Rosa & J. Ortiz-Mendieta. 2006. A review of the dinosaurian record from Mexico. Pp. 233-248. En F.J. Vega, T.G. Nyborg, M.C. Perrilliat, M. Montellano-Ballesteros, S.R.S. Cevallos-Rerriz & S.A. Quiroz-Barroso. (Eds.). *Studies on Mexican Paleontology*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Rivera-Sylva, H.E., E. Frey, F.J. Palomino-Sánchez, J.R. Guzmán-Gutiérrez & J.A. Ortiz-Mendieta. 2009. Preliminary report on a Late Cretaceous vertebrate fossil assemblage in Northwestern Coahuila, Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 61:239-244.
- Rivera-Sylva, H.E., E. Frey, W. Stinnesbeck, N. Amezcua Torres & D. Flores Huerta. 2019a. Terrestrial vertebrate paleocommunities from the Cerro del Pueblo Formation (Late Cretaceous; Late Campanian) at Las Águilas, Coahuila, Mexico. *Paleo Vertebrata* 28:1-12.
- Rivera-Sylva, H.E., J.R. Guzmán-Gutiérrez, F.J. Palomino-Sánchez, J. López-Espinosa & I. de La Peña-Oviedo. 2007. New vertebrate fossil localities from the Late Cretaceous of Northern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 27:135A.
- Rivera-Sylva, H.E., C.I. Barrón-Ortíz, R. Vivas González, R.L. Nava Rodríguez, J.R. Guzmán-Gutiérrez, F. Cabral Valdez, C. de León Dávila. 2019b. Preliminary assessment of hadrosaur dental microwear from the Cerro del Pueblo Formation (Upper Cretaceous: Campanian) of Coahuila, northeastern Mexico. *Paleontología Mexicana* 8:17-28.
- Robeck, R.C., V.R. Pesquera & A.S. Ulloa. 1956. Geología y depósitos de carbón de la región de Sabinas, Estado de Coahuila. Libro de

- resúmenes del XX Congreso Geológico Internacional México, 109 p.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A. 1996. Vertebrate remains from a late Cretaceous locality (Campanian, Cerro del Pueblo Formation), Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 16:60A.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A. 1998. Cáscaras de huevo avianas (Neognathae) y de Ornithopoda (Dinosauria) del Cretácico Tardío de Baja California. Libro de resúmenes del VI Congreso Nacional de Paleontología:59-60.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A. 2007. Hadrosaurian footprints from the Late Cretaceous Cerro del Pueblo Formation of Coahuila, Mexico. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America. Cuadernos del Museo Geominero 8:339-343.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A. 2015. Hace 72 millones de años: Los dinosaurios de México. Instituto Chihuahuense de la Cultura, México.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A. & S. Cevallos-Ferriz. 1998. Vertebrates of the El Pelillal locality (Campanian, Cerro del Pueblo Formation), southeastern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18:751-764.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A., M.C. Aguillón-Martínez, J. López-Espinoza & D.A. Eberth. 2004. The fossil record of vertebrate tracks in México. *Ichnos* 11:27-37.
- Rybakiewicz, S., H.E. Rivera-Sylva, W. Stinnesbeck, E. Frey, J.R. Guzmán-Gutiérrez, R. Vivas González, R.L. Nava Rodríguez & J.M. Padilla-Gutiérrez. 2019. Hadrosaurs from Cañada Ancha (Cerro del Pueblo Formation; Upper Campanian-?Lower Maastrichtian), Coahuila, northeastern Mexico. *Cretaceous Research* 104:104-199.
- Sánchez Uribe, I.E. 2005. Identificación taxonómica y catalogación de vertebrados fósiles de la Cuenca de Parras. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Serrano-Brañas, C.I. 2006. Descripción de los dinosaurios pertenecientes a la familia Hadrosauridae del Cretácico Superior de Coahuila, México. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Serrano-Brañas, C.I. 2017. Tafonomía de dinosaurios: reconstruyendo las piezas del rompecabezas. Pp. 275-296. En S.R.S. Cevallos-Ferriz & A.R. Huerta-Vergara (Eds.). *Paleobiología interpretando procesos de la vida pasada*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Serrano-Brañas, C.I. & B. Espinosa-Chávez. 2017. Taphonomic history of a "duck-bill" dinosaur (Dinosauria: Ornithopoda) from the Cerro del Pueblo Formation (Upper Cretaceous, Campanian) Coahuila, Mexico: preservational and paleoecological implications. *Cretaceous Research* 74:165-174.
- Serrano-Brañas, C.I., B. Espinosa-Chávez & S.A. Maccracken. 2018a. Gastrochaenolites Leymerie in dinosaur bones from the Upper Cretaceous of Coahuila, north-central Mexico: taphonomic implications for isolated bone fragments. *Cretaceous Research* 92:18-25.
- Serrano-Brañas, C.I., B. Espinosa-Chávez & S.A. Maccracken. 2018b. Insect damage in dinosaur bones from the Cerro del Pueblo Formation (Late Cretaceous, Campanian) Coahuila, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 86:353-365.
- Servín-Pichardo, R. 2013. Descripción e interpretación del primer registro de dinosauricnitas en el Grupo Cabullona (Cretácico Superior) de Esqueda, Municipio de Fronteras, Sonora. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Servín-Pichardo, R., R. Hernández-Rivera, C.M. González-León & R. Pacheco-Rodríguez. 2011. Primer registro de dinosauricnitas en el Grupo Cabullona (Cretácico Tardío), Esqueda, Municipio de Fronteras, Sonora. Libro de resúmenes del XII Congreso Nacional de Paleontología:130-131.
- Slattery, J.S., W.A. Cobban, K.C. McKinney, P.J. Harries & A.L. Sandness. 2015. Early Cretaceous to Paleocene paleogeography of the Western Interior Seaway: the interaction of eustasy and tectonism. *Wyoming Geological Association Guidebook* 22-60.
- Shiller, T. 2017. Stratigraphy and paleontology of Upper Cretaceous-Paleogene strata in northern Coahuila, Mexico. PhD thesis. Texas Tech university. Texas.
- Soto-Acuña, S., T. Jujihara, F.E. Novas, M. Leppe, E. González, W. Stinnesbeck, M.P. Isasi, D. Rubilar-Rogers & A.O. Vargas. 2014. Hadrosaurios (Ornithopoda: Hadrosauridae) en el Cretácico Superior del extremo austral de América del Sur. *Actas del IV Simposio Paleontología en Chile*, p. 73.

- Sternberg, C.M. 1935. Hooded hadrosaurs of the Belly River Series of the Upper Cretaceous. Canada Department of Mines Bulletin, Geological Series 77:1-37.
- Sternberg, C.M. 1953. A new hadrosaur from the Oldman Formation of Alberta: Discussion of nomenclatura. Canadian Department of Resource Development Bulletin 128:1-12.
- Strickson, E., A. Prieto-Márquez, M.J. Benton & T.L. Stubb. 2016. Dynamics of dental evolution in ornithopod dinosaurs. Scientific Reports, 6:28904.
- Stubbs, T.L., M.J. Benton, A. Esler & A. Prieto-Márquez. 2019. Morphological innovation and the evolution of hadrosaurid dinosaurs. *Paleobiology* 45:347-362.
- Taliaferro, N.L. 1933. An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, Mexico. *Journal of Geology* 41:12-37.
- The Paleobiology Database. <http://paleobiodb.org/#/> [Consultado en Noviembre del 2019].
- Torres-Rodríguez, E., M. Montellano-Ballesteros, R. Hernández-Rivera & M. Benammi. 2010. Dientes de terópodos del Cretácico Superior del Estado de Coahuila, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 27:72-83.
- Varricchio D.J., & J.R. Horner. 1993. Hadrosaurid and lambeosaurid bone beds from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana: taphonomic and biologic implications. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30:997-1006.
- Venegas Gómez, C. 2019. Fauna fósil de la localidad Lala's place y su interpretación paleoambiental. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Villanueva-Amadoz, U., L. Calvillo-Canadell & S.R.S. Cevallos-Ferriz. 2014. Síntesis de los trabajos paleobotánicos del Cretácico en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66:97-121.
- Vivas González, R. 2013. Paleoeología de dinosaurios hadrosáuridos (Ornithischia: Ornithopoda) de la Formación Cerro del Pueblo (Cretácico Tardío: Campaniano), Coahuila, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Vivas González, R., H.E. Rivera-Sylva, A. González Cervantes & L. Alfaro Ortíz. 2015. Cañada Ancha: una catástrofe del Cretácico Tardío en Coahuila. Libro de resúmenes del XIV Congreso Nacional de Paleontología, p. 61.
- Vivar, G. 1925. Informe preliminar sobre el estudio geológico petrolero de la región de Ojinaga, Estado de Chihuahua. Departamento de Exploraciones y Estudios Geológicos, Dirección de estudios geográficos y climatológicos. Folletos de Divulgación 16:3-12.
- Vogt, M., W. Stinnesbeck, P. Zell, B. Kober, J. Kontny, N. Herzer, E. Frey, H.E. Rivera-Sylva, J.M. Padilla Gutiérrez, N. Amezcuca & D. Flores Huerta. 2015. Age and depositional environment of the "dinosaur graveyard" at Las Águilas, southern Coahuila, NE Mexico. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 441:758-769.
- Wagner, J.R. & T.M. Lehman. 2009. An enigmatic new lambeosaurine hadrosaur (Reptilia: Dinosauria) from the Upper Shale Member of the Campanian Aguja Formation of trans-pecos Texas. *Journal of Vertebrate Paleontology* 29:605-611.
- Weidie, A.E. 1961. The stratigraphy and structure of the Parras Basin, Coahuila and Nuevo León, México. PhD thesis. Louisiana State University, Baton Rouge.
- Weidie, A.E. & G.E. Murray. 1967. The Geology of Parras Basin and adjacent areas of northeastern Mexico. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 51:678-695.
- Weidie, A.E., J.A. Wolleben & E.F. McBride. 1972. Late Cretaceous depositional systems in northeastern Mexico. *Transactions - Gulf coast Association of Geological Societies* 22:323-329.
- Westgate, J.W., R.B. Brown, D. Cope & J. Pittman. 2000. A late Cretaceous dinosaur-bearing community from coastal deposits in Chihuahua, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20:78A.
- Westgate, J.W., J. Pittman, R.B. Brown & D. Cope. 2002. Continued excavation of the first dinosaur community from Chihuahua, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22:118A.
- Weishampel, D.B. 2014. A history of the study of ornithopods: Where have we been? Where are we now? and Where are we going? Pp. 2-7. In D.A. Eberth & D.C. Evans (Eds.). *Hadrosaurs*. Indiana University Press. Bloomington e Indiana.
- Weishampel, D.B. & D.B. Norman. 1989. Vertebrate herbivory in the Mesozoic: jaws, plants and evolutionary metrics. *Geological*

- Society of America Special Paper 238:87-100.
- Wiman, C. 1931. *Parasaurolophus tubicen* n. sp. aus der Kreide in New Mexico. *Nova Acta Regiae Societatis Scientarum Upsaliensis, Series IV* 7:3-11.
- Wosik, M., K. Chiba, F. Therrien & D.C. Evans. 2020. Testing size–frequency distributions as a method of ontogenetic aging: a life-history assessment of hadrosaurid dinosaurs from the Dinosaur Park Formation of Alberta, Canada, with implications for hadrosaurid paleoecology. *Paleobiology* 46:379-404.
- Young, K. 1969. Ammonite Zones of Northern Chihuahua: Guidebook of The Border Region. New Mexico Geological Society, 20 th Field Conference 97-101p.
- Zelenitsky, D.K. & L.V. Hills. 1997. Normal and pathological eggshells of *Spheroolithus albertensis*, sp. nov., from the Oldman Formation (Judith River Group, Late Campanian), southern Alberta. *Journal of Vertebrate Paleontology* 17:167-171.
- Zhao, Z. 1979. Advances in the study of fossil dinosaur eggs in our country. Mesozoic and Cenozoic red beds of South China; selected papers from the field conference on the South China Cretaceous-Early Tertiary red beds. Science Press 330-340.

