



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**PALEOPATOLOGÍAS ÓSEAS EN DINOSAURIOS MEXICANOS:
UN ESTUDIO COMPARATIVO**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS

PRESENTA:
ANGEL ALEJANDRO RAMÍREZ VELASCO

TUTOR: DRA. ELIZABETH MORALES SALINAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA UNAM
COMITÉ TUTORAL: DRA. ALINE SHUNEMANN DE ALUJA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA UNAM
M. EN C. RENÉ HERNÁNDEZ RIVERA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA UNAM

MÉXICO D.F. ABRIL 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS.

Principalmente a mis padres Martha y Rubén, por todo su apoyo y amor. ¡Gracias por siempre creer en mí y darme una gran vida!

A mi hermano Rubén J., por ser mi maestro en el *photoshop* y por todos los ratos de diversión.

A mi hermana Mayru C., por ser un gran ejemplo en la perseverancia y en la fortaleza.

A mi nueva hermana Karen, por su cariño y el apoyo que me brindó en todo momento.

A mi nuevo hermano Marduk, por el apoyo cuando más lo necesitamos.

A mi adorada Rosario, por todos sus consejos, opiniones, sugerencias y sobre todo su cariño, comprensión, apoyo y su amor sincero.

A mis grandes amigos Amilcar, Ricardo y Gonzálo, por todos los momentos de diversión, risas y aprendizaje.

A la Doctora Elizabeth Morales Salinas, René Hernández, Mouloud Bennami, Jesús Alvarado y Luis Espinosa por su gran apoyo y comprensión durante mi formación.

Y a Rosa Tovar por encaminarme en la línea de investigación de las paleopatologías y ser una gran amiga.

¡GRACIAS A TODOS!

AGRADECIMIENTOS.

A mi tutora Elizabeth Morales Salinas por aceptar este proyecto, creer en el y apoyarlo de inicio a fin.

Aline Shunemann de Aluja y René Hernández de mi comité tutorial y a Luis Espinosa, Jesús Alvarado, Laura Romero y Jorge Luis Tórtora por sus comentarios y sugerencias que mejoraron el contenido de la tesis final.

Amílcar Amaya por la revisión del manuscrito que mejoraron la redacción y sentido de la tesis final.

A María del Carmen Perrilliat, Violeta A. Romero y Juan Miguel Contreras de la IGM; Luis Espinosa y René Hernández del Museo del IGLUNAM, UNAM; Carlos Gonzáles de León de la ERNO; José Manuel Padilla de la CPC; Martha Carolina de la SEPC; Belinda Espinosa de la BENC; Felisa Aguilar del INAH de Saltillo; y Claudio de León por permitirme la revisión del material de dinosaurios en sus respectivas colecciones.

A Marisol Montellano, Darren Tanke y Rubén Molina por la invaluable fuente de información sobre el tema de paleopatologías en dinosaurios.

A René Hernández, Ricardo Servín, Amílcar Amaya, Gonzálo Ángel, Rubén Bigurra, Perla A. Sánchez, Manuel Gámez, R. Pacheco, Valentina Velenzuela, José Luis Gudiño, Diego Beltrán López, Ofelia Hinojosa por su ayuda durante las salidas al campo y transporte del material.

A Paulina Bezaury, Cedillo, Andrés Sanabria y Jorge Albarrán por la realización de las tomografías computarizadas en la unidad PET/CT ciclotrón de la Facultad de Medicina, UNAM.

A Enoch Ortíz del IGLUNAM por la realización de los corte de los huesos fósiles y posterior inclusión en laminillas, y a Luis Quintos y Ma. Eugenia por las réplicas de los huesos patológicos.

A Aldi Oyarzabal por sus enseñanzas en la Ilustración científica.

A mis maestros durante mi estancia en la FMVZ en el 2010 y a los del posgrado por proporcionarme la información necesaria para este estudio intradisciplinario: Laura Romero, Elizabeth Morales, Samatha E. Romero, Cristina Guerrero, Sara del Carmen Caballero, Eugenio Quiroz, Gabriela Gómez, Jaime Campuzano, Juan Arturo Rivera, Alberto Fouilloux, Carlos Galindo, Beatriz Vanda, José Ramírez Lezama, Danilo Méndez y Luis Ignacio Montesino de la FMVZ, UNAM; Ana Bertha Villaseñor, Michelangelo Martini, José Luis Sánchez Zavala del IGLUNAM; Itzia E. Nieto de la Facultad de Ciencias, UNAM.

Al proyecto PAPIIT IN-216511-2 y al Grupo México por su financiamiento.

RESUMEN.

Desde 1926, el estudio de dinosaurios mexicanos se concentró en aspectos taxonómicos, mientras que otros aspectos biológicos importantes, tales como la caracterización de patologías óseas, no fueron abordados desde entonces. Aunque en 1981 se describieron los primeros rasgos paleopatológicos en estos fósiles, posteriormente solo fueron reportados de manera vaga. Una revisión reciente de fósiles de dinosaurios en México, reveló que existen numerosos casos de anomalías óseas atribuibles a enfermedades o procesos patológicos sufridos por estos organismos. Es por eso que, el objetivo de este trabajo es, reconocer y describir las patologías óseas en dinosaurios mexicanos del Cretácico Tardío, depositadas en las colecciones paleontológicas mexicanas, comparar los hallazgos paleopatológicos con rasgos similares de organismos vivos y sugerir sus posibles causas a partir de las comparaciones. Se revisaron 9446 huesos de dinosaurios depositados en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM (del D.F.); las colecciones del Museo del Desierto, Benemérita Escuela Nacional de Coahuila, INAH de Saltillo, la colección particular de Claudio de León (las cuatro de Coahuila), la Estación Regional del Noroeste, UNAM y la colección de Fronteras (ambos de Sonora). Los resultados revelaron que en hadrosauroideos existen posibles lesiones físico traumáticas, degenerativas y proliferativas, inflamatorias, neoplasias, trastornos del desarrollo y enfermedades desconocidas. En ceratopsios solo se encontraron un trastorno físico traumático y una probable neoplasia. Por último, en un tiranosáurido se encontró una lesión físico traumático en la articulación cuadrado-articular. Del total de patologías analizadas, las más numerosas correspondían a trastornos físico traumáticos (43%), degenerativas y proliferativas (18%), y a probables neoplasias (18%). El presente estudio complementa el registro de paleopatologías y de sus posibles causas en dinosaurios. Los hallazgos patológicos se encontraron tanto en individuos adultos como subadultos, y en varios casos representan probables causantes de muerte, directa o indirecta, de los dinosaurios del Cretácico Tardío mexicano.

Palabras clave: paleopatologías óseas, hadrosauroidea, ceratopsidae, tyrannosauridae, traumáticos, degenerativos, neoplasias.

ABSTRACT.

Since 1926, the studies on Mexican dinosaurs have been focused in taxonomic aspects, therefore other important biological topics, such as the osteological features produced by diseases of these animals, just were slighted. Although in 1981 the paleopathological osteologic features were properly described, these studies have again fallen in to the oblivion. A recent review of dinosaur fossils in Mexico revealed the occurrence of numerous specimens with bone abnormalities attributable to illness or diseases. Therefore, the aim of the present work is to recognize and describe the bone pathologies in Late Cretaceous Mexican dinosaurs, deposited in scientific paleontologic collections of this country, compare findings with similar pathology of living organisms and suggest possible causes. A total of 9446 dinosaur bone were analyzed, these material is deposited in Colección Nacional de Paleontología from Instituto de Geología, UNAM (Mexico City), the collection from Museo del Desierto, Benemérita Escuela Nacional de Coahuila, Saltillo INAH, particular collection of Claudio de León (the four from Coahuila); the collection from Estación Regional del Noroeste, UNAM and the Fronteras collection (both of Sonora). The results revel in hadrosauroid, traumatic physical injuries, degenerative and proliferative, inflammatory, neoplasm and unknown diseases. In ceratopsians found only a physical condition and a probable traumatic neoplasm. Finally, in a tyrannosaurid found physical traumatic injury quadrate-articular joint. From the total, the most common pathologies were the traumatic physical disorders (43%), degenerative and proliferative (18%), and neoplasms likely (18%). This study complements the paleopathologies record and their possible origin in dinosaurs. The pathological findings were found in both, adult and subadult individuals and in many cases represent probable cause, direct or indirect death of Late Cretaceous Mexican dinosaurs.

Key words: bone paleopathology, hadrosauroidea, ceratopsidae, tyrannosauridae, traumatic, degenerative, neoplasm.

CONTENIDO.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PALEONTOLOGÍA DE DINOSAURIOS.	1
1.1.1 ¿Qué es un dinosaurio?	1
1.1.2. Los grupos de dinosaurios principales.....	2
1.1.3. Restos óseos de dinosaurios mexicanos del Cretácico Tardío.	5
1.1.4. Proceso de fosilización en huesos de dinosaurios.....	8
1.2. MODIFICACIONES DEL HUESO <i>POST-MORTEM</i> : TAFONOMÍA.....	13
1.2.1. Muerte.....	13
1.2. 2. Bioestratinomía en los huesos.	13
1.2.3. Fosildiagénesis en los huesos.	18
1.3. RASGOS ÓSEOS ADQUIRIDOS DURANTE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO.	24
1.3.1. Biología del hueso.	24
1.3.2. Osteogénesis.	26
1.3.3. Factores que controlan la remodelación ósea.....	30
1.4. RESPUESTA ÓSEA A FUERZAS MECÁNICAS.	32
1.5. RESPUESTA ÓSEA A LESIONES Y ENFERMEDADES.	35
1.5.1. Osteólisis.....	35
1.5.2. Osteogénesis o reacción perióstica.....	36
1.6. PATOLOGÍAS ÓSEAS.	41
1.6.1. Patologías asociadas a procesos físico traumáticos.....	41
1.6.2. Trastornos degenerativos y proliferativos.....	42
1.6.3. Trastornos inflamatorios.....	43
1.6.4. Trastornos del desarrollo.....	44
1.6.5. Trastornos vasculares.....	45
1.6.6. Neoplasias.....	45
II. HIPÓTESIS.....	47

III. OBJETIVOS.....	47
IV. LÍMITES DEL TRABAJO.....	48
V. ANTECEDENTES.....	49
5.1. HISTORIA DE LA PALEOPATOLOGÍA EN DINOSAURIOS.....	49
5.2. LA PALEOPATOLOGÍA EN MÉXICO.....	50
5.2.1. La paleopatología de dinosaurios mexicanos.....	50
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	56
6.1. REVISIÓN DE LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS MEXICANAS.....	56
6.1.1. Ubicación de las colecciones paleontológicas.....	56
6.1.2. Búsqueda sistemática de huesos patológicos.....	56
6.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS PALEOPATOLOGÍAS.....	57
6.3. TOMA DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS.....	57
6.4. CORTE Y PULIDO DE SUPERFICIES.....	57
VII. RESULTADOS.....	58
7.1. PATOLOGÍAS EN ORNITHOPODA.....	59
7.1.1. <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (IGM 6253).....	61
7.1.2. Hadrosauridae Rojas IA.....	82
7.1.3. Hadrosauridae Rojas IB.....	83
7.1.4. Hadrosauridae HB.....	84
7.1.5. Hadrosauridae SEPC.....	103
7.1.6. Hadrosauridae SEPC CD1.....	106
7.1.8. Hadrosauridae BENC 18 1-0901.....	112
7.1.9. Hadrosauridae Cañon del Oso.....	115
7.1.10. Hadrosauridae Las Garzas A.....	121
7.1.11. Hadrosauridae Las Garzas B.....	132
7.1.12. Hadrosauridae La Esperanza.....	137
7.1.13. Hadrosauridae El Alamito.....	144

7.1.14. <i>Latirhinus uitstlani</i> (IGM 6583).....	147
7.1.15. <i>Kritosaurus sp.</i> (IGM 6685).....	165
7.1.16. <i>Velafrons coahuilensis</i> (CPC-59).....	169
7.1.17. <i>Magnapaulia laticaudus</i> (LACM 17715/ sin IGM).....	172
7.1.18. <i>Magnapaulia laticaudus</i> (LACM 20874/ sin IGM).....	175
7.2. PATOLOGÍAS EN CERATOPSIA.....	179
7.2.1. <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CPC-276).....	179
7.2.2. <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CLEón-1).	183
7.3. PATOLOGÍAS EN THEROPODA.....	186
7.3.1. <i>Labocania anomala</i> (IGM 5307).....	186
VIII. DISCUSIONES.	190
8.1. COMPARACIÓN DE PATOLOGÍAS DEL ESQUELETO AXIAL.....	190
8.1.1. Osteoproliferación del hueso esponjoso en la articulación costo-vertebral derecha con anquilosis secundaria.....	190
8.1.2. Neoformación unilateral del proceso articular en vértebra caudal. ...	198
8.1.3. Tumoración perióstica en cuerpos costales torácicos.	201
8.1.4. Proliferación ósea de los bordes de la superficie articular caudal y sobrecrecimiento de la cara lateral en vértebras caudales.	203
8.1.5. Reacciones periósticas transversales en costillas torácicas y en un isquión.....	208
8.1.6. Lesión osteoproliferativa discontinua en la cabeza de la vértebra cervical.	210
8.1.7. Fractura unilateral y deformación secundaria del cuerpo vertebral torácico.	213
8.1.8. Sobrecrecimiento del hueso esponjoso en ambas caras articulares de la vértebra caudal distal.	217
8.1.9. Lesión osteolítica unilateral en poscigapófisis de una vértebra caudal anterior.....	219
8.1.10. Anquilosis de arcos neurales de vértebras sacras.	221
8.2. COMPARACIÓN DE PATOLOGÍAS DEL ESQUELETO APENDICULAR.....	223

8.2.5. Remodelación ósea y deformación secundaria del extremo distal del cuerpo fibular.....	232
8.3. COMPARACIÓN DE PATOLOGÍAS CRANEALES.....	241
8.3.2. Osteoproliferación focal del hueso esponjoso en la cara medial del escamoso.....	243
8.3.3. Desplazamiento del fragmento del cuerno posorbital.	247
8.3.4. Lesión osteolítica con surcos y crestas en la superficie articular del cuadrado.	249
IX. CONCLUSIONES.....	255
X. REFERENCIAS.....	256
XI. ANEXOS.....	267

LISTA DE CUADROS.

Cuadro 1.1. Factores que controlan la remodelación ósea.....	31
Cuadro 7.1. Resumen de los fósiles de dinosaurios mexicanos identificados con patologías óseas y sus probables diagnósticos diferenciales.....	189
Cuadro 8.1. Resumen de las lesiones óseas en dinosaurios mexicanos y sus probables implicaciones biológicas.....	256
Cuadro 11.1. Lista de fósiles de dinosaurios revisados de la Colección Nacional de Paleontología (IGM) del Instituto de Geología, UNAM.....	269
Cuadro 11.2. Lista de fósiles de dinosaurios revisados de las colecciones de la Estación Regional del Noroeste de Sonora (ERNO), del Instituto de Geología, UNAM.....	286
Cuadro 11.3. Lista de fósiles de dinosaurios revisados de las colecciones paleontológicas de Saltillo, Coahuila.....	288

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1.1. Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas de los Dinosauria con otros grupos de tetrápodos.....	3
Figura 1.2. Esqueleto de <i>Herrerasaurus</i> (tomado de Langer, 2004) indicando las autopomorfías o caracteres únicos que definen al grupo Dinosauria.....	4
Figura 1.3. Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas de los grupos de Dinosauria.....	4
Figura 1.4. Mapa de México, mostrando las áreas donde se han colectado restos óseos de dinosaurio en rocas del Cretácico Tardío.....	7
Figura 1.5. Comparación entre la estructura interna del hueso de un bovino y de un hueso fósil de dinosaurio ornitiscuio de Coahuila. Abreviaturas: Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.....	10
Figura 1.6. Corte histológico del hueso esponjoso fosilizado por carbonatos de un dinosaurio sin identificar, del Municipio de Jiménez, Chihuahua. A, vista general; B, Acercamiento de los espacios interóseos rellenos de cristales de calcita. Abreviaturas: sh, sistema de Havers; tr, trabéculas.....	11
Figura 1.7. Corte histológico de una costilla de dinosaurio sin identificar del Estado de Sonora mostrando el hueso compacto y el hueso esponjoso. Abreviaturas: Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; sh, sistema de Havers; tr, trabéculas.....	12
Figura 1.8. Etapas biológicas y tafonómicas (bioestratinomía y fosildiagénesis) donde se modifican los huesos.....	20
Figura 1.9. Rasgos bioestratinómicos de los huesos por agentes físicos y químicos.....	21
Figura 1.10. Rasgos bioestratinómicos de los huesos por agentes biológicos.....	22
Figura 1.11. Rasgos fosildiagenéticos de los huesos fósiles por agentes físicos y químicos.....	23
Figura 1.12. Esquema de una tibia de dinosaurio hadrosauroideo en corte latero-medial, ubicando las partes macroscópicas internas que lo componen.....	29
Figura 1.13. Respuesta ósea a fuerza mecánica por una unión tipo tendinosa. Metatarso en vista lateral de hadrosauro de Ocampo, Coahuila.....	33
Figura 1.14. Respuesta ósea a fuerza mecánica por una unión tipo carnosa. Fémur en vista caudal de <i>Velafrons coahuilensis</i> (CPC-59).....	34
Figura 1.15. Ilustración de una respuesta osteolítica generalizada, en una vértebra de <i>Dysalotosaurus</i> (ornitópodo), mostrando la parte interna del hueso (modificado de Witzmann et al., 2011).....	37

- Figura 1.16.** Ilustración de una respuesta osteolítica localizada geográfica en una mandíbula de *Tyrannosaurus* (terópodo). El recuadro muestra un acercamiento de la lesión (modificado de Wolff *et al.*, 2009).....37
- Figura 1.17.** Ilustración de una respuesta osteolítica localizada del tipo apolillada y permeativa de una vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza (ornitópodo).....38
- Figura 1.18.** Ilustración de una respuesta perióstica continua en un falange en vista dorsal de *Talos* (terópodo) mostrando la superficie externa (izquierda) e interna (modificado de Zanno *et al.*, 2011).....39
- Figura 1.19.** Ilustración de una respuesta perióstica discontinua de la escápula y coracoide de un *Gorgosaurus* (terópodo) en vista lateral (modificado de Glut, 2006).....40
- Figura 5.1.** Tibias de *Magnapaulia laticaudus*. A, tibia normal (LACM 17706) en vista lateral; B, tibia patológica (LACM 17711) en vista lateral; C, vista proximal de la tibia patológica (LACM 17711) ubicando la lesión mediante una flecha (Tomado de Morris, 1981).....52
- Figura 5.2.** Vértebras caudales de *Magnapaulia laticaudus* (LACM 28990) en vista craneal. A, normal; B, patológica La flecha indica la localización de la lesión (tomado de Morris, 1981).....53
- Figura 5.3.** Posible patología del *Kritosaurus* (PASAC-1). A, huesos localizados del ejemplar PASAC-1, ubicando con una flecha el coracoide patológico. B, vista lateral izquierdo, C, vista proximal y D, vista lateral derecho del coracoide mostrando la patología (tomado de Kirkland *et al.*, 2006). **Abreviaturas:** fes, faceta escapular; fc, forámen del coracoide; fgl, fosa glenoidea; pato, patología.....54
- Figura 5.4.** Posibles patologías de *Latirhinus uitstlani*. A, huesos localizados del ejemplar IGM 6583, ubicando con una flecha los metacarpos y el húmero. B, vista dorsal de los metacarpos, C, vista lateral del húmero izquierdo (tomado de Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012). **Abreviaturas:** cdp, cresta delto-pectoral; cl, cóndilo lateral; cm, cóndilo medial; dpato, distorsión patológica; fpato, fusión patológica; h, húmero; mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV; sd, superficie distal.....55
- Figura 7.1.** Gráfica del porcentaje de fragmentos óseos y huesos completos de cada grupo de dinosaurios cuantificado a partir de las Colecciones paleontológicas y las salidas al campo. En el interior de cada silueta está el porcentaje de huesos con patologías dentro de cada grupo.....58
- Figura 7.2.** Reconstrucción del esqueleto de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) ubicando los huesos con lesiones mediante flechas. **Abreviaturas:** c, costilla; vca, vértebra caudal; vt-c, vértebra con costilla torácica.....63
- Figura 7.3.** Comparación de vértebra torácica normal y patológica en vista caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas ubican las lesiones. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal64
- Figura 7.4.** Acercamiento de la lesión en la articulación costo-verteral de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan las lesiones. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; ped, pedículo.....65
- Figura 7.5.** Tomografía computarizada de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; cuc, cuerpo costal; cv, cuerpo vertebral; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; pt, proceso transverso.....66
- Figura 7.6.** Tomografía computarizada de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; cuc, cuerpo costal; cv, cuerpo vertebral; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; pt, proceso transverso.....66

- Figura 7.7.** Vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista craneal (arriba) y caudal (abajo). Las flechas marcan las lesiones. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal.67
- Figura 7.8.** Acercamiento de la articulación costo-vertebral en vista craneal de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan la lesión osteolítica. **Abreviaturas:** cac, cabeza costal; cc, cuello costal; cn, canal neural; lc-t; ligamento costo-transversal; lc-v, ligamento costo-vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal68
- Figura 7.9.** Diagrama de la articulación costo-vertebral en vista craneal de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan la lesión osteolítica **Abreviaturas:** cac, cabeza costal; cc, cuello costal; cn, canal neural; lc-t; ligamento costo-transversal; lc-v, ligamento costo-vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal.....69
- Figura 7.10.** Acercamiento de la articulación costo-vertebral ventral de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) mostrando la lesiones osteolíticas mediante las flechas. **Abreviaturas:** cc, cuello de la costilla; pe, pedículo.....70
- Figura 7.11.** Acercamiento del extremo distal de la costilla torácica anterior de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista caudal. Las flechas ubican la lesión.....71
- Figura 7.12.** Comparación del extremo distal de las costillas torácicas anteriores de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista distal (izquierda) y craneal (derecha). Las flechas ubican la lesión. **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.....72
- Figura 7.13.** Tomografía computarizada de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. Las flechas indican las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; cuc, cuerpo costal; cv, cuerpo vertebral; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; pt, proceso transverso.....73
- Figura 7.14.** Comparación de la costilla torácica anterior y la posterior patológica derechas en vista craneal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cuc, cuerpo costal; tc, tubérculo costal.....73
- Figura 7.15.** Costilla torácica anterior de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista caudal, ventral, craneal y dorsal (de arriba hacia abajo). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cuc, cuerpo costal; tc, tubérculo costal.....74
- Figura 7.16.** Acercamiento del borde dorsal de la patología de la costilla torácica posterior de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista dorso-craneal. Las flechas delimitan la lesión.....75
- Figura 7.17.** Tomografía computarizada de la costilla anterior normal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte dorso-ventral. **Abreviaturas:** cuc, cuerpo costal.....76
- Figura 7.18.** Tomografía computarizada de la costilla posterior patológica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte dorso-ventral. **Abreviaturas:** cuc, cuerpo costal; tc, tubérculo costal.....76
- Figura 7.19.** Comparación entre vértebras caudales de hadrosauridae y de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista craneal. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; prc, precigoapófisis; pt, proceso transverso.....77
- Figura 7.20.** Acercamiento del arco neural de la vértebra caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista craneal. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:**

	cn; cuerpo neural; cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; prc, precigopófisis; pt, proceso transverso.....	78
Figura 7.21.	Acercamiento del extremo distal de la lesión de la vértebra caudal de <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (IGM 6253) en vista dorsal. Abreviaturas: Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.....	79
Figura 7.22.	Tomografía computarizada de la vértebra caudal de <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. La flecha indica la lesión. Abreviaturas: cn; cuerpo neural; cv, cuerpo vertebral; fHe, fragmento de hueso esponjoso; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ma, matriz de sedimento; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso.....	80
Figura 7.23.	Comparación de la tomografía computarizada en corte dorso-ventral (izquierda) y vista de la porción distal del proceso espinoso de la vértebra caudal de <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (IGM 6253). Abreviaturas: Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.....	81
Figura 7.24.	Comparación de la porción distal en vista craneal de una costilla de <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (IGM 6253) (arriba) y un fragmento de costilla de Rojas IA. Las flechas delimitan la lesión.....	82
Figura 7.25.	Comparación de la porción media del cuerpo en vista craneal de una costilla de <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (IGM 6253) (arriba) y un fragmento de costilla de Rojas IB. Las flechas delimitan la lesión.....	83
Figura 7.26.	Reconstrucción del esqueleto del hadrosauridae HB (subadulto) ubicando los huesos con lesiones mediante flechas. Abreviaturas: fl-HB1, fíbula 1; vca-HB1, vértebra caudal 1; vca-HB2, vértebra caudal 2; vca-HB3, vértebra caudal 3.....	86
Figura 7.27.	Comparación de vértebras caudales en vista caudal del hadrosaurio HB normal (izquierda) y la patológica HB2 (derecha). Las flechas indican las lesiones. Abreviaturas: cn, canal neural; fch, facetas para chevrón.....	87
Figura 7.28.	Tomografía computarizada de la vértebra caudal patológica HB2 en corte cráneo-caudal. Abreviaturas: cn, canal neural; pe, proceso espinoso.....	88
Figura 7.29.	Comparación de vértebras caudales en vista caudal del hadrosaurio HB normal y la patológica HB1. Abreviaturas: cn, canal neural; fch, facetas para chevrón.....	89
Figura 7.30.	Comparación de vértebras caudales en vista ventral de <i>Velafrons coahuilensis</i> (CPC-59) normal y la patológica HB1. Abreviaturas: fch, facetas para chevrón.....	90
Figura 7.31.	Corte transversal de la porción dorsal y la porción ventral de la parte interna del cuerpo vertebral caudal HB1. Abreviaturas: fn, forámen nutricio; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; tp, trabéculas perpendiculares.....	91
Figura 7.32.	Histología fibrolaminar radial de la neoformación de hueso compacto de la vértebra HB1. Las flechas marcan el límite normal (izquierda) y la patológica (derecha). Abreviaturas: eig, espacios interóseos grandes.....	92
Figura 7.33.	Histología fibrolaminar radial de la neoformación de trabéculas perpendiculares de la vértebra HB1. Las flechas marcan el límite normal (derecho) y la patológica (izquierdo).....	93
Figura 7.34.	Comparación de vértebras caudales en vista caudal de hadrosauridae HB normal (izquierda) y la patológica HB3 (derecha). Abreviaturas: cn, canal neural; fch, facetas para chevrón.....	94
Figura 7.35.	Comparación de vértebras caudales en vista ventral de <i>Velafrons coahuilensis</i> CPC-59 (izquierda) y la patológica HB3 (derecha). Abreviaturas: fch, facetas para chevrón.....	95

Figura 7.36. Comparación de las fíbulas derecha (normal inversa) e izquierda (patológica) del hadrosaurio HB, ambos en vista lateral. Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: cafl, cabeza de la fíbula; cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maléolo lateral.....	96
Figura 7.37. Tomografías computarizadas de la fíbula HB1 en corte cráneo-caudal. Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: cafl, cabeza de la fíbula; einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.....	97
Figura 7.38. Tomografías computarizadas de la fíbula HB1 en corte latero-medial. Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: cafl, cabeza de la fíbula; einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.....	98
Figura 7.39. Corte transversal proximal de la fíbula HB1 mostrando su estructura interna. Las flechas delimitan la porción normal (izquierda) y la patológica (derecha). Abreviaturas: einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.....	99
Figura 7.40. Corte transversal distal de la fíbula HB1 mostrando su estructura interna. Las flechas delimitan la porción normal (derecha) y la patológica (izquierda). Abreviaturas: einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.....	100
Figura 7.41. Histología fibrolaminar laminar cortical externa de la fíbula HB1.....	101
Figura 7.42. Histología fibrolaminar anómalo cortical interna de la fíbula HB1. Abreviaturas: be, bahías de erosión; op, osteones primarios.....	102
Figura 7.43. Diáfisis de un isquión (arriba) y un fragmento de cuerpo de costilla (abajo) del hadrosaurio de General Cepeda SEPC. Las flechas marcan el inicio y el término de la lesión (las líneas transversales).....	104
Figura 7.44. Acercamiento del fragmento del cuerpo de la costilla del hadrosaurio de General Cepeda SEPC. Las flechas delimitan las lesiones perpendiculares.....	105
Figura 7.45. Diagrama de los huesos de la pata de un hadrosaurio (Modificado de Rothschild y Tanke, 2007) ubicando la falange SEPC CD1 (dedo III, falange 2) y SEPC CD1/28 (dedo IV, falange 1). La flecha indica la ubicación de la lesión.....	107
Figura 7.46. Comparación de la fosita de falange de hadrosauridae El Carmen (normal) y la falange patológica SEPC CD1/28. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.....	108
Figura 7.47. Comparación de la fosita de falange de hadrosauridae HB (normal) y la falange incompleta patológica SEPC CD1. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.....	108
Figura 7.48. Reconstrucción del esqueleto del hadrosaurio BENC 1/1-0009, de la localidad Palmar. La flecha indica el hueso con lesión. Abreviaturas: fpe, falange pedal.....	109
Figura 7.49. Diagrama de los huesos de la pata de un hadrosaurio (Modificado de Rothschild y Tanke, 2007) ubicando la falange pedal BENC 1/1-0009. La flecha indica la ubicación de la lesión en la parte plantar.....	110
Figura 7.50. Comparación de falanges pedales (o terminales) en vista plantar de c.f. <i>Latirhinus uitstlani</i> normal y la falange BENC 1/1-0009. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.....	111
Figura 7.51. Acercamiento de la lesión de la falange pedal BENC 1/1-0009 en vista plantar. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.....	111
Figura 7.52. Reconstrucción del esqueleto del hadrosaurio BENC 18/1-0901. La flecha indica el hueso con la lesión. Abreviaturas: c, costilla.....	112
Figura 7.53. Costilla del hadrosaurio BENC 18/1-0901 en vista dorsal, craneal y caudal (de arriba hacia abajo). Las flechas marcan los bordes de la lesión.....	113
Figura 7.54. Acercamiento de la superficie de la costilla del hadrosaurio BENC 18/1-0901 en vista craneal. Las flechas marcan los bordes de la lesión.....	114
Figura 7.55. Comparación de vértebras cervicales del hadrosaurio Icoteas (normal) y del hadrosaurio del Cañon del Oso patológica, ambos en vista lateral (arriba) y vista dorsal (abajo). Las flechas marcan los bordes de la lesión. Abreviaturas: cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; ped, pedículos; pt, proceso transversal.....	116

Figura 7.56. Cuerpo vertebral de la vértebra cervical del hadrosaurio Cañon del Oso en vista dorsal. Las flechas marcan los bordes de la lesión. Abreviaturas: cn, canal neural; pt, proceso transverso.....	117
Figura 7.57. Texturas de la lesión de la vértebra cervical del Cañon del Oso en vista dorsal...	118
Figura 7.58. Tomografía computarizada de la vértebra cervical del hadrosaurio del Cañon del Oso en corte dorso-ventral. Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: pt, proceso transverso.....	119
Figura 7.59. Tomografía computarizada de la vértebra cervical del hadrosaurio del Cañon del Oso en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan las entradas de un canal dentro de la lesión (del tejido de neoformación).....	120
Figura 7.60. Comparación de cuerpos vertebrales torácicos en vista ventral de un hadrosaurio de Rincón Colorado (normal) y del hadrosaurio de Las Garzas A (patológico). Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: crv, cresta ventral.....	122
Figura 7.61. Cuerpo vertebral de la vértebra torácica Las Garzas A en vista lateral izquierda (normal, arriba) y lateral derecha (abajo). Las flechas delimitan la lesión.....	123
Figura 7.62. Comparación de cuerpos vertebrales de vértebras torácica en vista craneal de un hadrosaurio Rincón Colorado (normal) y del hadrosaurio Las Garzas A (patológico). La silueta gris representa los pedículos y las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: cn, canal neural.....	124
Figura 7.63. Comparación de los cuerpos vertebrales de las vértebras torácicas en vista dorsal de un hadrosaurio Rincón Colorado (normal) y del hadrosaurio Las Garzas A (patológica), en foto (arriba) y en diagrama (abajo). Abreviaturas: cn, canal neural; ped, pedículo.....	125
Figura 7.64. Tomografía computarizada del cuerpo vertebral de la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A en corte dorso-ventral. Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: He, hueso esponjo; zr, zona de reemplazamiento diagenético.....	126
Figura 7.65. Corte longitudinal del cuerpo vertebral de la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A, donde se muestra su estructura interna. Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: He, hueso esponjo; zr, zona de reemplazamiento diagenético.....	127
Figura 7.66. Histología de la zona de reemplazamiento diagenético de la vértebra torácica Las Garzas A. Abreviaturas: fh, fragmentos de hueso.....	128
Figura 7.67. Histología laminar de las trabéculas normales de la vértebra torácica Las Garzas A. Abreviaturas: ei, espacio interóseo; hl, hueso laminar.....	129
Figura 7.68. Histología laminar de las trabéculas patológicas de la vértebra torácica Las Garzas A. Abreviaturas: ei, espacio interóseo.....	130
Figura 7.69. Histología laminar de las trabéculas normales en la región de la microfractura de la vértebra torácica Las Garzas A. Las flechas marcan la discontinuidad. Abreviaturas: ei, espacio interóseo.....	131
Figura 7.70. Comparación de vértebras caudales posteriores en vista craneal del hadrosaurio HB (normal) y del hadrosaurio Las Garzas B (patológico). Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: cn, canal neural.....	133
Figura 7.71. Cuerpo vertebral de la vértebra caudal del hadrosaurio Las Garzas B en vista craneal (derecha), lateral (en medio) y caudal (izquierda). Las flechas indican los bordes de las lesiones. Abreviaturas: cn, canal neural; ped, pedículos.....	133
Figura 7.72. Diagrama de los huesos de la pata de hadrosaurio (modificado de Rothschild y Tanke, 2007) en vista dorsal, ubicando la falange del hadrosaurio Las Garzas B. La flecha indica la ubicación de la lesión.....	134
Figura 7.73. Comparación de la fosita de las falanges en vista proximal del hadrosaurio HB (normal) y del hadrosaurio Las Garzas B (patológico). Las flechas delimitan la lesión.....	135

- Figura 7.74.** Reconstrucción a partir de la tomografía computarizada de la falange del hadrosaurio de Las Garzas B. Las flechas delimitan la lesión.....135
- Figura 7.75.** Tomografías computarizadas de la falange del hadrosaurio Las Garzas B en corte latero-medial. La flecha ubica la lesión. **Abreviaturas:** He, hueso esponjoso.....136
- Figura 7.76.** Comparación de vértebras caudales anteriores en vista lateral derecha de *Kritosaurus* sp. PASAC-1 (normal) y del hadrosaurio La Esperanza (patológico). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** fch, faceta para el chevrón; pe, proceso espinoso; poc, poscigoapófisis; pt, proceso transverso.....138
- Figura 7.77.** Comparación de la espina neural de la vértebra caudal patológica del hadrosaurio La Esperanza en vista lateral izquierda (inversa) y en vista lateral derecha. Las flechas delimitan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso; poc, poscigoapófisis.....139
- Figura 7.78.** Acercamiento de la poscigoapófisis de la vértebra caudal anterior del hadrosaurio La Esperanza en vista lateral. Las flechas marcan los bordes de la lesión.....140
- Figura 7.79.** Tomografía computarizada de la vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza en corte lateral. La flecha marca la ubicación de la lesión. **Abreviaturas:** cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; poc, poscigoapófisis.....141
- Figura 7.80.** Tomografía computarizada de la vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza en corte dorso-ventral. Las flechas ubican la lesión. **Abreviaturas:** poc, poscigoapófisis.....142
- Figura 7.81.** Comparación de la tomografía computarizada con una imagen real del corte transversal de la espina neural de la vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza. **Abreviaturas:** CaCO₃, carbonato de calcio diagenético.....143
- Figura 7.82.** Reconstrucción del esqueleto del hadrosaurio El Alamito ubicando el hueso con lesión mediante una flecha. **Abreviaturas:** c, costilla.....144
- Figura 7.83.** Cuerpo costal incompleto del hadrosaurio El Alamito. Las flechas indican el borde de la lesión.....145
- Figura 7.84.** Acercamiento de la superficie del cuerpo costal incompleto del hadrosaurio El Alamito. Las flechas indican el borde de la lesión.....145
- Figura 7.85.** Tomografía computarizada del cuerpo costal del hadrosaurio El Alamito en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan la ubicación de la lesión.....146
- Figura 7.86.** Nueva reconstrucción del esqueleto de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Las flechas ubican los huesos con lesiones. **Abreviaturas:** fl, fíbula; mc III-IV, metacarpos III y IV; t, tibia.....149
- Figura 7.87.** Comparación de los huesos de la palma en vista dorsal de *Gryposaurus incurvimannus* normal (tomado de Brown, 1912) y de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Los huesos lesionados se muestran mediante una reconstrucción de la tomografía computarizada.....150
- Figura 7.88.** Metacarpos III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en vista lateral izquierda (arriba), lateral derecho (arriba en medio), palmar (abajo en medio) y dorsal (abajo). Las flechas indican los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.....151
- Figura 7.89.** Tomografía computarizada de los metacarpo III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en corte dorso-palmar. Las flechas ubican lesiones internas. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.....152
- Figura 7.90.** Tomografía computarizada de los metacarpo III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en corte dorso-palmar (más palmar que el anterior). **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.....153
- Figura 7.91.** Tomografías computarizadas corte proximal-distal del metacarpo III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Corte muestra el borde distal de la lesión. Las flechas

	delimitan la lesión interna. Abreviaturas: mc IIII, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.....	154
Figura 7.92.	Tomografías computarizadas corte proximal-distal del metacarpo III y IV de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583). El corte muestra el borde proximal de la lesión. La flecha ubica el borde palmar de la lesión. Abreviaturas: mc IIII, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.....	155
Figura 7.93.	Comparación de la fíbula derecha (normal inversa) y la izquierda (patológica) de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583). Las flechas indican los bordes de la lesión. Abreviaturas: cafl, cabeza de la fíbula; cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maléolo lateral.....	156
Figura 7.94.	Acercamiento de la región lesionada del extremo distal de la fíbula izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583). La flecha indica el borde de la lesión. Abreviaturas: ml, maléolo lateral.....	157
Figura 7.95.	Tomografía computarizada de la porción distal de la fíbula izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583) en corte latero-medial. Las flechas marcan una lesión interna. Abreviaturas: cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maléolo lateral.....	158
Figura 7.96.	Corte transversal proximal de la lesión de la fíbula izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583). Abreviaturas: Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ma matriz rocosa.....	159
Figura 7.97.	Corte transversal distal de la lesión de la fíbula izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583). Abreviaturas: Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ma matriz rocosa.....	159
Figura 7.98.	Histología de hueso Haversiano de la cortical de la fíbula izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583). Abreviaturas: os, osteones secundarios; zr, zona de remplazamiento diagenético.....	160
Figura 7.99.	Comparación de las tibia derecha (normal, inversa) e izquierda (patológica) de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583), ambos en vista lateral. Las flechas delimitan los bordes de la lesión. Abreviaturas: ccn, cresta cnemial; cut, cuerpo de la tibia; ml, maléolo lateral; mm, maléolo medial.....	161
Figura 7.100.	Comparación de la porción distal de la tibia derecha (normal) e izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583) en vista distal (arriba), caudal (en medio), craneal (abajo). Las flechas indican los bordes de la lesión. Abreviaturas: ml, maléolo lateral; mm, maléolo medial.....	162
Figura 7.101.	Acercamiento del maléolo lateral de la tibia izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583). Las flechas marcan los bordes de la lesión. Abreviaturas: cut, cuerpo de la tibia; ml, maléolo lateral.....	163
Figura 7.102.	Tomografía computarizada de la tibia izquierda de <i>Latirhinus uistlani</i> (IGM 6583) en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan los bordes de la lesión. Abreviaturas: cc, cresta cnemial; cut, cuerpo de la tibia; ml, maléolo lateral; mm, maléolo medial.....	164
Figura 7.103.	Reconstrucción del esqueleto de <i>Kritosaurus</i> sp. (IGM 6685), indicando con una flecha el hueso patológico. Abreviaturas: d, dentario.....	165
Figura 7.104.	Comparación del cráneo completo de <i>Gryposaurus incurvimannus</i> (TMP 1980.022.0001) y la región rostral de <i>Kritosaurus</i> sp. (IGM 6685) en vista lateral. Las flechas marcan la localización de las lesiones. Abreviaturas: d, dentario; ma, matriz rocosa; mx, maxilar; na, nasal; pd, predentario; pmx, premaxilar.....	166
Figura 7.105.	Comparación de la textura del dentario de <i>Gryposaurus incurvimannus</i> (TMP 1980.022.0001) y de <i>Kritosaurus</i> sp. (IGM 6685) en vista lateral. Las flechas delimitan las lesiones. Abreviaturas: d, dentario; fo, forámen; mx, maxilar; pd, predentario; pmx, premaxilar.....	167
Figura 7.106.	Acercamiento de la lesión dorso-caudal del dentario de <i>Kritosaurus</i> sp. (IGM 6685). Las flechas marcan los bordes de la lesión.....	168

Figura 7.107. Acercamiento de la lesión rostro-ventral del dentario de <i>Kritosaurus</i> sp. (IGM 6685). Las flechas marcan los bordes de la lesión.....	168
Figura 7.108. Reconstrucción del esqueleto de <i>Velafrons coahuilensis</i> (CPC-59) ubicando con una flecha los huesos patológicos. Abreviaturas: pes, procesos espinosos sacros.....	169
Figura 7.109. Comparación de procesos espinoso sacros normal y patológico de <i>Velafrons coahuilensis</i> (CPC-59) en vista lateral derecha. Las flechas marcan la ubicación de la lesión. Abreviaturas: pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso.....	170
Figura 7.110. Comparación de procesos espinoso sacros normal y patológico de <i>Velafrons coahuilensis</i> (CPC-59) en vista lateral izquierda. Las flechas marcan la ubicación de la lesión. Abreviaturas: pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso.....	171
Figura 7.111. Reconstrucción del esqueleto de <i>Magnapaulia laticaudus</i> (LACM 17715), ubicando con una flecha el hueso patológico. Abreviaturas: h, húmero.....	172
Figura 7. 112. Comparación del húmero del hadrosaurio BENC 18/1-0901 (normal) y el húmero de <i>Magnapaulia laticaudus</i> LACM 17715 (patológico) en vista lateral. Las flechas y los círculos delimitan la lesión. Abreviaturas: cdp, cresta delto-pectoral; ch, cuello del húmero; cl, cóndilo lateral; cm, cóndilo medial.....	173
Figura 7.113. Comparación de la superficie lateral del cuello del húmero de <i>Magnapaulia laticaudus</i> del ejemplar LACM 17712 (normal) y el ejemplar LACM 17715 (patológico), ambos en vista lateral. Las flechas marcan los bordes de las lesiones.....	174
Figura 7.114. Reconstrucción del esqueleto de <i>Magnapaulia laticaudus</i> (LACM 20874), ubicando con una flecha el hueso patológico. Abreviaturas: p, pubis.....	175
Figura 7.115. Comparación de los pubis de <i>Magnapaulia laticaudus</i> LACM 20874 derecho (normal inverso) e izquierdo (patológico). Las flechas marcan la lesión. Abreviaturas: cp, cuello púbico; pil, pedúnculo iliaco; pis, pedúnculo isquiático; ppo, proceso postpúbico; ppr, proceso prepúbico.....	176
Figura 7.116. Comparación del borde dorsal del cuello púbico de los pubis de <i>Magnapaulia laticaudus</i> LACM 20874 derecho (normal) y el izquierdo (patológico). Las flechas marcan la lesión.....	177
Figura 7.117. Acercamiento de la lesión del borde dorsal del cuello púbico de <i>Magnapaulia laticaudus</i> LACM 20874 del pubis izquierdo. Las flechas delimitan la lesión.....	178
Figura 7.118. Reconstrucción del esqueleto de <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CPC-276), ubicando con una flecha el hueso patológico. Abreviaturas: es, escamoso.....	179
Figura 7.119. Comparación del escamoso derecho del ceratópsido de Ocampo (normal) y el escamoso derecho de <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> CPC-276 (patológico), ambos en vista medial. Las flechas marcan los bordes de la lesión. Abreviaturas: arcu, articulación para el cuadrado; arex, articulación para el exoccipital.....	180
Figura 7.120. Comparación de la textura del escamoso derecho de <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CPC-276) en vista lateral (normal) y vista medial (patológico). La flecha marcan los bordes de la lesión.....	181
Figura 7.121. Acercamiento de la lesión del escamoso derecho de <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CPC-276) en vista medial. Las flechas marcan los bordes de la lesión.....	182
Figura 7.122. Reconstrucción del esqueleto de <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CLEón-1) ubicando el hueso patológico mediante una flecha. Abreviaturas: po, cuerno posorbital.....	183
Figura 7.123. Comparación de cuernos posorbitales de <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> CLeón-2 (normal) y el de CLeón-1 (patológico). Las flechas marcan los bordes de la lesión.....	184
Figura 7.124. Comparación de la estructura interna del cuerno posorbital de <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CLEón-1) de la porción proximal (normal) y la porción distal	

- (patológico). Las flechas marcan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.....185
- Figura 7.125.** Reconstrucción del esqueleto de *Labocania anomala* (IGM 5307), ubicando el hueso patológico mediante una flecha. **Abreviaturas:** cu, cuadrado.....186
- Figura 7.126.** Posición del cuadrado derecho de *Labocania anomala* (IGM 5307) en un cráneo hipotético de tiranosáurido en vista caudal. La flecha marca la localización de la lesión. **Abreviaturas:** ar, articular; coc, cóndilo occipital; cu, cuadrado; cuy, cuadradoyugal; es, escamoso; oto, otoccipital; p, parietal.....187
- Figura 7.127.** Comparación de cuadrados derechos de *Tyrannosaurus rex* FMNH PR2081 (tomado de Larson and Carpenter, 2008; normal) y de *Labocania anomala* IGM 5307 (patológico), ambos en vista medial (arriba) y vista caudal (abajo). **Abreviaturas:** cl, cóndilo lateral; cm, cóndilo medial; fm, fosa medial.....188
- Figura 7.128.** Comparación de la superficie articular del cóndilo medial del cuadrado de *Tyrannosaurus rex* FMNH PR2081 (tomado de Larson and Carpenter, 2008; normal) y de *Labocania anomala* IGM 5307 (patológico) en vista medial. Las flechas oscuras marcan el borde articular normal y las flechas claras el borde de la lesión.....189
- Figura 8.1.** Comparación de lesiones tumorales que afectan las costillas torácicas: anemia hemolítica (tomada de Ascenzi, 1976) y hemangioma (tomada de Tew, *et al.* 2011), ambos en *Homo sapiens* y la lesión tumoral de la articulación costo-vertebral en *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), en vista caudal.....192
- Figura 8.2.** Comparación de una ulna amputada en *Homo sapiens* (tomada de la exposición “Huellas en los huesos”, Antiguo Colegio de Medicina, 2011) con la lesión del extremo distal de la costilla torácica anquilosada de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), en vista caudal.....193
- Figura 8.3.** Comparación de lesiones tumorales que afectan las costillas torácicas: anemia hemolítica (tomada de Ascenzi, 1976) y hemangioma (tomada de Tew, *et al.* 2011), ambos en *Homo sapiens* y la lesión tumoral de la costilla posterior en *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), en vista caudal.....194
- Figura 8.4.** Reconstrucción en vida de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) mostrando las posible signología clínica provocadas por la lesión en la articulación costo-vertebral y en la vértebra caudal. La flecha izquierda indica el signo clínico de la disnea y la flecha derecha de una inflamación intramuscular caudal.....195
- Figura 8.5.** Esquema de la vértebra y la costilla torácica anquilosada de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista caudal, incluyendo la reconstrucción de la médula y los nervios espinales. La flecha marca la lesión. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cv, cuerpo vertebral; nes, nervio espinal; pe, proceso espinoso; pt, proceso transversal; tc, tubérculo costal.....195
- Figura 8.6.** Esquema de la vértebra y la costilla torácica anquilosada articulada con una vértebra torácica normal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), incluyendo la reconstrucción de la médula y los nervios espinales. La flecha marca la lesión. **Abreviaturas:** cpato, costilla patológica; cv, cuerpo vertebral; mes, médula espinal; nes, nervio espinal; pe, proceso espinoso; pt, proceso transversal.....196
- Figura 8.7.** Comparación de la localización de tuberosidades de ligamentos en *Tyrannosaurus* (tomada de Hirasawa, 2011) con los ligamentos osificados hallados en *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). **Abreviaturas:** lc-t, ligamento costo-transversal; lc-v, ligamento costo-vertebral.....197
- Figura 8.8.** Reconstrucción de cuatro vértebras caudales en vista lateral izquierda, resaltando la vértebra caudal patológica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Se incluyen los discos intervertebrales, las cápsulas sinoviales y la lesión mediante una

	flecha. Abreviaturas: di, disco intervertebral; cas, cápsula sinovial; pe, proceso espinoso; prc, precigapófisis.....	199
Figura 8.9.	Reconstrucción esquemática de los músculos axiales caudales de un caimán (tomado de Mallison, 2011) y de <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> IGM 6253 con la vértebra caudal patológica. Abreviaturas: cfl,caudofemoralis longus; esp, espinalis; isq, isquiocaudalis; lo, longísimo.....	200
Figura 8.10.	Ubicación de la tumoración perióstica encontradas en los cuerpos costales de los hadrosaurios Rojas I. Las flechas delimitan la lesión.....	201
Figura 8.11.	Callos óseos de origen traumático en costillas torácicas de <i>Pachyrhinosaurus</i> (A, TMP 88.55.191; B, TMP 89.55.389; tomados de Tanke y Rothschild, 2010) y <i>Allosaurus</i> (C y D, ambos MOR 693; tomados de Hanna 2002).....	202
Figura 8.12.	Comparación de excresencias óseas en caras articulares vertebrales: espondilosis deformante en <i>Lagenorhynchus</i> y <i>Phocoena</i> (RMNH 18067 y RMNH 28590; tomados de Kompanje, 1995), espondiloartropatía en <i>Balaenoptera</i> (ambos de RMNH 373; tomados de Kompanje, 1999) y la lesión del hadrosaurio HB (HB-1). Abreviaturas: os, osteofito; si, sindesmofito.....	205
Figura 8.13.	Comparación histológica de reacciones periósticas de tejido fibrolaminar radial: enfermedad hiperostótica en ulna de <i>Cathartes</i> , en un dinosaurio de Transilvania (DMNH 82686 y R 5505; tomados de Chinsamy y Tumarkin-Deratzian, 2009) y en la vértebra caudal del hadrosaurio HB (HB-1).....	206
Figura 8.14.	Comparación de las caras articulares caudal de las vértebras caudales del hadrosaurio HB, mostrando la posible secuencia de desarrollo de la patología (de arriba hacia abajo). Las flechas delimitan las excresencias óseas centrales (claras) y las laterales (oscuras). Abreviaturas: cn, canal neural.....	207
Figura 8.15.	Comparación de reacciones periósticas (indicadas por flechas) en un <i>Triceratops</i> YPM 1828 de Canadá (tomado de Farke <i>et al.</i> , 2009), en el hadrosaurio SEPC, El Alamito y BENC 18/1-0901.....	209
Figura 8.16.	Comparación de la textura de una neoplasia maligna en un metatarso de venado cola blanca (tomada del museo de anatomopatología de la FMVZ, UNAM) y la probable neoplasia del hadrosaurio del Cañon del Oso en vértebra cervical (abajo).....	211
Figura 8.17.	Representación esquemática de la serie de vértebras cervicales y de la lesión provocada al sistema nervioso y la dislocación por el tejido de neoformación en la vértebra cervical del hadrosaurio del Cañon del Oso (color oscuro). Abreviaturas: cce, costilla cervical; mes, médula espinal; poc, poscigapófisis.....	212
Figura 8.18.	Comparación de la vértebra caudal del hadrosaurio HB-1 con la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A, en vista caudal (arriba), dorsal (en medio) y en corte histológico longitudinal (abajo). Las flechas delimitan la lesión. Abreviaturas: cn, canal neural; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; scr, sobrecrecimiento radial.....	214
Figura 8.19.	Comparación de fracturas en una vértebra caudal del hadrosaurio TMP 92.36.895 (cortesía de Darren Tanke) y en una vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A, ambos en vista caudal (izquierda) y en vista ventral (derecha). Las flechas delimitan la lesión afectada por la fractura.....	215
Figura 8.20.	Reconstrucción de la columna vertebral del hadrosaurio Las Garzas A en vista dorsal, con acercamiento de la región torácica, ubicando la vértebra patológica (en color más oscuro). El arco neural de las vértebras torácicas no se ilustró. Abreviaturas: mes, médula espinal; nes, nervios espinales; ped, pedículo.....	216
Figura 8.21.	Comparación de la vértebra caudal del hadrosaurio Las Garzas B (arriba) con la vértebra caudal del hadrosaurio HB-1 (en medio) y la vértebra torácica del hadrosaurio	

- Las Garzas A (abajo), todas en vista caudal. Las flechas delimitan las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural.....218
- Figura 8.22.** Representación esquemática de la serie de vértebras caudales, en vista lateral, del hadrosaurio La Esperanza, resaltando la vértebra patológica y mostrando su ubicación en el esqueleto de un hadrosaurio. La flecha indica la lesión. **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso.....220
- Figura 8.23.** Reconstrucción de la serie de arcos neurales sacros de *Velafrons coahuilensis* (CPC-59). **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso.....222
- Figura 8.24.** Comparación de las lesiones diagnosticadas como osteocondrosis en fositas articulares de falanges del hadrosaurios RTMP 1967.020.0100 (Tomado de Rothschild y Tanke, 2007), del hadrosaurio SEPC CD-1/128 y SEPC CD-1, todas en vista proximal. Las flechas delimitan las lesiones.....225
- Figura 8.25.** Ubicación de las falanges halladas con posibles osteocondrosis halladas en hadrosaurios de Canadá (Rothschild y Tanke, 2007) y en el hadrosaurio SEPC CD-1...226
- Figura 8.26.** Comparación de lesiones por osteomielitis purulenta en un fémur humano (Tomado de la exposición “Huellas en los Huesos”, Antiguo Colegio de Medicina, 2011), osteomielitis no purulenta (tuberculosis) en un cráneo humano (Tomado de la exposición “Huellas en los Huesos”, Antiguo Colegio de Medicina, 2011) y la probable osteomielitis no purulenta (marcado por varias flechas) en la falange ungual pedal del hadrosaurio BENC 1/1-0009. **Abreviaturas:** ab, absceso.....228
- Figura 8.27.** Comparación de las lesiones en fositas articulares en la falange del hadrosaurio Las Garzas, el hadrosaurio SEPC CD-1/128 y el hadrosaurio SEPC CD-1 (abajo), todas en vista proximal. Las flechas delimitan las lesiones.....230
- Figura 8.28.** Comparación de la sinostosis metacarpiana causada por un callo óseo en *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583) y en *Edmontosaurus annectens* (Modificado de Moodie, 1926) en vista dorsal (A y D), vista palmar (B y E) y en vista lateral (C y F). Las flechas delimitan los bordes de las lesiones. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.....232
- Figura 8.29.** Comparación de cortes histológicos y diagramas de los distintos callos óseos en espinas neurales del hadrosaurio RTMP 86.36.520 (A y B) y en RTMP 98.59.01D (C y D) (ambos tomados de Straight, *et al.*, 2009); y en la fíbula del hadrosaurio HB (F y G) y en *Latirhinus uinstlandi* (H y I). **Abreviatura:** di, discontinuidad de crecimiento; fr, fractura; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; hfl, hueso fibrolaminar laminado; hfr, hueso fibrolaminar radial; hh, hueso haversiano.....235
- Figura 8.30.** Comparación de deformaciones secundarias en fíbulas de hadrosaurios. Fíbula normal y patológica de *Parasaurolophus cyrtocristatus* CMNH P27393 (tomado de Ostrom, 1963) y fíbula patológica del hadrosaurio HB y la fíbula patológica de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583), todos en vista lateral. Las flechas ubican el origen de la deformación secundaria. **Abreviaturas:** cafl, cabeza de la fíbula; cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maléolo lateral.....236
- Figura 8.31.** Reconstrucción en vida del hadrosaurio HB mostrando las posible signología clínica provocadas por la lesión en el cuerpo fibular. La flecha señala la lesión.....237
- Figura 8.32.** Comparación de la articulación tarso-tibial derecho de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583) en vista craneal y caudal (patológico) y la pata completa izquierda en vista craneal (normal). **Abreviaturas:** as, astrágalo; ca, calcáneo; fl, fíbula; fpe, falange pedal; mm, maléolo medial; ml, maléolo lateral; ml-1, maléolo lateral uno; ml-2, maléolo lateral dos; nfl, neoformación lateral; pex, probable exostosis; ti, tibia.....239
- Figura 8.33.** Extremidades posteriores en vista craneal de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583) montado en el Museo del IGLUNAM. La flecha indica la localización de la lesión

primaria que afectó a la fíbula. **Abreviaturas:** f, falanges; fl, fíbula; fl-pato, fíbula patológica; mt, metatarso; t, tibia; t-pato, tibia patológica.....240

Figura 8.34. Reconstrucción en vida de ejemplar *Kritosaurus* sp. (IGM 6685) mostrando las posibles signologías clínicas (dolor facial) provocadas por las tumoraciones en la mandíbula. Las flechas marcan las lesiones osteogénicas.....243

Figura 8.35. Esquema del cráneo de *Triceratops* ubicando en color blanco el escamoso patológico de *Coahuilaceratops*, en vista lateral (izquierda) y caudal (derecha). La flecha ubica la lesión. **Abreviatura:** es, escamoso.....245

Figura 8.36. Comparación de escamosos de distintos ceratópsidos en vista medial. Escamoso normal de *Triceratops* UCMF 154452 (modificado de Goodwin, et al., 2006; arriba), escamoso patológico de *Centrosaurus* TMP 90.36.411 (cortesía de Darren Tanke) y el escamoso patológico de *Coahuilaceratops* CPC-276. Las flechas delimitan las lesiones. **Abreviaturas:** arcu, articulación para el cuadrado; arex, articulación para el exoccipital.....246

Figura 8.37. Reconstrucción en vida de ejemplar CPC-276 *Coahuilaceratops magnacuerna* mostrando la tumoración en el hueso escamoso hacia medial (Indicada por una flecha).....247

Figura 8.38. Reconstrucción en vida de ejemplar CLeón-1 *Coahuilaceratops magnacuerna* mostrando la fractura del cuerno posorbital (indicada por una flecha).....249

Figura 8.39. Esquema del cráneo de *Tyrannosaurus* ubicando en color blanco el escamoso patológico de *Labocania*, en vista caudal (izquierda) y lateral (derecha). La flecha ubica la lesión. **Abreviatura:** cu, cuadrado.....251

Figura 8.40. Esquema del cráneo de *Tyrannosaurus* en vista caudal ubicando el cuadrado patológico y los tejidos blandos afectados de *Labocania anomala* IGM 5307. La flecha ubica la lesión. **Abreviatura:** ar, articular; cas, cápsula sinovial; coc, cóndilo occipital; cu, cuadrado; cuy, cuadradoyugal; es, escamosos; pa, parietal; oto, otoccipital.....252

ACRÓNIMOS INSTITUCIONALES.

BENC	Benemérita Escuela Nacional de Coahuila, Saltillo
CLeón	Colección Temporal Claudio de León
CMNH	Cleveland Museum of Natural History
CPC	Colección Paleontológica de Coahuila
DMNH	Denver Museum of Natural History, Colorado
ENAH	Escuela Nacional de Antropología e Historia
FMNH	Field Museum of Natural History, Chicago
FMVZ	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
IGLUNAM	Instituto de Geología, UNAM
IGM	Colección Nacional de Paleontología, UNAM
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
IPN	Instituto Politécnico Nacional
LACM	Los Angeles County Museum of Natural History
MOR	Museum of the Rockies, Montana
PASAC	Asociación de Paleontólogos Amateurs de Sabinas Coahuila
RMNH	Rijksmuseum van Natuurlijke Historie
RTMP/TMP	Royal Tyrrell Museum of Paleontology
SEPC	Secretaría de Educación Pública en Coahuila
UCMP	University of California Museum of Paleontology, Berkeley
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
YPM	Yale Peabody Museum of Natural History

ABREVIATURAS ANATÓMICAS.

Los términos anatómicos se tomaron de la Nomenclatura anatómica veterinaria ilustrada (1996) y de la Nomina Anatomica Avium (1979), adaptándolas a la anatomía de dinosaurios siguiendo las modificaciones propuestas por Weishampel, Dodson y Osmólska (2004). Las abreviaturas se tomaron de The Dinosauria second edition (2004). Para los términos histológicos, se tomaron The microstructure of Dinosaur bone (2005).

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. PALEONTOLOGÍA DE DINOSAURIOS.

1.1.1 ¿Qué es un dinosaurio?

De acuerdo a Sanz (2007) los dinosaurios se pueden definir con criterios filogenéticos (Fig. 1.1.) como: tetrápodos (o vertebrados de cuatro extremidades), amniotas (que se desarrollan en huevo con cáscara y membranas extraembrionarias), reptiles diápsidos (posee forámen infra y supratemporales en el cráneo), arcosaurios (que presentan forámen anterorbital y mandibular), avemetatarsalia (que poseen una articulación tarso-metatarsal simple o condilar biaxial) y que se separan de otros reptiles por las siguientes características óseas únicas o novedades evolutivas (Brusatte, 2012; Fig. 1.2.):

1. Expansión hacia rostral de la fosa supratemporal, invadiendo una gran porción caudal del hueso frontal.
2. Bifurcación del proceso caudal del yugal.
3. Epipófisis en vértebras cervicales.
4. Un gran desarrollo de la cresta delto-pectoral del húmero (ocupando alrededor del 30-40 % de la longitud total del cuerpo del húmero).
5. Acetábulo perforado.
6. Desarrollo de un cuarto trocánter asimétrico.
7. Reducción de la faceta articular de la fíbula del astrágalo (ocupando menos del 30% del ancho total).

En otras palabras, los dinosaurios son un grupo de reptiles (que no tienen nada que ver con los actuales), en el que se desarrollaron características anatómicas únicas en las extremidades posteriores, que les permitió adquirir una postura erecta y digitígrada, extremidades anteriores cortas libres del contacto del suelo y, una mayor inserción del músculo aductor en el forámen supratemporal para una mayor fuerza en la mordida.

Los dinosaurios son un grupo característico de la era Mesozoica. Los más antiguos se remontan hasta hace 220 millones de años, en el Triásico Tardío y la mayoría desapareció hace 65 millones de años en el Cretácico Tardío. Sólo una parte del linaje de los dinosaurios, las aves, sobrevivió hasta la época actual.

Aunque se desarrollaron en periodos de tiempo semejante y son parecidos superficialmente a otros reptiles como las tortugas, lagartos, tuátaras, serpientes, reptiles voladores (pterosaurios), reptiles marinos (plesiosaurios, pliosaurios, ictiosaurios, etc) no forman parte del grupo de los dinosaurios. Los únicos organismos que son considerados sus descendientes directos (ya que presentan alguna de las características ya mencionadas modificadas) son las aves.

1.1.2. Los grupos de dinosaurios principales.

Los dinosaurios constan de dos linajes evolutivos principales (Holtz Jr., 2000): los saurisquios y los ornitisquios (Fig. 1.3). Dentro de los saurisquios se incluye a los terópodos y los sauropodomorfos.

Los dinosaurios terópodos incluyen a los carnívoros bípedos de los ecosistemas del mesozoico de todo el mundo. Muchos de ellos se podían definir como cazadores y/o carroñeros como *Herrerasaurus*, *Dilophosaurus*, *Carnotaurus*, *Allosaurus*, *Tyrannosaurus*, *Velociraptor* y algunas formas especializadas hacia la herbivoría u omnivoría como *Gallimimus*, *Therizinosaurus*, *Limusaurus* y *Mononykus*. Un acontecimiento evolutivo notable del grupo, es la aparición de características anatómicas y conductuales que dieron origen a las aves, como la costumbre de empollamiento de los huevos en *Citipati*, *Troodon* y el desarrollo de plumas para el vuelo como en *Microraptor*, por mencionar algunas (Sanz, 2007).

Por otro lado los sauropodomorfos, constituyeron la radiación de los dinosaurios saurisquios de la omnivoría hacia una dieta completamente herbívora. Se caracterizaban por presentar largos cuellos, unos cráneos proporcionalmente más pequeños y una enorme talla éntre los 30 a 45 m de longitud como *Brachiosaurus*, *Diplodocus*, *Apatosaurus*, *Alamosaurus* y *Argentinosaurus* (Sanz, 2007).

Los ornitisquios constituyeron el linaje de los dinosaurios comedores de plantas más diversificados, presentando especializaciones en su aparato de masticación como el desarrollo de un pico córneo (hueso predentario) y el desarrollo de dientes en forma de hoja. Este linaje incluye tres grupos principales: los tireóforos, marginocéfalos y los ornitópodos (Sanz 2007).

Los dinosaurios tireóforos representaban el linaje de los dinosaurios herbívoros con la mejor defensa, gracias a una gran diversidad en la morfología de los osteodermos. Por ejemplo, los estegosaurios llegaron a presentar largas espinas y placas en el dorso como *Stegosaurus* y *Kentrosaurus*. Por otro lado los anquilosaurios desarrollaron una gran cantidad de escudos y espinas rodeadas de osteodermos más pequeños denominados osículos, que en conjunto hacían una armadura rígida y flexible que cubría todo el dorso del animal, incluyendo el cráneo como en *Ankylosaurus*, *Edmontonia*, *Euoplocephalus* y *Sauropelta*. (Sanz, 2007).

Los marginocéfalia representaron un linaje de dinosaurios que desarrollaron defensas a todo lo largo de su cráneo. Una estrategia fue el engrosamiento de la pared de la bóveda craneal, formando un cráneo abovedado y con protuberancias a los costados como en *Pachycephalosaurus*, *Stegoceras* y *Prenocephale*. Por otro lado, el grupo de los ceratopsios desarrollaron cráneos más largos, y cuernos óseos encima de las cuencas oculares y de las fosas nasales como *Triceratops*, *Centrosaurus*, *Diabloceratops* y *Pentaceratops* (Sanz, 2007).

Por último los ornitópoda llevaron al extremo la especialización del aparato de masticación, llegando a desarrollar dientes con una superficie cortante hacia la cara lingual y una superficie rugosa hacia la cara oclusal, para la molienda de las plantas dejando a un lado el desarrollo de estructuras de defensivas, como los anteriores grupos de ornitisquios. Los primeros

representantes eran pequeños y bípedos como *Hypsilophodon* y al final fueron grandes herbívoros cuadrúpedos y/o bípedos facultativos como *Iguanodon* y los hadrosauroideos *Gilmoreosaurus*, *Corythosaurus*, *Parasaurolophus*, *Edmontosaurus* y *Gryposaurus* (Sanz 2007).

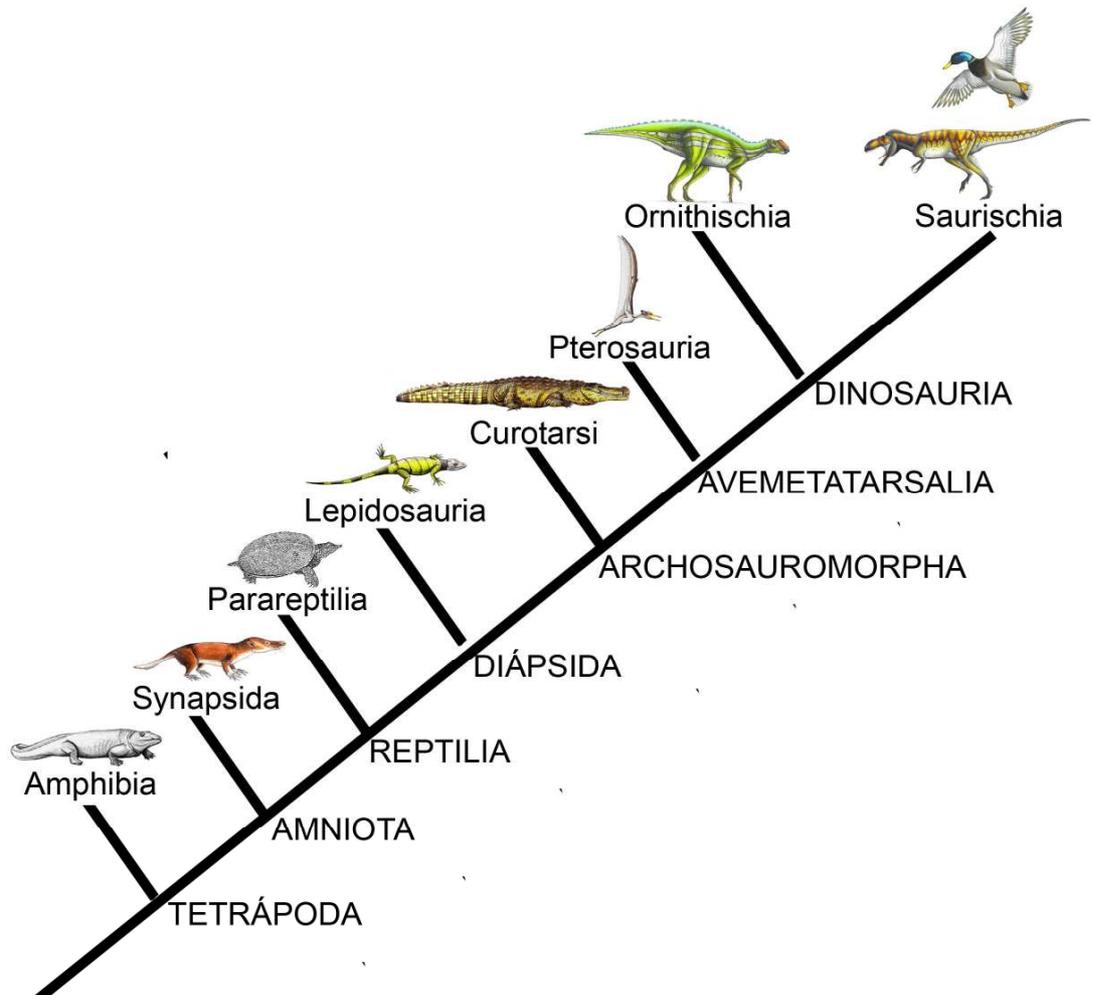


Figura 1.1. Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas de los Dinosauria con otros grupos de tetrápodos.

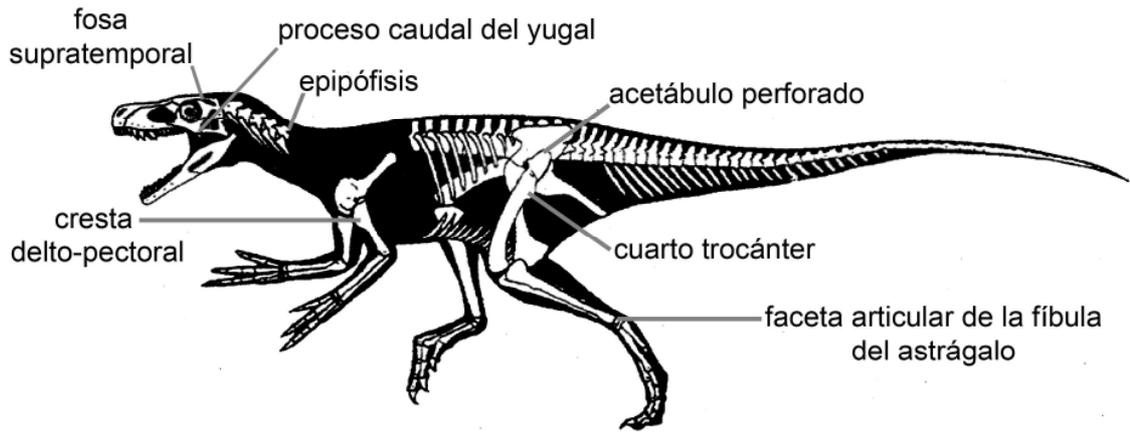


Figura 1.2. Esqueleto de *Herrerasaurus* (tomado de Langer, 2004) indicando las autopomorfias o caracteres únicos que definen al grupo Dinosauria.

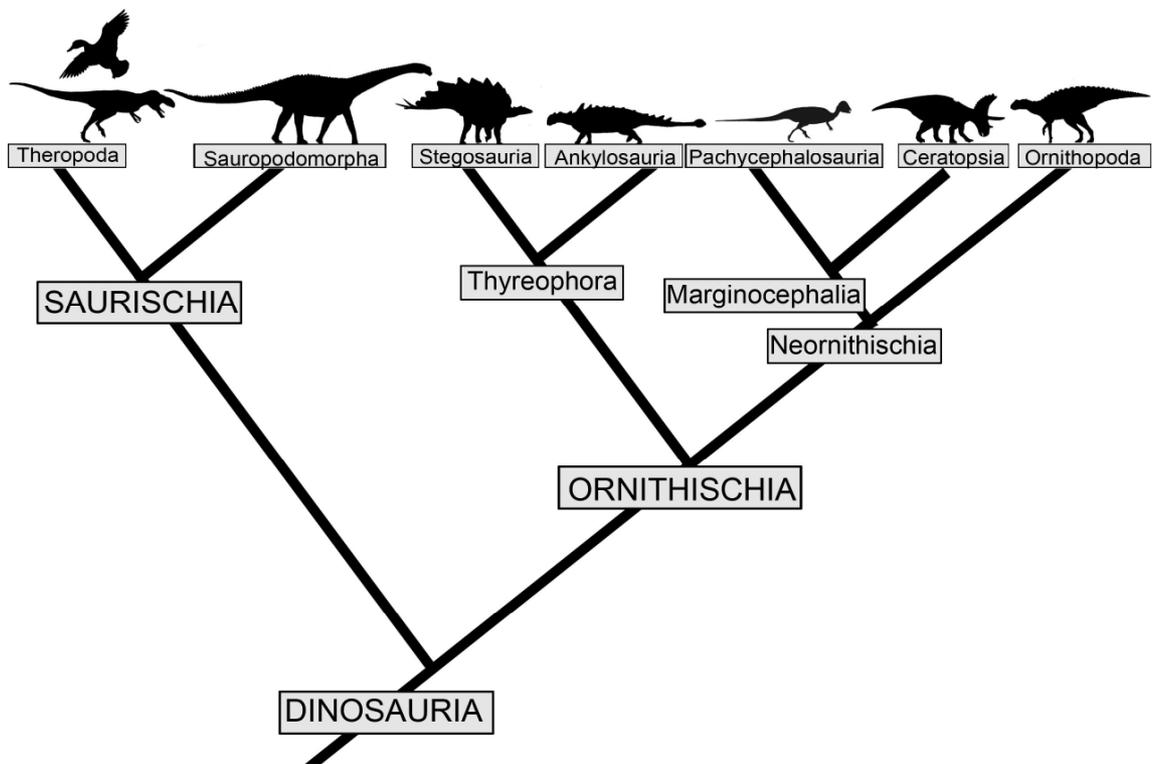


Figura 1.3. Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas de los grupos de Dinosauria.

1.1.3. Restos óseos de dinosaurios mexicanos del Cretácico Tardío.

Los primeros informes de dinosaurios del Cretácico Tardío en México ocurrieron en 1926, cuando el paleontólogo alemán Werner Janensch (1926) describió los primeros huesos fragmentarios de un ceratopsio colectado en el Municipio de Sierra Mojada, en el Estado de Coahuila. Desde entonces, gracias a investigadores extranjeros y nacionales se han descubierto numerosos sitios con dinosaurios, en Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Michoacán y recientemente en Chiapas (Fig. 1.4). Este registro fósil incluye a ambos grupos principales tanto saurisquios y ornitísquios.

Baja California. Las faunas de dinosaurios del Cretácico Tardío provienen de dos formaciones geológicas localizadas en el área de El Rosario y Eréndira. Por una parte la Formación La Bocana Roja ha proporcionado parte de un esqueleto de terópodo tiranosáurido, de tamaño mediano llamado *Labocania anomala* y fragmentos de ornitópodos hadrosauroideos (Molnar, 1974).

En la Formación El Gallo (74-73 millones de años), se han recuperado una gran cantidad de huesos de ornitópodos hadrosauroideos como *Magnapaulia laticaudus*, ceratopsios, anquilosaurios y entre los terópodos, troodontidos como *Troodon*, dromaeosáuridos como *Saurornitholestes*, ornitomímidos, tiranosáuridos y otros terópodos pequeños como *Richardoestesia* (Morris, 1981; Hilton, 2003; Romo de Vivar, 2011; Prieto-Márquez, 2012).

Sonora. Al noreste del Estado aflora el Grupo Cabullona (70-65 millones de años), dentro del área Naco-Cananea y el Municipio Fronteras, donde se han descubierto una gran cantidad de localidades con huesos de hadrosauroideos representando formas gráciles y robustas, así como ceratopsios y restos de terópodos como ornitomímidos y tiranosáuridos (Lucas y González León, 1996).

Chihuahua. Del noreste del Estado, los fósiles de dinosaurios han sido colectados en tres formaciones y al sureste del mismo en una unidad geológica no estudiada. La primera formación estudiada fue la Formación Aguja, presente en el área de Altares y en la localidad "Pico de Pato" con una gran cantidad de hadrosauroideos (Montaño *et al.*, 2009), un ceratopsio identificado tentativamente como *Agujaceratops* (Andrade-Ramos *et al.*, 2002), anquilosaurios (Martínez-Díaz, 2011) y terópodos tiranosáuridos. El hallazgo más notable del Estado, es el descubrimiento de los primeros restos de los dinosaurios más grandes que se conocen en nuestro país, los sauropodomorfos en el área de Altares (Montellano-Ballesteros, 2003).

En la Formación Ojinaga, dentro del Municipio Ojinaga, y la Formación San Carlos en Aldama y parte de Ojinaga, se conocen una gran cantidad de huesos de ceratopsios como *Agujaceratops* para ambas Formaciones (Westgate *et al.*, 2002) y sólo para la Formación San Carlos anquilosaurios (Rivera-Sylva *et al.*, 2011) y terópodos.

Del Municipio Jiménez se han descubierto hadrosauroideos, ceratopsios, terópodos y sauropodomorfos (Hernández-Rivera com. pers. Enero, 2011).

Coahuila. Los abundantes restos fósiles de dinosaurios del Estado, se han colectado alrededor de tres formaciones principales: la Formación Aguja, Olmos y Cerro del pueblo

La Formación Aguja (compartida con Chihuahua) dentro del Municipio Ocampo se conocen restos de hadrosauroideos, ceratopsios, anquilosaurios (Martínez-Díaz, 2011; Rivera-Sylva *et al.*, 2011) y dentro de los terópodos, tiranosáuridos, troodontidos como *Troodon* y dromaeosáuridos como *Saurornitholestes* (Torres-Rodríguez *et al.*, 2010).

En la Formación Olmos dentro del Municipio Sabinas se han descubierto hadrosauroideos de gran tamaño, como el asignado a *Kritosaurus*, ceratopsios y terópodos tiranosáuridos (Kirkland *et al.*, 2006).

Por último, la Formación Cerro del Pueblo que comprende el área de Ramos Arizpe, Saltillo, General Cepeda y Parras de la Fuente. Se han descubierto una gran cantidad de hadrosauroideos como *Kritosaurus* (Kirkland *et al.*, 2006), *Velafrons coahuilensis* (Gates *et al.*, 2007) y *Latirhinus uitstlani* (Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012), ceratopsios como *Coahuilaceratops* (Loewen *et al.*, 2010), anquilosaurios (Rivera-Sylva y Espinoza-Chávez, 2006) y terópodos de las familias troodontidos, dromaeosáuridos, ornitómidos y tiranosáuridos (Hernández-Rivera, 1997).

Otros sitios con restos de dinosaurios (principalmente de hadrosauroideos) son Sierra Mojada (Rivera-Sylva *et al.*, 2007), Phelan del Municipio Progreso, Altamira del Municipio Monclova (Aguillón *et al.*, 1998), Hipólito en Ramos Arizpe (Murray, 1960) y Lomas del Aire en General Cepeda.

Michoacán. Recientemente se ha reportado en el área entre Tuzantla y Tiquicheo el hadrosauroideo *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (Ramírez-Velasco *et al.*, 2012), ornitópodos diversos, terópodos tiranosáuridos y un probable ceratosaurio (Ramírez-Velasco, 2009).

Chiapas. Para este Estado solo se conoce un único diente de terópodo *Richardoestesia*, de la Formación Ocozocoautla, en el Municipio del mismo nombre (Carbot-Chanona y Rivera-Sylva, 2011).

En general los restos óseos fósiles de dinosaurios comprenden elementos aislados y solo algunos representan ejemplares completos. Los dinosaurios mexicanos más abundantes son los ornitópodos, terópodos y ceratopsios, y en menor abundancia anquilosaurios y sauropodomorfos.

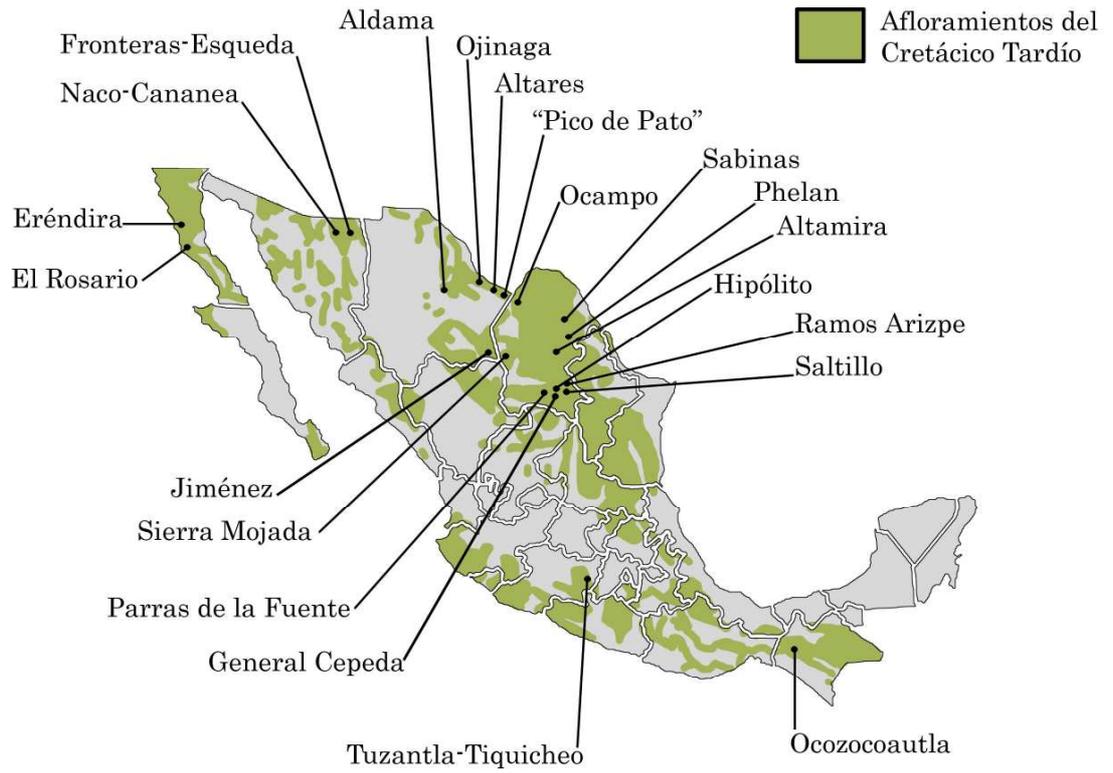


Figura 1.4. Mapa de México, mostrando las áreas donde se han colectado restos óseos de dinosaurio en rocas del Cretácico Tardío.

1.1.4. Proceso de fosilización en huesos de dinosaurios.

Los fósiles se definen como cualquier evidencia de vida conservada a través del tiempo por procesos naturales (García-Barrera, 1997). Los fósiles de dinosaurios más comunes son los huesos mineralizados y los dientes, pero también incluyen huellas, huevos, impresiones de piel, impresiones de plumas, piedras estomacales (gastrolitos) y heces fosilizadas (coprolitos) (Lucas, 2007). Los cambios físico-químicos que preservan estas evidencias se conoce como proceso de fosilización (García-Barrera, 1997). Para fines de este trabajo, solo se explicará el proceso de fosilización de los huesos de dinosaurios.

Para que se lleve a cabo el proceso de fosilización en los huesos de dinosaurios, primero se requiere que el animal muera y su cadáver en proceso de putrefacción, sea enterrado rápidamente por una gran cantidad de sedimentos, y exista un aporte constante de minerales a través de un flujo de agua subterránea (Carpenter, 2007). Por lo general, los componentes orgánicos como el colágeno comienzan a descomponerse dejando en gran cantidad al componente mineral del hueso (Carpenter, 2007). Esto conlleva a cambios químicos y microbianos en el hueso, sin alterar su morfología microanatómica (Carpenter, 2007; Fig. 1.5).

El proceso de fosilización del tejido óseo es excesivamente complejo. Para entenderlo, es conveniente considerar dos ambientes: la fosilización dentro del tejido óseo, y en los espacios intracelulares y extracelulares (Martill, 1991)

Fosilización dentro del tejido óseo. Generalmente los cambios químicos ocurren lentamente, alrededor de varios años e involucran solo la parte inorgánica del hueso, el mineral hidroxiapatita (Hedges, 2002). Esta alteración resulta en la incorporación y reemplazamiento de átomos o moléculas. Por ejemplo, el cambio del grupo hidroxilo (OH) de la apatita por flúor (F), resulta en el cambio de hidroxiapatita por fluoroapatita más estable (Chinsamy-Turan, 2005). También puede ocurrir el reemplazamiento del grupo fosfato (PO_4) por (CO_3), cambiando la apatita por un carbonato de calcio (Donovan, 1991).

En algunos ambientes, con aguas subterráneas ácidas, la apatita puede ser disuelta y al mismo tiempo reemplazada por otros minerales como piritita (FeS_2 ; Martill, 1991) y ópalo ($\text{SiO}_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$); Pewkliang *et al.*, 2008).

También puede ocurrir una disolución del mineral y re-precipitación en grandes cristales que alteran la forma del hueso o en el peor de los casos, que se pierda la pieza ósea por una total disolución química (Carpenter, 2007).

Contrariamente a lo que se pensaría, los microorganismos causantes de la descomposición y destrucción de la materia orgánica, son fundamentales para el proceso de fosilización, lo cual se ha demostrado con varios experimentos (Briggs y Kear, 1994; Briggs, 2003; Daniel y Chin, 2010).

Fosilización en los espacios intracelular y extracelular del hueso. Contrariamente a lo que se pensaría, los microorganismos causantes de la descomposición y destrucción de la materia orgánica, son fundamentales para

el proceso de fosilización, lo cual se ha demostrado con varios experimentos (Briggs y Kear, 1994; Briggs, 2003; Daniel y Chin, 2010). Los microorganismos como las bacterias y en menor medida los hongos, modifican su ambiente al metabolizar la materia orgánica que quedó atrapada dentro del hueso y liberar componentes de desperdicio. Al carecer de oxígeno las bacterias comienzan a utilizar aceptores de electrones alternativos (NO_3^- , MnO_2 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ y SO_4^{2-}) para degradar el carbón orgánico y liberar bicarbonato, y otros subproductos. Estos metabolitos cambian el pH de su entorno y provocan la precipitación espontánea de los minerales aportados por los fluidos subterráneos (Allison, 2001; Daniel y Chin, 2010).

La precipitación de minerales ocurre primero en el interior del hueso, en el hueso esponjoso y posteriormente al hueso compacto como lo demuestra el experimento de Daniel y Chin (2010).

Dependiendo del aceptor de electrones utilizado por las bacterias, algunos productos de desechos variarían, como la formación de Fe , H_2S ó N_2 provocando la precipitación selectiva de minerales. Los minerales que usualmente precipitan en los huesos son de carbonatos de calcio, fluoruros, óxidos de hierro, manganeso, en raras ocasiones pirita o cuarzo y en menor medida metales pesados como uranio (Ricqlès, 2007).

El mineral más frecuente hallado en los huesos fósiles es el carbonato de calcio (CaCO_3 ; Fig. 1.6), esto se debe a que el producto de desecho común para la gran mayoría de los seres vivos es el bicarbonato, el cual no depende del aceptor de electrones que se utilice y que al combinarse con iones de calcio disueltos en el agua subterránea, se precipita en forma de carbonato de calcio rellenando los espacios interóseos del hueso (Boquet *et al.*, 1973).

Durante este proceso los carbonatos, silicatos o los óxidos metálicos rellenan los grandes espacios medulares y los espacios interóseos formados por las travéculas del hueso esponjoso. Los canales neurovasculares (canales de Havers y de Volkmann) junto con las lagunas de los osteocitos son ocupados por lo general por óxidos metálicos (Ricqlès, 2007).

Al ocuparse todos los espacios intracelulares y extracelulares por los minerales, se altera la densidad original del hueso haciéndolo más pesado y modificando su color, sin alterar en su totalidad los detalles microestructurales (Ricqlès, 2007; Fig. 1.7).

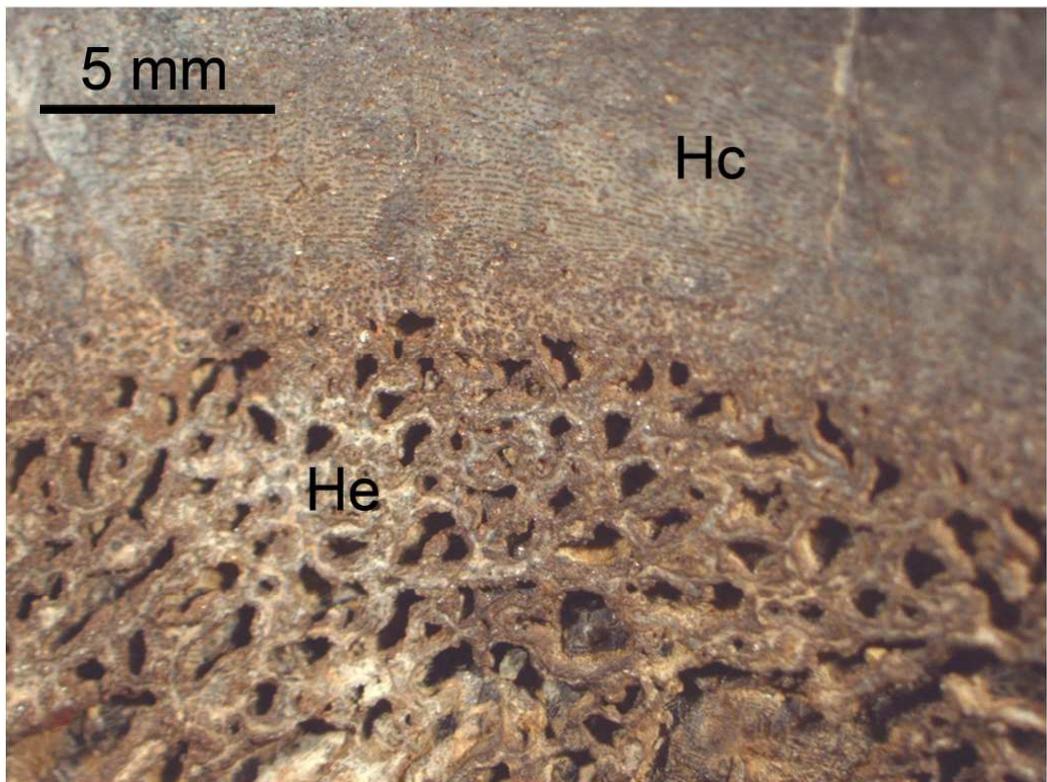
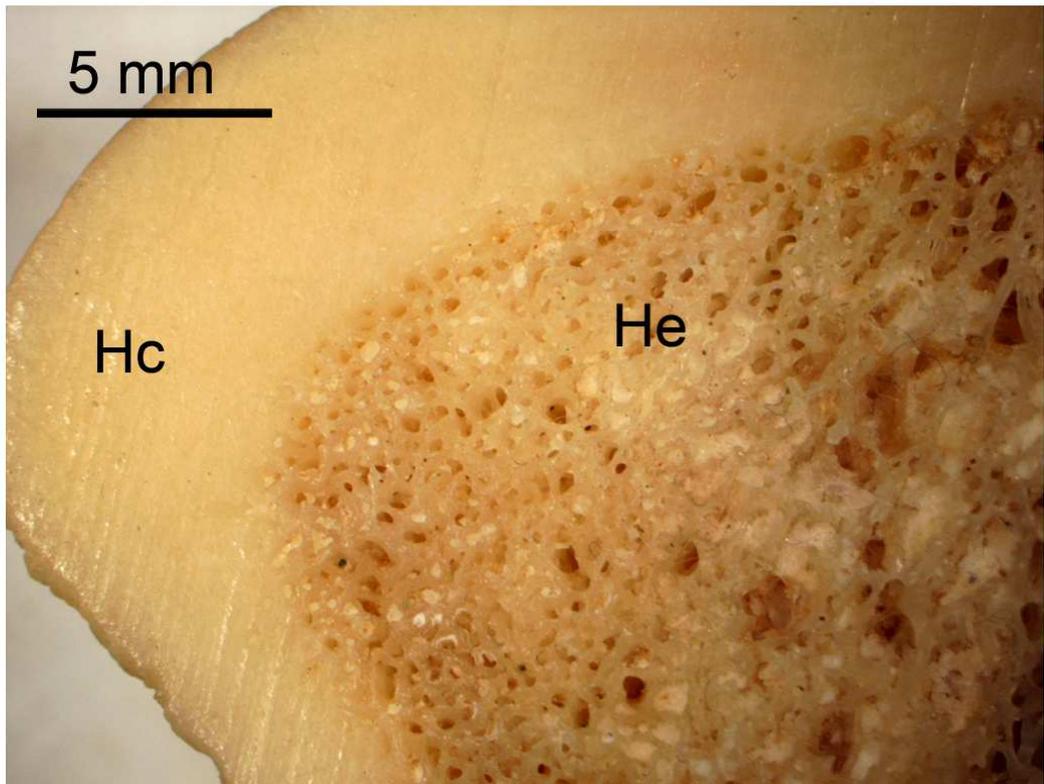


Figura 1.5. Comparación entre la estructura interna del hueso de un bovino y de un hueso fósil de dinosaurio de Coahuila. Abreviaturas: Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.

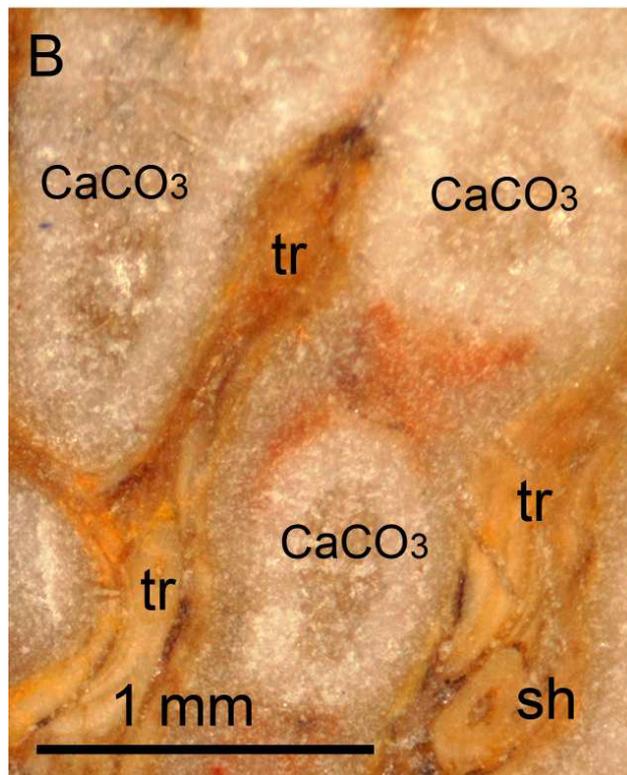
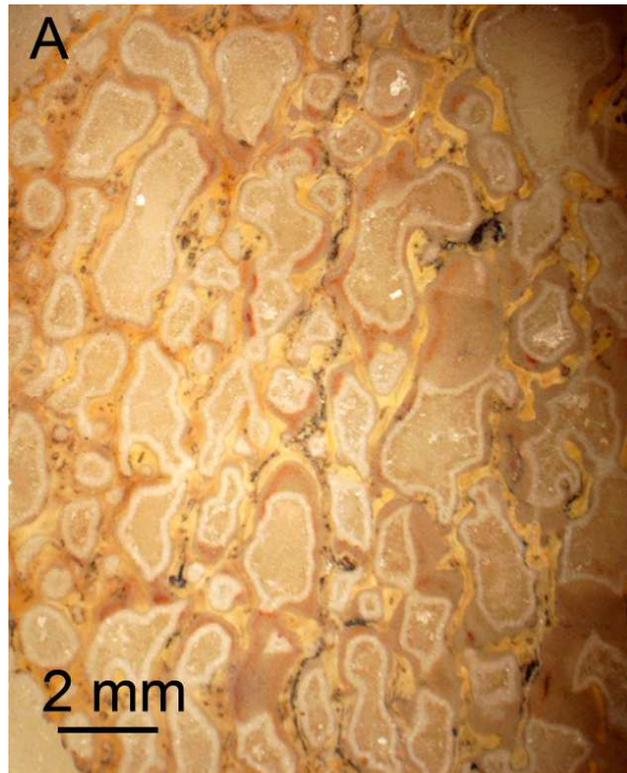


Figura 1.6. Corte histológico del hueso esponjoso fosilizado por carbonatos de un dinosaurio sin identificar, del Municipio de Jiménez, Chihuahua. A, vista general; B, Acercamiento de los espacios interóseos rellenos de cristales de calcita. **Abreviaturas:** sh, sistema de Havers; tr, trabéculas.

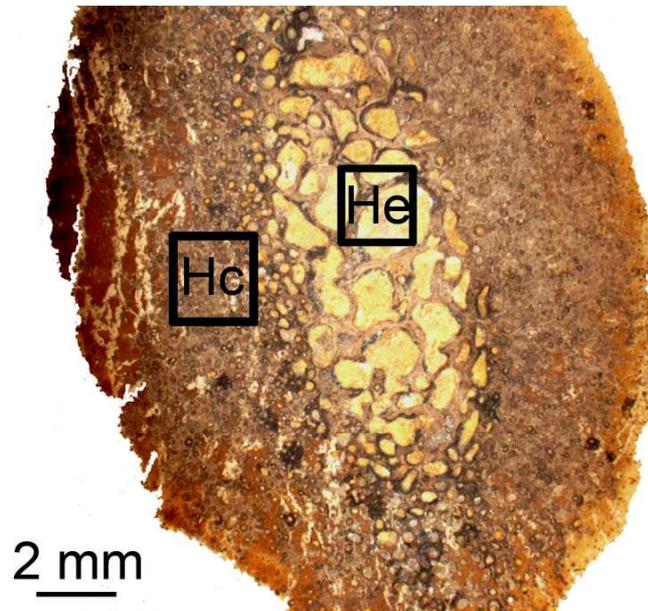
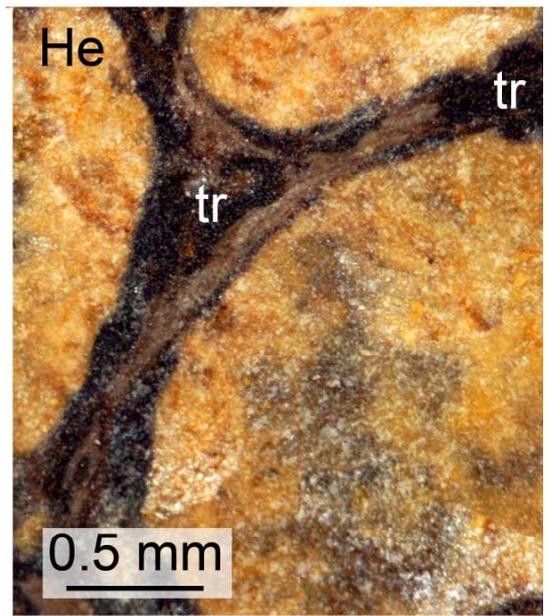
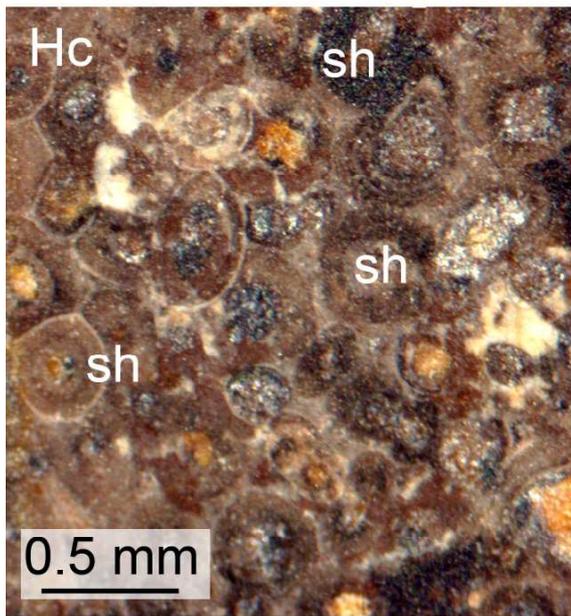


Figura 1.7. Corte histológico de una costilla de dinosaurio sin identificar del Estado de Sonora mostrando el hueso compacto y el hueso esponjoso. **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; sh, sistema de Havers; tr, trabéculas.

1.2. MODIFICACIONES DEL HUESO *POST-MORTEM*: TAFONOMÍA.

La tafonomía es la ciencia que estudia los procesos de preservación de los restos orgánicos y como estos afectan la información del registro fósil (Behrensmeyer y Kidwell, 1985). El análisis de los rasgos tafonómicos involucra cinco etapas: muerte, enterramiento final, diagénesis, exhumación y descubrimiento (adaptado de Shipman, 1993; Fig. 1.8). Dentro de estas etapas existen procesos que alteran las características normales de los restos de un organismo y que por su naturaleza y patrones de conservación que generan, son clasificados como bioestratinómicos y fosildiagenéticos (Seilacher, 1976; Fig. 1.8).

1.2.1. Muerte.

La historia tafonómica de cualquier organismo inicia con su muerte, la cual es difícil de cuantificar en el registro fósil. Debido a su naturaleza, se reconocen dos tipos de muerte: muerte selectiva y muerte catastrófica (Holz y Simoes, 2002).

La muerte selectiva es cuando se afecta a individuos de una determinada edad pertenecientes a una población (Holz y Simoes, 2002). Estas son causadas por envejecimiento, enfermedad o depredación. Los individuos más afectados suelen ser juveniles o adultos viejos, por ser más susceptibles a enfermedades, ser inexpertos o débiles (Holz y Simoes, 2002).

La muerte catastrófica es un evento de gran magnitud (como las tempestades, sequías o inundaciones) que afectan a los miembros de una población indistintamente (Holz y Simoes, 2002).

1.2. 2. Bioestratinomía en los huesos.

La bioestratinomía estudia la historia sedimentaria de un resto orgánico hasta su enterramiento (Seilacher, 1976). Después de morir el ser vivo interactúa con el ambiente y los organismos exógenos y endógenos. A estos patrones se les subclasifica en cambios *post-mortem* (Aluja y Casas, 2002), desarticulación, fragmentación *post-mortem*, intemperismo, abrasión y bioerosión (Shipman, 1993). Todos ellos ocurren antes de que los restos sean sepultados por los sedimentos (Fig. 1.8).

a. Cambios *post-mortem*. Los cambios *post mortem* inician inmediatamente después de que el animal ha muerto (Aluja y Casas, 2002). En un tiempo más o menos corto se establece la rigidez cadavérica o *rigor mortis*, caracterizada por el endurecimiento y contracción de los músculos, tanto estriada como lisa (Aluja y Casas, 2002). Ésta desaparece alrededor del primer y segundo día, dependiendo de factores ambientales (Aluja y Casas, 2002).

La necrólisis es la descomposición de los tejidos blandos de un organismo (Holz y Simoes, 2002), a través de procesos químicos de origen tanto bacteriana como autolítica (por la liberación de las lisosimas de las células muertas; Holz y Simoes, 2002). El decaimiento químico causado por

bacterias tanto endógenas como exógenas se puede dividir en dos tipos: aeróbico y anaeróbico (Holz y Simoes, 2002).

La necrólisis aerobia suele presentarse como timpanización, causada por la acumulación de gases en el estómago e intestino (Aluja y Casas, 2002). Esto permite la flotación del cadáver y su transporte a través de una corriente de agua (Holz y Simoes, 2002).

La necrólisis anaerobia ocurre en ambientes anóxicos (falta de oxígeno), caracterizado por una serie de reacciones químicas que involucran la reducción de manganeso, nitratos, óxidos metálicos, sulfatos y carbonatos (Holz y Simoes, 2002). Estas reacciones permiten una mayor aceleración de los procesos de fosilización (Holz y Simoes, 2002).

b. Desarticulación. La desarticulación (Fig. 1.9) se presenta después de la necrólisis (Holz y Simoes, 2002), con la pérdida de los ligamentos, las cápsulas sinoviales y músculo que unen a los huesos entre sí. Si el enterramiento ocurre antes de la necrólisis, los tejidos blandos y los elementos de esqueleto serán preservados completos y articulados (Holz y Simoes, 2002). En cambio, si el cadáver está sujeto a los procesos bióticos y abióticos, se iniciará la desarticulación del esqueleto, dejando solo huesos aislados (Holz y Simoes, 2002).

De acuerdo a Holz y Simoes, (2002) como regla general, la desarticulación incia en las articulaciones más movibles (diartrosis), por ejemplo la atlanto-exoidea, cráneo-cervical, intervertebral, coxo-femoral y femoro-tibial. De este modo, la desarticulación depende de la anatomía básica del vertebrado (factores intrínsecos).

La desarticulación también puede ser causada por factores externos como el pisoteo, los organismos necrófagos y las condiciones ambientales que retrasen la necrólisis, como la momificación (preservación del tejido epitelial del cadáver; Holz y Simoes, 2002).

c. Fragmentación *post-mortem*. Es la formación de fracturas de origen biogénico (acción de carroñeros, pisoteo de los animales; Shipman, 1993) o hidráulico (por un agente físico de los sedimentos en suspensión y el fondo; Shipman, 1993; Fig. 1.9). La fragmentación de los huesos frescos, según Holz y Simoes (2002) es rara, ya que gracias a la elasticidad que presentan en su estructura interna, los hace capaz de absorber cierto grado de impacto.

Las fracturas *post-mortem* en los huesos tendrán un “comportamiento de hueso fresco”, es decir, presentarán líneas de fracturas oblicuas respecto al eje mayor del hueso (Gabilondo, 2003; Fig. 1.9). Esto será más fácil de identificar en huesos largos, ya que los huesos planos se comportan de la misma manera tanto en “fresco” como en “seco” (Gabilondo, 2003). A las superficies o planos de fractura por lo general presentarán bordes cortantes y rugosos (Gabilondo, 2003).

d. Intemperismo. El intemperismo es el daño a los huesos producidos por la exposición a los elementos del ambiente como el viento, el agua, calor o frío (Shipman, 1993; Fig. 1.9). De acuerdo a Behrensmeyer (1978) La

severidad del daño es directamente proporcional al tiempo de exposición de los huesos, por lo cual dependiendo de este factor, podemos encontrar como:

1) Tenues grietas longitudinales en las diáfisis y grietas en forma de mosaico en las epífisis (*fracturas en mosaico*), y desprendimiento del hueso cortical asociado a las grietas; 2) parches rugosos en la superficie del hueso por la pérdida de la cortical que expone al hueso esponjoso 3); superficie del hueso rugosa y formación de astillas 4); y Astillas largas a todo lo largo del hueso, haciéndolo sumamente frágil al contacto, dificultando la determinación de la forma original del hueso (Behrensmeyer, 1978).

e. Abrasión. La abrasión ocurre cuando las partículas de los sedimentos de pequeño tamaño, son transportados por el viento o por el agua y son impactadas contra el hueso (Shipman, 1993; Fig. 1.9). Esto produce la pérdida de detalles superficiales, el redondeamiento de los procesos articulares y la pérdida de la capa cortical del hueso (Shipman, 1993). Las partes del hueso más afectadas son las epífisis.

Lo huesos previamente intemperizados son más vulnerables a la abrasión y fragmentación durante el transporte (Behrensmeyer, 2001). En cambio, los huesos frescos no intemperizados serán altamente resistentes a la abrasión. De acuerdo a Martill (1991), varios estudios han demostrado que los huesos pueden resistir al desgate, a pesar de permanecer prolongados períodos en un sistema fluvial con partículas abrasivas.

f. Bioerosión. La bioerosión es la pérdida de estructuras del hueso causada por agentes biológicos, que actuaron antes de que el cadáver sea enterrado definitivamente, dejando marcas superficiales (West y Hasiotis, 2007; Fig. 1.10). La acción de los agentes biológicos como la marca que dejan es muy variada y diversa, ya que depende del organismo que lo produjo. Los agentes biológicos que producen alteración de los huesos en dinosaurios (tanto observados como obtenidos de la bibliografía) son bivalvos, insectos, vertebrados y plantas (Bader *et al.*, 2009).

Por bivalvos. Son perforaciones creadas por bivalvos del grupo de las almejas como *Litophagus* (Fig. 1.10). Forman pozos alargados y elípticos, con forma de gota invertida. Estas estructuras se han descrito en los huesos de dinosaurios de la Formación Cerro del Pueblo, del Cretácico Tardío (Kirkland *et al.* 1996).

Por insectos. Modificaciones en los huesos formadas por insectos carroñeros que forman pozos, túneles, muescas, ralladuras semicirculares y canales, durante su alimentación o excavación de guaridas para la pupa (West y Hasiotis, 2007; Fig. 1.10). Las perforaciones en los huesos de dinosaurios atribuidos a insectos se han descrito en ambientes continentales en Norteamérica, África y Asia del Cretácico y en Norteamérica del Jurásico (Roberts *et al.*, 2007).

- **Pozos:** fosas alargadas con forma circular o elíptica, sus paredes son rugosas e irregulares, caracterizados por pequeñas ralladuras

sin ninguna dirección preferencial (West y Hasiotis, 2007; Fig. 1.10). Estas estructuras han sido interpretadas como cámaras de pupas de escarabajos de la familia de los derméstidos. Estas evidencias se encuentran principalmente en las caras articulares de los huesos (West y Hasiotis, 2007).

- Túneles: estructuras de forma esférica a elíptica, algunos penetran el hueso hasta llegar a la cavidad medular (Fig. 1.10). Las paredes de los túneles son rugosas, caracterizadas por ligeras ralladuras, pero algunos presentan paredes lisas sin ninguna irregularidad (West y Hasiotis, 2007). Estas marcas son interpretadas como túneles excavados por las larvas en busca de un lugar para desarrollarse en pupa (West y Hasiotis, 2007).
- Muescas: son depresiones en forma de copa, poco profundas con paredes rugosas, pero la gran mayoría tiene paredes lisas sin ninguna irregularidad. En el fondo presentan varias ralladuras (West y Hasiotis, 2007). Estas estructuras representan comportamiento de alimentación (carroñeo) o de excavación (West y Hasiotis, 2007).
- Ralladuras semicirculares: son ralladuras en forma de semicírculos que van uno detrás del otro en la superficie del hueso (West y Hasiotis, 2007; Fig. 1.10). Estas estructuras se asocian a un comportamiento de alimentación de parte de los insectos hacia el periostio (West y Hasiotis, 2007).
- Canales: son perforaciones que presentan forma de “u” en forma transversal, ocurren principalmente en la superficie del hueso y se extienden más allá de las articulaciones (West y Hasiotis, 2007). Puede dar lugar a túneles o pozos (Fig. 1.10). Las paredes son rugosas con estriaciones no direccionadas. Probablemente formadas por algún artrópodo de identidad desconocida (West y Hasiotis, 2007).

Por vertebrados. Para el mesozoico, es poco usual encontrar marcas de dientes dejadas por otros vertebrados (o por otros dinosaurios) en los huesos, ya que, para esta Era no existían los roedores u otros animales que royeran como en la actualidad (Jacobsen, 1998). Se conoce una variedad de morfologías de marcas de dientes que formaban surcos de diversas formas y perforaciones.

- Cuatro surcos: dos surcos paralelos en la parte superior y los otros dos paralelos entre sí en la parte inferior. Un par de ellos es más largo que el otro (Longrich y Ryan, 2010; Fig. 1.10). Esta marca se ha localizado en la diáfisis de los huesos largos, perforando la circunferencia de estos. Su morfología sugiere que fue hecho por los incisivos de algún mamífero del grupo de los multituberculados (Longrich y Ryan, 2010; Fig. 1.10).
- Surcos lineares, muy alargados, en forma de “U” o “V” transversalmente: los cuales pueden estar aislados o ser varios y alineados de manera paralela entre sí, sin cruzarse (West y

Hasiotis, 2007; Fig. 1.10). Estos surcos han sido interpretados como producto de las mordidas de dinosaurios carnívoros (Jacobsen, 1998; Hone y Rauhut, 2009) o cocodrilos (Noto *et al.*, 2012) al arrancar la carne del hueso.

- Perforaciones cónicas: son pozos desde poco profundos a muy profundos, de forma cónica y ovalada, localizados en la superficie del hueso (Fig. 1.10). Se interpretan como perforaciones hechas por dientes cónicos, de dinosaurios carnívoros como los tyrannosáuridos (Hone y Rauhut, 2009) y el *Deinonychus* (Gignac *et al.*, 2010) y por dientes de cocodrilos (Noto *et al.*, 2012).
- Surco linear en forma de "V" en toda la circunferencia del hueso: maca encontrada en un hueso de dinosaurio de Kansas asociado a un ambiente marino (Everhart y Ewell, 2006; Fig. 1.10). Este tipo de evidencia se ha atribuido a la mordida de un tiburón (Everhart y Ewell, 2006).
- Pérdida del hueso cortical: exposición de grandes áreas de hueso esponjoso y caras articulares redondeadas. Este tipo de evidencias sugieren que el hueso fue parcialmente digerido por algún carnívoro (Everhart y Ewell, 2006). Para la interpretación también depende del contexto, ya que podría confundirse con las alteraciones por intemperismo o abrasión (Everhart y Ewell, 2006).

Por plantas. Este tipo de marcas originadas por plantas en los huesos de dinosaurios, solo se han documentado en la Formación Morrison (Bader *et al.*, 2009). Se pueden observar como estrías ramificadas, curvilíneas y delgadas (Fig. 1.10).

- Estrías ramificadas, curvilíneas y delgadas: Se observa como un patrón dendrítico e irregular (Fig. 1.10). Este patrón representa la acción del ácido liberado de las raíces de las plantas (West y Hasiotis, 2007). Esto puede provocar la remoción del periostio y del tejido esponjoso. También pueden provocar la separación y fragmentación de los huesos (West y Hasiotis, 2007).

g. Organismos encostrantes. Son los organismos que no dañan al hueso, pero lo utilizan como un sustrato de fijación (Fig. 1.10). En los ambientes marinos, los huesos de los vertebrados provén refugio a los organismos invertebrados que viven en los fondos marinos (Martill, 1991). Se conoce hasta ahora el encostramiento del esqueleto calcáreo de anélidos del grupo de los Sedentarios, conocidos como serpúlidos y de bivalvos de la familia de los ostréidos en la Formación Cerro del Pueblo, en México (Kirkland *et al.* 2000; Fig. 1.9). Los organismos encostrantes se pueden localizar en las superficies del hueso cortical, en las cavidades naturales del hueso y las fracturas *post-mortem* (obs. pers.).

h. Disolución química. En los suelos con agua subterránea de pH ácido puede causar la completa disolución de la apatita de los huesos, eliminando

por completo la estructura, y en algunos casos, dejando una impresión de la superficie externa del hueso en el sedimento (Martill, 1991). Este fenómeno sólo se ha estudiado en detalle en la localidad Hartforde Basin (Getty y Bush, 2011).

1.2.3. Fosildiagénesis en los huesos.

La fosildiagénesis estudia la alteración química y mecánica de los restos orgánicos dentro de los sedimentos (Seilacher, 1976) en otras palabras, los efectos de la diagénesis sobre los fósiles. La diagénesis es el proceso de litificación de los sedimentos (Prothero y Scwab, 2004), originando a las rocas sedimentarias como las calizas, lutitas o areniscas.

Los rasgos fosildiagenéticos (Figs. 1.8 y 1.11) ocurren después de que los restos del organismo son enterrados por los sedimentos e incorporados a la litosfera por medio de los procesos de fosilización (Seilacher, 1976). Esto último involucra las alteraciones que se producen en el hueso a causa de su exhumación y exposición a los elementos del medio ambiente (Shipman 1993). Durante este proceso puede ocurrir la formación de concreciones y nódulos sobre el hueso, fracturas post-fosilización, deformaciones plásticas y erosión.

a. Concreciones y nódulos. Las concreciones y nódulos son estructuras diagenéticas que se forman alrededor de objetos como los fósiles, en los sedimentos y están formados principalmente por óxidos metálicos o carbonatos como la siderita (Prothero y Scwab, 2004; Fig. 111). Las concreciones son objetos regulares que se forman alrededor de un núcleo (desde una partícula de sedimento hasta un hueso fósil) y los nódulos son objetos irregulares que no presentan un núcleo en su interior (Prothero y Scwab, 2004). Los nódulos usualmente se forman en las superficies de los huesos, lo que altera y obstruye la superficie cortical (obs. per.). En cambio las concreciones envuelven a los huesos en su totalidad, protejiéndolos de la deformación plástica y de la fragmentación post-fosilización (Martill, 1991).

b. Fragmentación post-fosilización. Los huesos al integrarse a las rocas en forma de fósiles, sufrirán los mismos procesos que sufren los sedimentos durante su formación como roca y por lo tanto tendrán el mismo comportamiento que ellas (Fig. 1.11).

En estos casos el hueso se quiebra sin relación a su configuración natural, formando fracturas perpendiculares, de superficie lisa y plana (comportamiento del hueso seco; Gabilondo, 2003). Una forma visual de distinguir esta fragmentación de una fractura *post-mortem* es por el distinto color en la parte interna y externa del hueso. Las fracturas post-fosilización presentarán un color claro en su interior y uno más oscuro en la superficie externa (Shipman, 1993) ocasionado por el proceso de fosilización diferencial (explicado en el capítulo 1.1.). Por lo tanto una fractura *post-mortem* de un hueso fósil se verá del mismo color en la parte interna como la parte externa (obs. pers.).

Las fracturas post-fosilización pueden ser ocasionadas por el pisoteo de los animales, la caída de una roca o por la presión de los sedimentos (carga

litiostática; Shipman, 1993). Por lo tanto la fractura post-fosilización será continuación de la fractura de la roca a la cual está embebida el fósil (obs. pers.)

c. Deformación plástica. La deformación plástica es la distorsión de la forma o de la simetría (Shipman, 1993) de un hueso o parte del esqueleto (como el cráneo; Fig. 1.11). Esta distorsión es causada por la compactación de los sedimentos (carga litostática) o por la infiltración de ellos en las grietas originales del hueso (Shipman, 1993).

La deformación plástica más común es llamada *presión homogénea*, en el cual todas las líneas y áreas del hueso se distorsionan en una misma dirección sin modificar su volumen original (Shipman, 1993; Fig. 1.11).

La fragmentación (*post-mortem* o post-fosilización) combinada con la compactación (presión en distintas direcciones) puede generar una distorsión tal, que sólo con modelos matemáticos se puede dilucidar la forma original (Shipman, 1993).

La compactación por si sola puede distorsionar a los huesos, modificando su volumen original, sin embargo, el grado de deformación dependerá de varios factores, como la composición interna del hueso, el grosor de la cortical y su orientación dentro de los sedimentos (Martill, 1991). Por lo tanto algunos huesos podrán presentar una compactación diferencial (distorsión sólo en los procesos óseos) o una compactación total, a tal grado que sufren una reducción del volumen del 50% o más (Martill, 1991).

Otra forma de distorsión es ocasionada por la infiltración del sedimento en las finas fracturas del hueso original, expandiéndolos o separando los fragmentos de su posición anatómica original (Shipman, 1993). A pesar que la infiltración de los sedimentos dentro de las fracturas puede ser de milímetros de grosor, esto puede ocasionar una seria distorsión de la forma (Shipman, 1993).

d. Erosión. Al final las rocas que contienen los huesos fósiles son desenterrados y expuestos a las condiciones ambientales de otra época diferente al momento cuando vivió el organismo fósil (Shipman, 1993). La erosión puede ser ocasionada por el viento, el agua, la gravedad o por organismos excavadores como plantas y hormigas o por el pisoteo de los animales de ganado (obs. pers.). Su exhumación puede ocasionar la fragmentación y/o una nueva deposición de los fósiles en otro ambiente (Shipman, 1993). Un ejemplo de ello es cuando los huesos fósiles depositados en una ladera, son exhumados por las lluvias torrenciales, y al liberarse se caen por gravedad al lecho del río (obs. pers.)

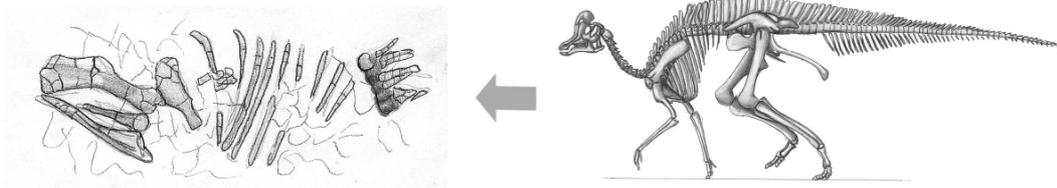
A pesar de que la erosión puede ser un fenómeno altamente destructivo, es indispensable para la paleontología, ya que ésta permitió el descubrimiento de los fósiles por procesos naturales (Shipman, 1993) sin necesidad de hacer excavaciones a ciegas (Fig. 1.10).



Figura 1.8. Etapas biológicas y tafonómicas (bioestratinomía y fosildiagénesis) donde se modifican los huesos.

BIOESTRATINOMÍA

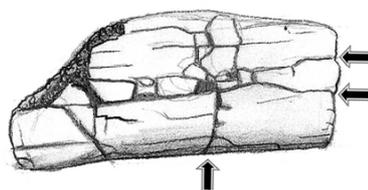
Desarticulación



Fragmentación *post-mortem*



Intemperismo



Abrasión

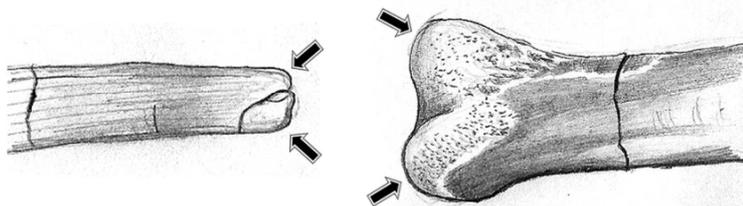
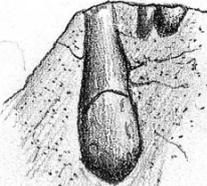
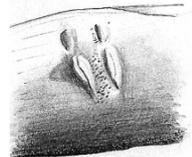
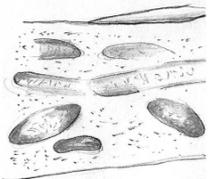
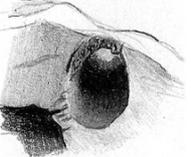
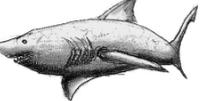
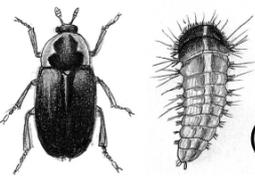


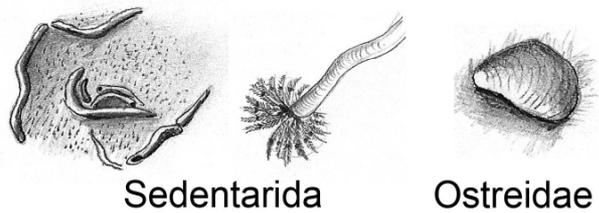
Figura 1.9. Rasgos bioestratinómicos de los huesos por agentes físicos y químicos.

BIOESTRATINOMÍA

Bioerosión

 <p>Perforación</p>  <p><i>Lithophagus</i> (Mytilidae)</p>	 <p>Cuatro surcos</p>  <p>Multituberculata</p>
 <p>Pozos y canales</p>	 <p>Surcos lineales</p>  <p>Crocodylia</p>
 <p>Túneles</p>  <p>Ralladuras semicirculares</p>	 <p>Perforaciones cónicas</p>  <p>Theropoda</p>  <p>Surco en circunferencia</p>  <p>Selachii</p>
 <p><i>Dermestes</i> (coleoptera)</p>	 <p>Estrías ramificadas</p>  <p>Plantae</p>

Organismos encostrantes



Sedentarida

Ostreidae

Figura 1.10. Rasgos bioestratinómicos de los huesos por agentes biológicos.

FOSILDIAGÉNESIS

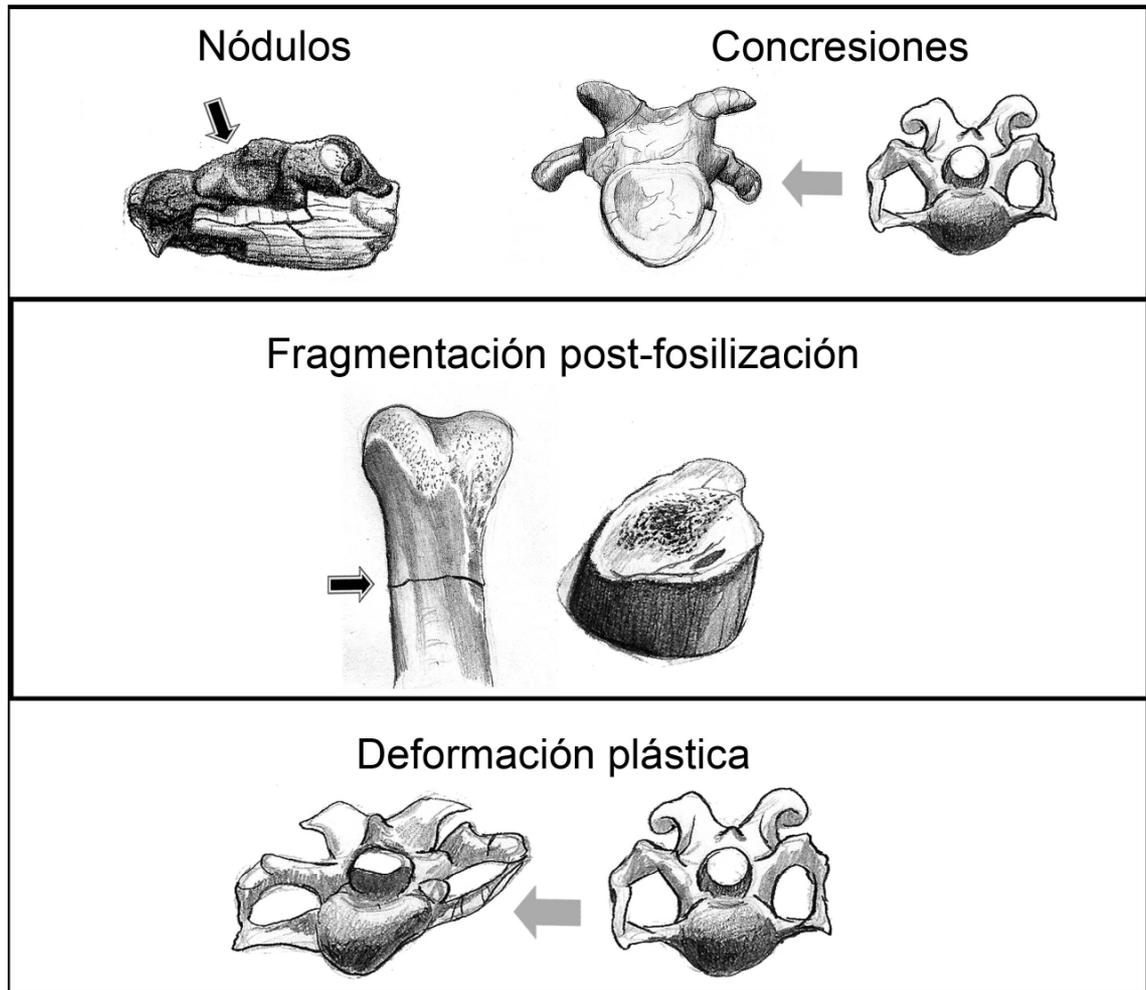


Figura 1.11. Rasgos fosildiagnéticos de los huesos fósiles por agentes físicos y químicos.

1.3. RASGOS ÓSEOS ADQUIRIDOS DURANTE EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO.

1.3.1. Biología del hueso.

Los huesos (Fig. 1.12) son órganos conformados por tejidos óseo, hematopoyético, fibroso y cartilaginoso. A pesar de que se ve a simple vista como inerte, este órgano es altamente dinámico, destruyéndose y renovándose constantemente, durante toda la vida del organismo (Comarck, 1988). Su función es dar estabilidad mecánica y movilidad a los organismos, así como, de proteger los órganos internos y la médula ósea, y almacenar el calcio y el fósforo corporal (Comarck, 1988).

El tejido fibroso está dentro de una membrana que cubre la superficie externa del hueso con excepción de las superficies articulares llamado *periostio* (Comarck, 1988). Existe otra membrana compuesta principalmente de células que reviste las superficies internas de todas las cavidades intraóseas llamada *endostio* (no ilustrado en la fig. 1.12; Comarck, 1988).

El tejido hematopoyético se encuentra principalmente en una gran cavidad central de los huesos largos llamado *cavidad medular* y entre los espacios dejados por las trabéculas óseas del hueso esponjoso, denominado *médula ósea* (Comarck, 1988).

Por último el tejido cartilaginoso se mantiene presente encima de las superficies articulares de los huesos largos y durante el crecimiento del hueso en las *placas epifisarias* (Comarck, 1988).

Hueso esponjoso y compacto. Macroscópicamente el hueso se clasifica en hueso compacto (denso o cortical) y en hueso esponjoso (o trabecular; Comarck, 1988).

El hueso esponjoso está formado por una pequeña proporción de matriz ósea en forma de estructuras anastomosantes llamadas *trabéculas* y entre ellas una gran cantidad de espacios que inicialmente se llenan de tejido conectivo laxo vascular y posteriormente por tejido mieloide, lo que le da una apariencia de “esponja” (Comarck, 1988).

Por otra parte, el hueso compacto se caracteriza por tener una proporción de matriz ósea mayor que de espacios tisulares blandos (Comarck, 1988). Debido al proceso de transformación gradual de esponjoso a compacto. Los espacios tisulares son llenados gradualmente por una serie de capas múltiples o laminillas, las cuales se acomodan alrededor de pequeños conductos de Havers centrales recibiendo el nombre de *osteona* o *sistema de Havers* (Comarck, 1988). Vistas en corte transversal parecen anillos concéntricos (Comarck, 1988). En huesos largos a punto de alcanzar la edad adulta se agregan a las superficies externas e internas *laminillas circunferenciales* y el resto del hueso compacto se mantiene principalmente de osteonas (Comarck, 1988).

Hueso laminar o fibrolaminar. Para propósitos comparativos en varios grupos de vertebrados, histológicamente el hueso se clasifica en hueso fibrolaminar y hueso laminar (Kardong, 2011).

El *hueso fibrolaminar* (o no laminar, hueso entretejido o fibroso) se caracteriza por un arreglo irregular y desordenado de las fibras de colágeno dentro de la matriz (Kardong, 2011). Es típico de un crecimiento rápido (Kardong, 2011). En el tejido fibrolaminar se puede distinguir el depósito de pocas láminas concéntricas en las paredes de los canales de Havers, denominados *osteones primarios* (Francillon-Vieillot et al., 1990).

El *hueso laminar* es caracterizado por un ordenamiento regular de las fibras de colágeno dentro de la matriz, usualmente acompañado por una orientación regular de las células óseas (Kardong, 2011). Es típico de un crecimiento lento (Kardong, 2011).

Un tipo especial de tejido laminar es el *hueso Haversiano* (Francillon-Vieillot et al., 1990). Caracterizado por la formación de los *osteones secundarios* (Francillon-Vieillot et al., 1990). Estos osteones se distinguen de los primarios al presentar una línea cementante de resorción (una línea oscura) envolviendo a las láminas concéntricas (Francillon-Vieillot et al., 1990). Este tejido reemplaza al tejido fibrolaminar (Francillon-Vieillot et al., 1990).

Irrigación sanguínea. La irrigación de un hueso proviene de una o más *arterias nutricias* que vienen del exterior (Comarck, 1988). Pero las metáfisis (sí las poseen) y las epífisis de los huesos largos reciben sangre adicional de las *arterias metafisiarias* y *epifisiarias* (Comarck, 1988). Existen además una serie de conductillos desde capilares periósticas a los que llega sangre a *arterias periósticas* (Comarck, 1988).

Dentro del hueso compacto existe una serie de conductos que van de manera longitudinal a lo largo de todo el hueso llamado *conductos de Havers* y otros que se conectan a ellos y que se dirigen de manera transversal los *conductos de Volkman* (Comarck, 1988). Estos contienen en su interior vasos sanguíneos de poco calibre que se conectan con los vasos de la médula ósea y del periostio (Comarck, 1988). Algunos de estos conductos pueden contener arteriolas y vénulas, y otros un solo capilar (Comarck, 1988). También pueden estar presentes fibras nerviosas y en muy raras ocasiones vasos linfáticos (Comarck, 1988). Solo el periosteo presenta una gran cantidad de vasos linfáticos (Comarck, 1988).

Matriz ósea. Como todo tejido conjuntivo especializado presenta una sustancia fundamental llamada *matriz ósea*, la cual es única por su composición inorgánica tan alta (70%) en comparación con la orgánica (30%) (Comarck, 1988). La parte orgánica se compone principalmente por colágeno tipo 1 (85 a 95%) y proteínas no colágeno como la osteopontina (una glicoproteína), osteocalcina (proteína fijadora de calcio) y osteonectina (proteína fijadora del colágeno) (Hughes y Aubin, 1998).

La parte inorgánica se compone principalmente de hidroxapatita $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ impuro (del 4 al 6% el carbonato sustituye al grupo fosfato; Currey, 2002) en estado amorfo y cristalino, y en menor porcentaje de

elementos de magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), fluór (F) y cloro (Cl) (Guyton y Hall, 2006).

Componentes celulares. El tejido óseo se encuentra conformado por cuatro poblaciones de células vivas: células osteógenas, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos (Comarck, 1988).

Células osteógenas u *osteoprogenitoras* son células pequeñas y ahusadas que se encuentran en la capa más profunda del periostio, en el endostio y como parte del estroma de la médula ósea (Comarck, 1988). Estas constituyen una población de *células madre bipotenciales* ya que pueden dar origen a osteoblastos si la región está ampliamente vascularizada o a condroblastos si es avascular (Comarck, 1988). Son importantes durante la reparación del tejido óseo. Se cree que están involucradas en la homeostasis del calcio (Thompson, 2007)

Los *osteoblastos* son células relativamente grandes entre redondas y poligonales (Comarck, 1988). Son los responsables en secretar los componentes macromoleculares orgánicos de la matriz óseo (llamada *tejido osteoide*). Esta se deposita alrededor de ellos y de sus prolongaciones citoplasmáticas dando lugar a los osteocitos (Comarck, 1988). También participa en la nucleación de los cristales de hidroxapatita en el tejido osteoide (Comarck, 1988) y además producen una gran cantidad de *factores de regulación* cruciales para la remodelación ósea (Thompson, 2007).

Osteocitos son células más pequeñas rodeadas por la matriz ósea calcificada y que se comunican entre sí y con los vasos sanguíneos a través de prolongaciones citoplasmáticas dentro de unos conductillos llamados *canalículos* (Comarck, 1988). Son los componentes principales para la mecanotransducción (Vainiopää, 2007).

Osteoclastos son células que derivan de los monocitos de la sangre, al fusionarse entre sí generan una célula multinucleada, que se desplazan por las superficies óseas reabsorbiendo la matriz ósea (Comarck, 1988). Son las células encargadas de la *resorción ósea* que es la eliminación progresiva del tejido óseo (Comarck, 1988).

1.3.2. Osteogénesis.

La osteogénesis es el desarrollo del hueso y ocurre en dos sitios generales: directamente del mesénquima vascularizado por el proceso llamado *osificación intramembranosa* y en las regiones centrales de los precursores cartilagosos de los huesos futuros por el proceso de *osificación endocondral* (Cormack, 1988).

Osificación intramembranosa. Esta osificación ocurre en los huesos planos que conforman al dermatocráneo (premaxilar, frontal, pterigoideos, dentario, entre otros), el paraesfenoides, las clavículas y el esternón (Kardong, 2011).

Inicialmente hay una capa de mesénquima laxo. Las células mesenquimatosas de su centro comienzan a diferenciarse a células osteógenas y luego a osteoblastos y por último a osteocitos (Cormack, 1988).

Estas forman la primera masa de matriz ósea que adopta una forma irregular llamada *espícula*, la cual se alarga y anastomosa hasta dar lugar a la *trabécula* (Cormack, 1988). Varias trabéculas originan al hueso esponjoso y, por el desarrollo de osteoblastos a partir de las células osteógenas del endostio, se depositan nuevas capas de matriz por *aposisión ósea*, cerrando las cavidades y creando hueso compacto (Cormack, 1988). Durante la transición entre hueso esponjoso y compacto ocurre la *remodelación ósea* (cuando hay aposición y resorción óseas al mismo tiempo), para evitar acumulación innecesaria de matriz ósea y mantener la forma y el tamaño del hueso (Cormack, 1988).

Al crecer los huesos planos mediante la remodelación ósea, de ser una placa de hueso compacto pasan a ser dos placas de hueso compacto con hueso esponjoso en su interior. Esta disposición recibe el nombre de hueso *diploë* (Cormack, 1988).

Osificación endocondral. Esta osificación ocurre en los huesos que conforman al condrocraqueo (basioccipital, basiesfenoides, prootico), el esplanocráneo (cuadrado, articular), el esqueleto axial y el apendicular (Kardong, 2011; Brusatte, 2012).

Como el proceso anterior, inicia con células del mesénquima que se condensan y delinean la forma del hueso futuro (Cormack, 1988). Después se diferencian en células *condrógenas* dando lugar al *pericondrio* y a *condroblastos* productores de la matriz del cartílago, lo que da como resultado a un precursor de cartílago hialino del hueso futuro (Cormack, 1988).

A continuación los capilares crecen en la parte del pericondrio que envuelve la porción media del modelo cartilaginoso del hueso, de tal forma que de origen al periostio (Cormack, 1988). Los capilares del periostio acompañado de sus células osteógenas invaden la porción media y lo irrigan, dando lugar al *centro de osificación primario* (Cormack, 1988). Se le llama así porque produce tejido óseo del centro a la periferia y los extremos del hueso, reemplazando el tejido cartilaginoso por el óseo (Cormack, 1988). En los huesos largos la porción media se reabsorbe dejando la *cavidad medular* y al mismo tiempo se siembran células *hematopoyéticas* que dan origen al *tejido mielóide* (Cormack, 1988).

La porción central ya osificada se convierte en la *diáfisis* y los extremos del hueso largo todavía cartilaginoso, como *epífisis* (Cormack, 1988). En las epífisis cartilaginosas ocurre un crecimiento que alarga al hueso sin aumentar de tamaño, ya que la porción en contacto con la diáfisis sufre calcificación y sustitución por tejido óseo progresivamente (Cormack, 1988). Entre la diáfisis y las epífisis se forma la *metáfisis* (Cormack, 1988). Estas son las regiones de los extremos del hueso en donde se aumenta el diámetro de la diáfisis e iguala a las epífisis ajustando el contorno mediante la remodelación ósea (Cormack, 1988).

En la gran mayoría de los vertebrados no mamíferos el crecimiento endocondral termina en esta parte, dejando una gran cantidad de cartílago epifisiario en los extremos del hueso largo como se ven en las aves, cocodrilos, tortugas y probablemente como tenían los dinosaurios (Holliday *et al.*, 2010; Fig. 1.11).

En cambio, en mamíferos y algunos lagartos se forman *centros secundarios de osificación* (los cuales pueden ser uno o más) en las epífisis de los huesos largos (Holliday *et al.*, 2010). Esto es gracias a la invasión de capilares y células osteógenas en la porción media del cartílago epifisial iniciando la osificación en el centro (Cormack, 1988). La osificación se propaga como una onda en todas direcciones, por la que el hueso esponjoso sustituye poco a poco al cartílago (Cormack, 1988). No obstante se conserva cartílago cubriendo la zona articular y un porción de cartílago hialino en forma de disco transversal entre la metáfisis y la diáfisis, llamada *placa epifisaria* (Cormack, 1988). Esta placa se mantiene hasta que el individuo llega a la madurez sexual, cuando la epífisis y metáfisis se unen y por lo tanto se detiene el crecimiento longitudinal de los huesos largos (Cormack, 1988).

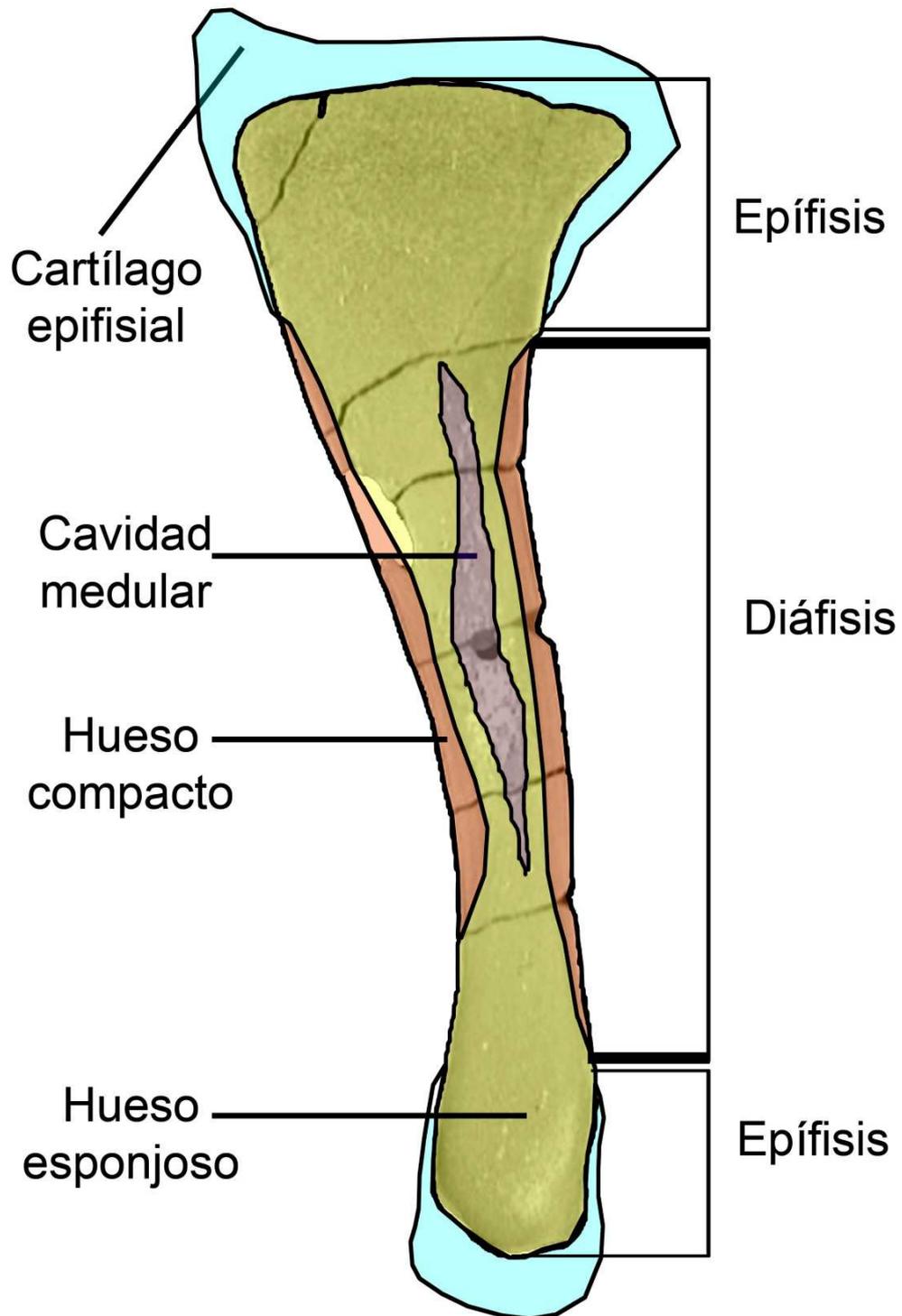


Figura 1.12. Esquema de una tibia de dinosaurio hadrosauróideo en corte latero-medial, ubicando las partes macroscópicas internas que lo componen.

1.3.3. Factores que controlan la remodelación ósea.

El mismo crecimiento de los huesos y la regulación de los niveles de calcio (Ca) en la sangre, o *calcemia*, modifican al hueso; estos a su vez se encuentran regulados por hormonas, vitaminas, citocinas, factores de crecimiento y moléculas como óxido nítrico (NO) y los niveles de oxígeno (O₂) (Cormack, 1988). Estas moléculas se encargan de promover o inhibir la resorción y la aposición ósea, regular y controlar los niveles de calcio y fósforo en la sangre, y junto con esto, prevenir la osificación de otros tejidos tisulares (Comarck, 1988). También se encargan de regular el funcionamiento de las células óseas, reclutar, diferenciar y estimular su proliferación (Thompson, 2007).

Los mecanismos humorales más importantes de la regulación de los niveles de Ca en la sangre son la parathormona (PTH), calcitonina y el calcitriol. La parathormona promueve la diferenciación de los monocitos en osteoclastos provocando una mayor resorción ósea y aumentando la calcemia (Guyton y Hall, 2006). También aumenta la absorción de Ca en los túbulos renales contorneados distales en los riñones y activa la vitamina D₃ (Guyton y Hall, 2006). Mientras la calcitonina inhibe a los osteoclastos, disminuyendo la resorción ósea, aumenta la pérdida de calcio (Ca) y fósforo (P) en los riñones, y activa a los osteoblastos para diferenciarse a osteocitos y promover la aposición ósea (Guyton y Hall, 2006).

El calcitriol o vitamina D se encarga de promover la absorción de Ca de los alimentos mediante la síntesis de la trascaliferina y junto con ello promueve la proliferación de los osteoclastos (Flanagan y Sarna, 1998).

Existen un gran número de citocinas y factores de crecimiento que inhiben o promueven la osteogénesis o la osteólisis, durante la remodelación ósea el cual se resume en el siguiente cuadro (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Factores que controlan la remodelación ósea.

Grupo	Molécula	Osteoclastia		Osteogénesis		Referencias
		Promotor	Inhibidor	Promotor	Inhibidor	
Hormonas	Parathormona	X				Guyton y Hall, 2006
	Calcitonina		X			Guyton y Hall, 2006
Vitaminas	Vitamina D	X				Flanagan y Sarna, 1998
Citocinas	IL-1 (interleucina)			X	X	Hughens y Aubin, 1998
	IL-17 (interleucina)			X		Bastian <i>et al.</i> , 2011
	TNF α (factor de necrosis tumoral)			X		Bastian <i>et al.</i> , 2011
	IFN γ (interferón)			X		Bastian <i>et al.</i> , 2011
Factores de Crecimiento	BMP (proteína mitogénica ósea)			X		Hughens y Aubin, 1998; Blitz <i>et al.</i> , 2009
	TGF- β (transformador beta)			X		Hughens y Aubin, 1998
	IGF (parecido a la insulina)			X		Hughens y Aubin, 1998; Burger y Klein-Nulend, 1999
	EGF (epidermal)			X		Hughens y Aubin, 1998
	PDGF (derivada de las plaquetas)			X		Hughens y Aubin, 1998
	FGF (derivado de los fibroblastos)			X		Hughens y Aubin, 1998
	MSCF (factor estimulante de colonias de macrófagos)	X				Flanagan y Sarna, 1998
	Segundos mensajeros	PGE2 (prostanglandina)		X	X	
NO (óxido nítrico)			X	X		Liedert <i>et al.</i> , 2006
Otras moléculas	O2 (oxígeno)			X		Ray, 1976; Comarck, 1988
	Pi (Pirofosfato)				X	Comarck, 1988

1.4. RESPUESTA ÓSEA A FUERZAS MECÁNICAS.

En la vida diaria de un vertebrado sus huesos están sujetos a cargas externas que provocan cambios en su resistencia interna (Vainionpää, 2007). Estas alteraciones pueden ser temporales o permanentes y dependen de la frecuencia y la cantidad de fuerza mecánica aplicado sobre el hueso (Vainionpää, 2007).

Si se aplica una gran cantidad de fuerza mecánica en un tiempo corto, el hueso comenzará a deformarse, pero si se remueve la fuente de la fuerza el hueso volverá a su morfología original, a esto se le llama *región elástica* (Vainionpää, 2007). Si se aumenta el tiempo de aplicación de la fuerza, en una frecuencia constante, la deformación del hueso permanecerá durante toda la vida del organismo, aunque se retire la fuente del estrés, lo que se conoce como *región plástica* (Vainionpää, 2007). Si la fuerza mecánica excede a la resistencia del hueso se provocan fracturas que ponen en riesgo la salud del organismo, lo que se llama como *punto de falla* (Vainionpää, 2007).

El estímulo mecánico favorece la osteogénesis e inhibe la osteólisis (Monina, 2007). La fuerza mecánica provoca la deformación de los osteocitos y de la matriz ósea, activando la liberación de los segundos mensajeros a partir de ellos como la prostaglandinas (PGE_2) y el óxido nítrico (NO), los cuales promueven la proliferación de osteoblastos y la síntesis de matriz ósea (Skerry, 1998). El resultado es el reforzamiento de la zona en la que actúan las cargas compresivas, causando un aumento de la densidad ósea y del grosor del hueso cortical de los huesos largos (Vainionpää, 2007; Manin, 2007).

Junto a todo esto, el estímulo mecánico originado por el músculo esquelético, puede modificar la unión osteomuscular (la superficie cortical de los huesos largos). Esto permite conocer el estado muscular de un individuo y por lo tanto, la actividad física que realizaba (Galtés *et al.* 2007). Además, estas cicatrices permiten la reconstrucción de la musculatura de los animales extintos como los dinosaurios (Brusatte, 2012).

Estas modificaciones locales en el hueso se pueden observar como, una área de superficie rugosa (Fig. 1.13), incremento de tamaño de los procesos o una área convexa, profunda y lisa (Fig. 1.14). Las dos primeras reflejan una unión tipo tendinosa y la última una unión tipo carnosa de los músculos (Galtés *et al.*, 2007).

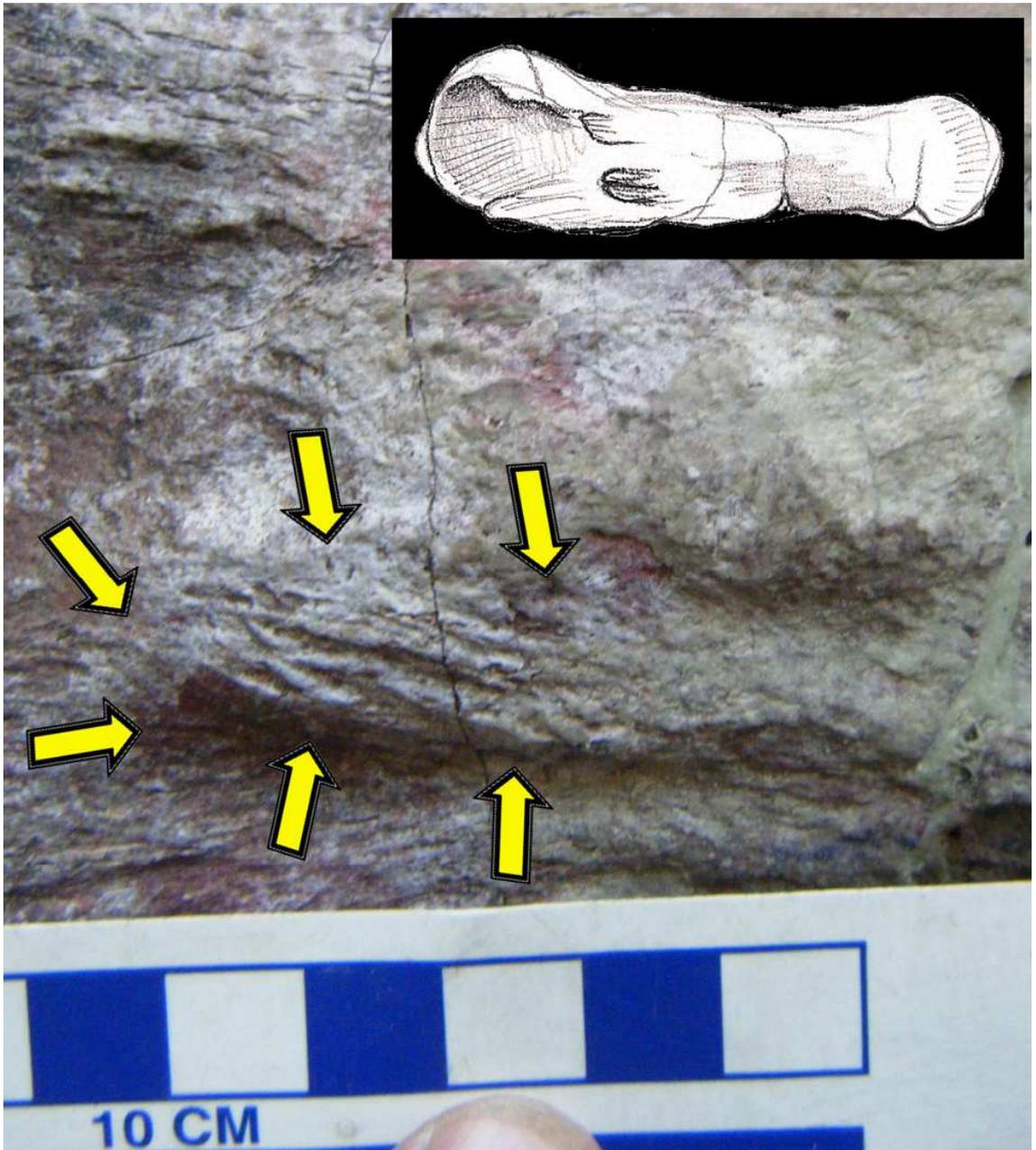


Figura 1.13. Respuesta ósea a fuerza mecánica por una unión tipo tendinosa. Metatarso en vista lateral de hadrosaurio de Ocampo, Coahuila.

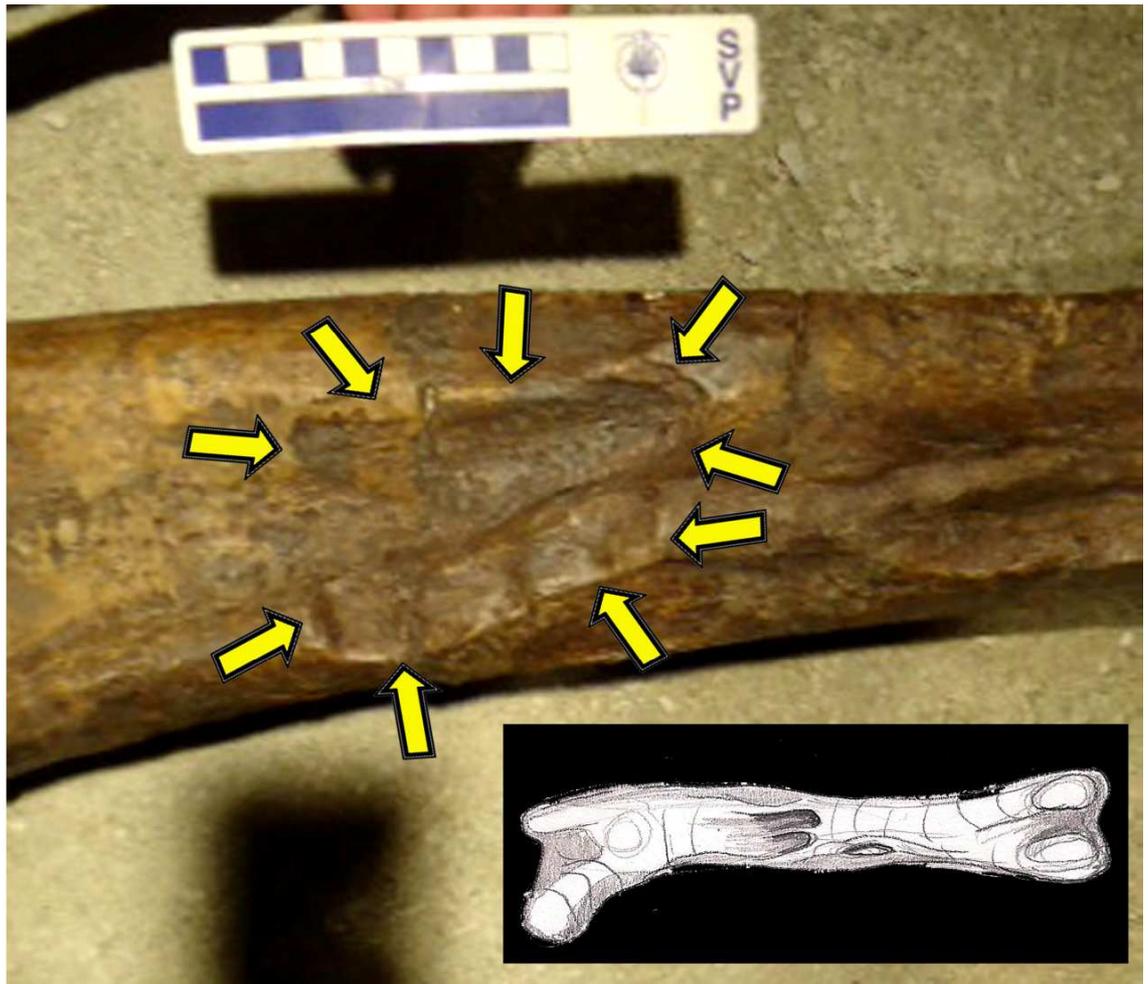


Figura 1.14. Respuesta ósea a fuerza mecánica por una unión tipo carnosa. Fémur en vista caudal de *Velafrons coahuilensis* (CPC-59).

1.5. RESPUESTA ÓSEA A LESIONES Y ENFERMEDADES.

Durante la vida de un organismo el hueso afronta lesiones y enfermedades, estos provocan dos mecanismos de respuesta (San Andrés y Hernández, 1992): destrucción ósea u *osteólisis* y regeneración ósea u *osteogénesis*. Generalmente en condiciones patológicas, los procesos osteolíticos preceden a los de regeneración (San Andrés y Hernández, 1992).

1.5.1. Osteólisis.

La destrucción ósea es la primera respuesta frente a una agresión o enfermedad. Provocada por una mayor resorción del tejido óseo (San Andrés y Hernández, 1992). El proceso osteolítico se observan con más facilidad en las zonas corticales que en el hueso esponjoso (San Andrés y Hernández, 1992). Se puede clasificar dependiendo de su extensión: generalizadas o localizadas (San Andrés y Hernández, 1992).

a. Osteólisis generalizada (o difusa). Es cuando hay una disminución de la densidad ósea en la zona medular junto con un adelgazamiento de las corticales a todo lo largo del hueso (San Andrés y Hernández, 1992; Fig. 1.12). Pueden afectar a uno o varios huesos e incluso al esqueleto completo. Generalmente este tipo de osteólisis aparece en aquellos casos que el animal padece deficiencias nutricionales, endocrinas o procesos atróficos o por falta de actividad (San Andrés y Hernández, 1992). Ejemplos de enfermedades son la osteoporosis, osteomalacia, hiperparatiroidismo y en neoplasias (San Andrés y Hernández, 1992).

b. Osteólisis local (o focal). Generalmente afecta a una porción pequeña del hueso (San Andrés y Hernández, 1992). Puede ser del tipo geográfica, apolillada o permeativa (San Andrés y Hernández, 1992). Es muy frecuente que estas tres formas aparezcan de forma simultánea (San Andrés y Hernández, 1992).

Lisis geográfica. Es la pérdida de hueso con un aspecto circunscrito, con bordes circulares los cuales pueden presentar bordes bien definidos o difusos en el interior del hueso (San Andrés y Hernández, 1992; Fig. 1.13). La cortical puede aparecer carcomida o remodelada, debido a un fenómeno de contención de la lesión por proliferación perióstica (San Andrés y Hernández, 1992). Ejemplos son los quistes óseos, osteomielitis, osteosarcomas y fibrosarcoma (San Andrés y Hernández, 1992).

Lisis apolillada o en caries. Caracterizada por la presencia múltiples agujeros diseminados, de forma ovalada, que pueden variar de tamaño y que afectan a la cortical y medular (San Andrés y Hernández, 1992; Fig. 1.14).

Lisis permeativa. Son áreas muy numerosas, ovaladas o alargadas, que tienden a crecer de tamaño con el tiempo y suelen estar más diseminados (San Andrés y Hernández, 1992; Fig. 1.14). La zona

medular y la cortical se encuentran afectadas. Aparece en lesiones neoplásicas, inflamatorias y metabólicas (San Andrés y Hernández, 1992).

1.5.2. Osteogénesis o reacción perióstica.

Después de producirse la lisis ósea, la respuesta del hueso es la producción de hueso nuevo u osteogénesis (San Andrés y Hernández, 1992). La formación del nuevo hueso se establece a partir del periostio y comienza la aposición ósea debajo de esta membrana (San Andrés y Hernández, 1992). En general se clasifica en reacciones periósticas sólidas o discontinuas (San Andrés y Hernández, 1992).

a. Reacción perióstica sólida o continua. Ocurre cuando la lesión no es agresiva y tiende a la completa resolución formando una capa sólida (San Andrés y Hernández, 1992; Fig. 1.15). La neoformación puede ser delgada y lisa como una fina capa como ocurre en leucemias, osteomielitis y espondiloartropatías (Rothschild y Martin, 2006) o puede ser de mayor grosor con ondulaciones como en isquemias, fluorosis o artritis inflamatorias (Rothschild and Martin, 2006).

b. Reacción perióstica discontinua o interrumpida. Son generalmente representativas de procesos agresivos, activos y en su mayor parte malignos (San Andrés y Hernández, 1992). Pueden ser multilaminares, espiculares o amorfos (San Andrés y Hernández, 1992; Fig. 1.16).

Multilamelar. Se caracteriza por la presencia de elevaciones osificadas superpuestas, uno encima de otro, a modo de hojas de una cebolla (San Andrés y Hernández, 1992). Esta neoformación es indicativa de un proceso repetitivo, que se dio en varias etapas (San Andrés y Hernández, 1992). Es una forma poco frecuente de osificación (San Andrés y Hernández, 1992). Se presenta por traumatismos, infecciones o neoplasias (San Andrés y Hernández, 1992).

Espicular. Característica de lesiones semiagresivas donde se forman espículas paralelas, orientadas perpendicularmente a la diáfisis como “cabellos erizados” (San Andrés y Hernández, 1992). Se puede presentar en osteomielitis agudas, neoplasias malignas o por fracturas con movilidad (San Andrés y Hernández, 1992).

Amorfa. Es una reacción perióstica discontinua, de bordes poco definidos e irregulares, sin forma particular o específica (San Andrés y Hernández, 1992). Se presenta en muchas ocasiones a modo de espículas irregulares en forma de “rayos de sol” (San Andrés y Hernández, 1992). Se presenta en osteomielitis, osteopatía hipertrófica y neoplasias principalmente en osteosarcoma (San Andrés y Hernández, 1992).

Osteólisis generalizada

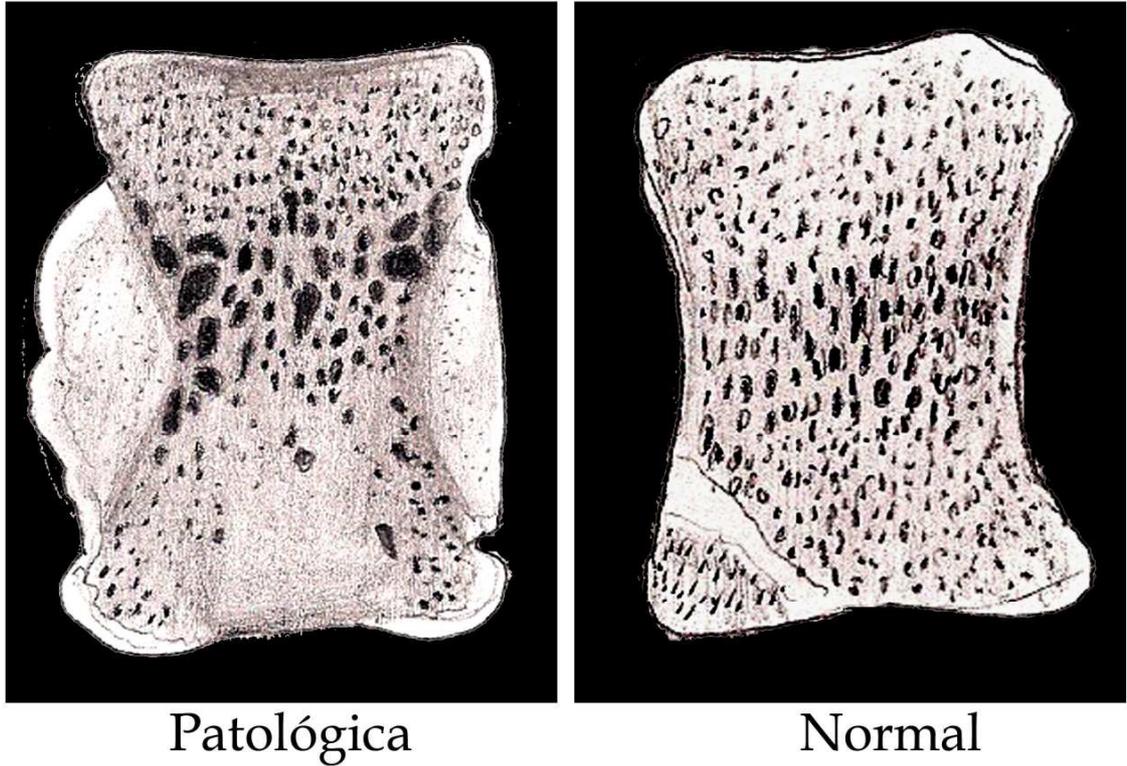


Figura 1.15. Ilustración de una respuesta osteolítica generalizada en una vértebra de *Dysalotosaurus* (ornitópedo), mostrando la parte interna del hueso (Modificado de Witzmann et al., 2011).

Osteólisis localizada geográfica

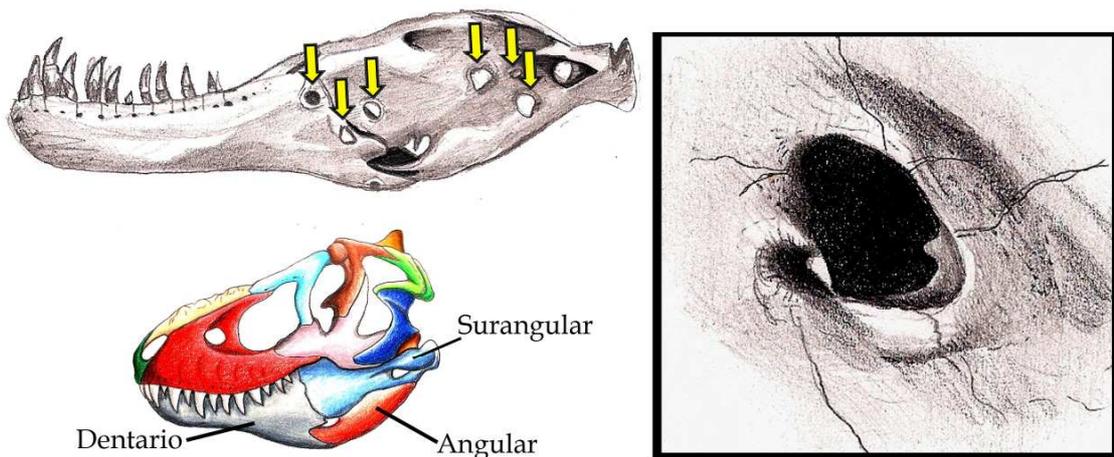
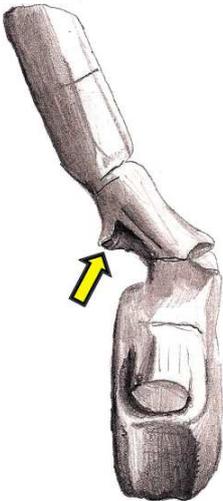


Figura 1.16. Ilustración de una respuesta osteolítica localizada geográfica en una mandíbula de *Tyrannosaurus* (terópodo). El recuadro muestra un acercamiento de la lesión (Modificado de Wolff et al., 2009).

Osteólisis localizada



Lisis apolillada



Lisis permeativa

Figura 1.17. Ilustración de una respuesta osteolítica localizada del tipo apolillada y permeativa de una vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza (ornitópodo).

Reacción perióstica continua

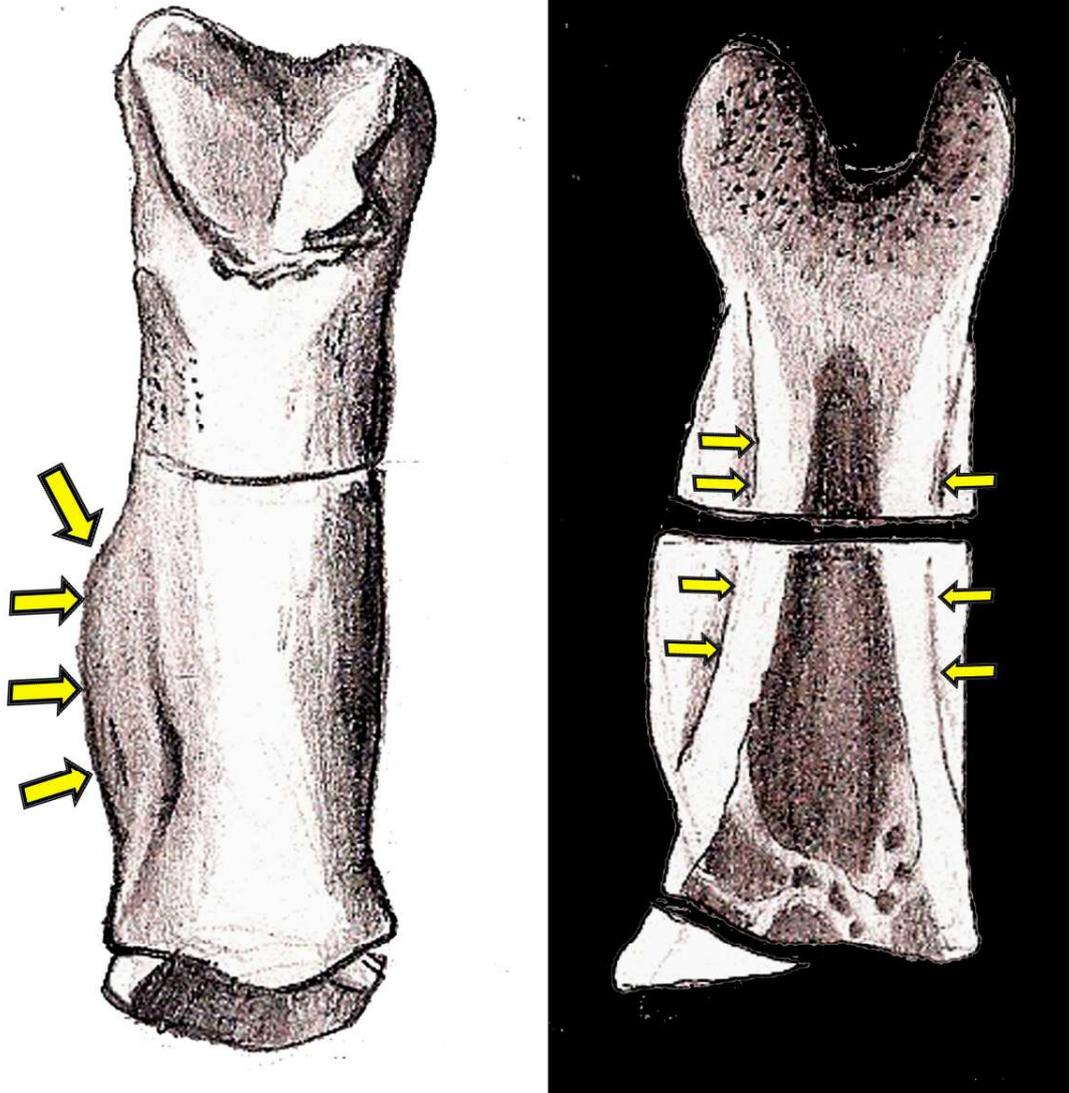


Figura 1.18. Ilustración de una respuesta perióstica continua en un falange en vista dorsal de *Talos* (terópodo), mostrando la superficie externa (izquierda) e interna (Modificado de Zanno et al., 2011).

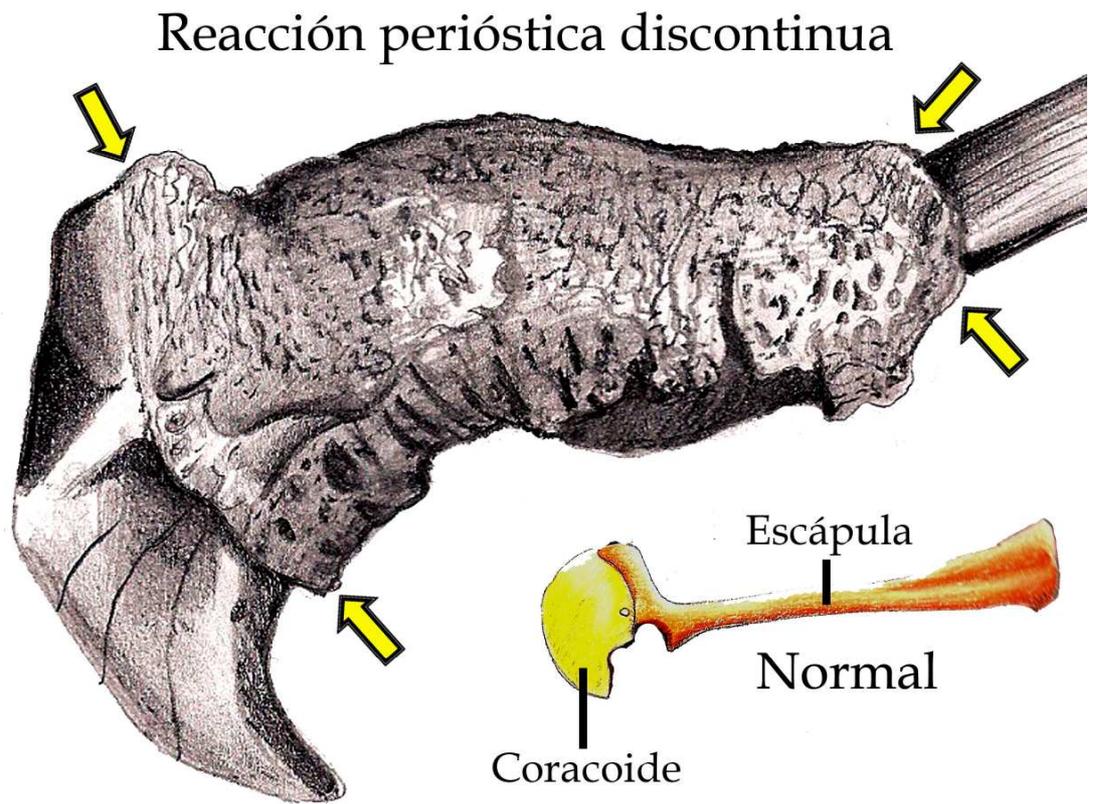


Figura 1.19. Ilustración de una respuesta perióstica discontinua de la escápula y coracoide de un *Gorgosaurus* (terópodo), en vista lateral (Modificado de Glut, 2006).

1.6. PATOLOGÍAS ÓSEAS.

En esta sección, solo se mencionan las patologías óseas que se usaron como diagnósticos diferenciales.

1.6.1. Patologías asociadas a procesos físico traumáticos.

Fracturas. Son la pérdida en la continuidad anatómica normal del hueso (Aluja y Cantón-Vanda, 2011), siendo las lesiones más comunes del esqueleto apendicular (Levine *et al.*, 2009). En general, se producen por la incapacidad del hueso a resistir a una acción mecánica (Gabilondo, 2003). Dependiendo del origen del mecanismo traumático, se clasifican en: directos, indirectos, por sobrecarga (o estrés) y secundarios a una patología (Lovell, 1997):

Las fracturas por traumatismos directos son originados por fuerzas de presión o depresión muy localizadas (Lovell, 1997). Estos pueden ocasionar fracturas de tipo transversas, penetrantes, conminutas o por aplastamiento (Lovell, 1997). El callo óseo resultante, histológicamente tienen un patrón acíclico en su crecimiento (Rega, 2012).

Las fracturas por traumatismos indirectos son ocasionados por la aplicación de fuerzas angulares y de torsión en el eje mayor del hueso (Lovell, 1997). Las fracturas originadas pueden ser del tipo oblicuas, espiral, de “tallo verde”, entre otras (Lovell, 1997). El callo óseo resultante, histológicamente tienen un patrón acíclico en su crecimiento (Rega, 2012).

Las fracturas por sobrecarga, son microfracturas perpendiculares al eje mayor del hueso (Lovell, 1997), originadas por actividades específicas (como correr o saltar) que implican una focalización de la carga mecánica repetitivamente en una zona del hueso (Lovell, 1997; Galtés *et al.*, 2007). Macroscópicamente se pueden resultar en la formación de un callo perióstico focal (tumoración pequeña y superficial; Rega, 2012). Histológicamente el callo óseo presenta un patrón cíclico (formado de varias capas) en su crecimiento (Rega, 2012).

Las fracturas secundarias a una patología, están asociadas a patologías sistémicas como los trastorno metabólico y deficiencias nutricionales, que debilitan la estructura interna del hueso, dejándolo vulnerable a fracturas espontáneas o a traumatismos menores (Lovell, 1997).

Gracias a la gran capacidad de reparación del hueso, la fractura se repara a través de tres fases: la inflamatoria, de reparación y remodelación (Aluja y Cantón-Vanda, 2011). En la primera fase se produce la hemorragia y el coágulo (Aluja y Cantón-Vanda, 2011). La etapa de reparación, es la formación del callo primario, formado de tejido fibrolaminar y subsecuentemente la consolidación del callo óseo por tejido laminar (Rega, 2012). Los callos óseos son proliferaciones del hueso que rodea toda la zona de la lesión de forma nodular externa (Rega, 2012). En la última etapa se refuerza la zona de mayor

estrés de la fractura (formando hueso Haversiano) y se reabsorbe el sobrante del callo óseo (Rega, 2012).

La reparación de las fracturas puede complicarse a causa del deficiente aporte sanguíneo, inestabilidad de los fragmentos y las infecciones secundarias (Aluja y Vanda-Cantón, 2011), originando no uniones, uniones retardadas o mal uniones de los fragmentos óseos (Lovell, 1997; Perumal y Roberts, 2007).

Reacciones periósticas “circunferenciales”. Se originan por traumatismos superficiales, que produce la separación del periosteo y una respuesta inflamatoria focal (Farke *et al.*, 2009). La lesión se observa como una cresta elevada y remodelada en la superficie del hueso, el cual corta el patrón normal trabecular del hueso dañado de manera transversal (Farke *et al.*, 2009).

Lesiones por avulsión. Son lesiones originadas por el desprendimiento de ligamentos que producen cambios pseudoperiósticos, como concavidades que interrumpen la superficie cortical o el desarrollo de exostosis (Rothschild y Martin, 2006). La lesión por avulsión, morfológicamente pueden observarse como una concavidad con superficie interna rugosa y bordes formados por pequeños surcos hacia lateral (Brochu, 2003). En ocasiones las avulsiones ocasionan fracturas por el desprendimiento de procesos articulares (Lovell, 1997).

1.6.2. Trastornos degenerativos y proliferativos.

Espondiloartropatías. Son un conjunto de lesiones artríticas óseas degenerativas e inflamatorias del esqueleto axial (Lacout *et al.*, 2008). Incluye a la espondilitis anquilosante, la artritis psoriásica y el síndrome de Reiter (Vallés-Arjonen *et al.*, 2010). Sus diversas manifestaciones morfológicas son: la formación de hueso reactivo (sindesmofitos), osificaciones de tendones, ligamentos o cápsulas sinoviales y erosiones o fusiones asimétricas de las articulaciones periféricas o axiales (Rothschild y Martin, 2006).

Espondilosis deformante. Es parte de las enfermedades degenerativas de la columna vertebral que se caracteriza por la formación de osteofitos en los márgenes ventrales y laterales de los cuerpos vertebrales (Thompson, 2007). En algunos casos es acompañado por la degeneración de las articulaciones sinoviales, y la anquilosis de éstas (Thompson, 2007).

Lesiones proliferativas no neoplásicas. Son un conjunto de enfermedades de distinto origen que causan la proliferación excesiva de hueso reactivo, callos óseos exuberantes o hasta procesos degenerativos como el desarrollo de osteofitos en osteoartropatía difusa, enfermedades hiperostóticas y osteocondromas (Aluja y Vanda-Cantón, 2011).

Los ostecondromas o exostosis son estructuras solitarias o múltiples no malignas que crecen en las metafisis cercanas a las fisis de crecimiento de huesos largos (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Tienen forma de seta u hongo, su tallo es una punta redondeada de hueso esponjoso y el sombrerillo está formado de cartílago hialino (López, 2003). Las complicaciones óseas que

pueden presentar son: deformidad del hueso donde se asientan y fracturas (Carpintero *et al.*, 2009).

Las enfermedades hiperostóticas son un grupo de patologías que comparten la formación anormal de hueso inmaduro o fibrolaminar, en forma de numerosas trabéculas dispuestas perpendicularmente al eje mayor del hueso (Francillion-Vieillot *et al.*, 1990). La hiperostosis ocurre como respuesta no específica de varias lesiones como: traumatismos, infecciones, alteraciones metabólicas, desbalance de vitaminas y minerales, hemorragias subperiósticas y neoplasias (Thompson y Pool, 2002). El grupo de las enfermedades hiperostóticas incluyen la osteopatía cráneo-mandibular, oteopatía hipertrófica, hiperostosis esquelética idiopática difusa (DISH) y hepatozoonosis canina (Thompson y Pool, 2002).

Artropatías degenerativas. También llamadas osteoartritis (termino de medicina humana; Rothschild y Martin, 2006) u osteoartrosis (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Este tipo de artropatías pueden ser de origen inmunomediadas o por envejecimiento, condrodisplasias, condrodistrofias y traumatismos repetitivos (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Se diferencian de las artritis al no tener el componente inflamatorio (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Los cambios óseos primarios son la remodelación, incremento de la densidad de la placa subcondral y formación de quistes en las metáfisis (Rothschild y Martin, 2006). Otro cambio morfológico importante es la formación de osteofitos (pequeños y de forma nodular) en los márgenes de la articulación diartrodiales (Thompson, 2007).

1.6.3. Trastornos inflamatorios.

Osteomielitis. Es la inflamación del canal medular y del hueso adyacente (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Se origina por la invasión de agentes bacterianos y micóticos que atraviesan los tejidos blandos, mediante las fracturas expuestas o por alguna septicemia vía vasos sanguíneos, estableciéndose en zonas de mayor irrigación sanguínea. Esta última vía de infección puede causar lesiones multifocales (Aluja y Vanda-Cantón, 2011).

Dependiendo del agente etiológico involucrado y el exudado que se produce, se divide en purulenta o piogénica, granulomatosa y piogranulomatosa o necróticas (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). La falta de preservación de células en los huesos fósiles, imposibilita la utilización de la clasificación anterior, por lo cual Rothschild y Martin (2006) proponen la clasificación en purulentas y no purulentas:

Las osteomielitis purulentas o piogénicas son formadas por bacterias que generan “pus” como *Staphylococcus* y *Escherichia* (Rothschild y Martin, 2006). Por lo general se localizan alrededor de las metáfisis de los huesos largos donde forman abscesos (Rothschild y Martin, 2006). Los abscesos se observan como cavidades elípticas con su eje mayor paralelo al eje mayor del hueso afectado (Rothschild y Martin, 2006). El margen de la cavidad es frecuentemente esclerótico y con bordes dentados. Ocasionalmente, estas lesiones generan un ensanchamiento difuso del hueso (Rothschild y Martin,

2006; Fig. 3.19). En ocasiones se encuentran fragmentos de huesos al interior del absceso denominados secuestros (Aluja y Vanda-Cantón, 2011).

Las osteomielitis no purulentas (granulomatosas o piogranulomatosas) son causadas por bacterias como *Mycobacterium*, hongos como *Blastomyces* y *Aspergillus* y raramente protozoarios como *Trichomona* (Rega, 2012). Estos agentes, causan reacciones líticas rodeadas por zonas de resorción (de textura lisa) como en la tuberculosis, o “frentes de resorción” (con bordes de textura apolillada) en infecciones micóticas (Rothschild y Martin, 2006).

Pododermatitis. Son infecciones en las patas causadas por factores locales como cuerpos extraños (espinas o astillas), traumatismos o por contacto a agentes químicos (Candanosa-Aranda y Argüero, 2011). Afecta a las falanges y los cascos de los caballos y los bovinos (Candanosa-Aranda y Argüero, 2011).

Espondilitis infecciosas u osteomielitis vertebrales. Son infecciones en vértebras, caracterizadas morfológicamente por ser lesiones altamente osteolíticas, provocando el colapso del cuerpo vertebral (Rothschild y Martin, 2006). Los abscesos se encuentran hacia lateral del cuerpo vertebral y en algunas ocasiones se puede encontrar el exudado granulomatoso osificado, invadiendo otros huesos adyacentes como las costillas (Rothschild y Martin, 2006).

1.6.4. Trastornos del desarrollo.

Anemia hemolítica. Es un desorden genético que produce hemoglobinas anormales (Rothschild y Martin, 2006). Las alteraciones óseas que produce esta enfermedad son la expansión de la cavidad medular, atrofia de la trabéculas (aumentando el tamaño de los espacios interóseos) y adelgazamiento de la cortical (Rothschild y Martin, 2006). Estas alteraciones óseas son producto de la hiperplasia de la médula ósea en el hueso diplöe, presente en los huesos del dermatocráneo y en el hueso esponjoso en los elementos axiales como las vértebras y las costillas torácicas (Rothschild y Martin, 2006).

Osteogénesis imperfecta. Es una disminución de la masa ósea originada por una mutación en los genes que codifican para la colágena tipo 1 y la osteonectina (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). La escasa masa cortical así como poco hueso trabecular en las epífisis predisponen a fracturas múltiples (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Se caracteriza por el arqueamiento de los huesos largos (Aluja y Vanda-Cantón, 2011).

Discondroplasia u osteocondrosis. Es una lesión que afecta la superficie articular, principalmente en animales de corral con limitación de sus movimientos (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Se origina por una falla en la diferenciación del cartílago o por un acelerado osteogénesis, lo cual provoca la retención del cartílago en la zona subcondral de una articulación y posterior necrosis (Rothschild y Tanke, 2007; Aluja y Vanda-Cantón, 2011).

Sinostosis metacarpal congénita. Es una malformación congénita rara en humanos con morfología diversa respecto a la ubicación de la fusión de los elementos (Foucher *et al.*, 2001). Radiológicamente presentan una imagen muy homogénea radiolúcida en su interior (Foucher *et al.*, 2001).

1.6.5. Trastornos vasculares.

Aneurismas. Son dilataciones saculares circunscritas de las arterias ocasionados por la debilidad de la pared arterial (Trigo, 2011). En ocasiones, los aneurismas al presionar contra el hueso, dejan marcas en forma de erosiones cóncavas (Rothschild y Martin, 2006). Morfológicamente, las erosiones presentan una osteolisis apolillada en el interior de la lesión y bordes irregulares con textura lisa (obs. pers.).

1.6.6. Neoplasias.

Una neoplasia es una proliferación celular incontrolada e incoordinada, formando una masa anormal, persistiendo después de retirar el estímulo que indujo el cambio (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Las neoplasias que afectan al hueso provienen de células mesenquimatosas que pueden dar origen a osteoblastos, condroblastos, fibroblastos, angioblastos o histiocitos (Aluja y Vanda-Cantón, 2011).

Las neoplasias se dividen en benignas o malignas, dependiendo de su grado de agresividad: las malignas se caracterizan por ser expansivas, invasivas del hueso normal, de apariencia lítica y no presentar borde definidos como los condrosarcomas y osteosarcomas (López, 2003). Por otro lado, las benignas, sus bordes son bien delimitados, focales de apariencia osteogénica y con superficies lisas, como los hemangiomas, oteomas y fibromas osificante (López, 2003).

Condrosarcoma. Neoplasia maligna que ataca la unión costo-vertebral (Levine *et al.*, 2009), los huesos planos y costillas (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Morfológicamente genera expansiones del hueso cortical de forma oval o redondeadas con adelgazamiento de la cortical (Rothschild y Martin, 2006) originados de la región medular (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). En ocasiones se aprecia una destrucción irregular de la corteza, que deja al descubierto un espacio inflado y hueco, con calcificaciones irregulares en su interior (López, 2003).

Hemangiomas. Neoplasia edotelial benigna que emerge preferencialmente del tejido subcutáneo (Trigo, 2011). En el hueso produce cambios en el arreglo de las trabéculas originando un patrón vertical o de “rayos de sol” y de “panal de abeja grueso”, expandiendo al hueso esponjoso y adelgazando la cortical (Rothschild y Martin, 2006).

Osteomas. Son neoplasias benignas con forma redondeada u oval y se forma desde la zona cortical o desde la zona subperióstica en los huesos del

cráneo (Thompson y Pool, 2002). Radiológicamente es radiopaca con bordes bien definidos (López, 2003).

Fibromas osificados. Es una neoplasia benigna con predilección en la zona rostral de las mandíbulas de jóvenes caballos (Thompson y Pool, 2002). Su morfología externa es muy similar al osteoma por lo cual se llega a confundir y solo se pueden diferenciar vía histología (Thompson y Pool, 2002). Los fibromas osificados por lo general se les suele encontrar de manera bilateral (Thompson y Pool, 2002).

II. HIPÓTESIS.

En México los estudios paleopatológicos son escasos y poco abordados. Por esto una revisión de las colecciones científicas nacionales con restos fósiles de dinosaurios del Cretácico Tardío permitirá la identificación de huesos anómalos, que conserven suficientes características para determinar el agente o agentes patológicos que les dieron origen.

III. OBJETIVOS.

1. Identificar huesos fósiles dinosaurios con anomalías en su estructura morfológica.
2. Describir los rasgos patológicos externa como internamente de los huesos fósiles.
3. Comparar las lesiones óseas de los dinosaurios con las lesiones óseas de otros vertebrados actuales.
4. Determinar el o los agentes patológicos que dieron origen a las paleopatologías.

IV. LÍMITES DEL TRABAJO.

A pesar de que en este trabajo se describen patrones anómalos en el tejido óseo de los dinosaurios, y se proponen las causas o la acción de ciertos agentes patógenos. No se abordó el análisis de otras posibles evidencias (químicas) que pudieran corroborar o rechazar los resultados obtenidos. Para ello sería necesario establecer otros protocolos de investigación que aborden análisis químicos que se proyecten más allá de la simple descripción histológica del tejido óseo anómalo.

Un problema recurrente al abordar el estudio de las estructuras histológicas del tejido óseo anómalo fue la necesidad de cortar y laminar fragmentos de huesos enfermos. Esta dificultad fue encabezada por algunos curadores e investigadores encargados del resguardo de estos materiales. Las políticas de conservación del material fósil se centran en un criterio meramente taxonómico en el cual la morfología es el eje principal para validar los estudios paleontológicos.

V. ANTECEDENTES.

5.1. HISTORIA DE LA PALEOPATOLOGÍA EN DINOSAURIOS.

La palabra paleopatología fue creada en 1882 por Schufeldt y posteriormente publicada en 1893. Pero se considera como padre de esta ciencia a Sir Marc Armand Ruffer (1913) por dar la definición actual de la paleopatología como “la ciencia que ha podido demostrar la presencia de enfermedades en los restos humanos y animales de tiempos antiguos” y por ser el primero en llevar estudios de enfermedades antiguas en momias egipcias (Swinton, 1981).

El primer hallazgo de un hueso fósil con alteraciones patológica fue informado en 1774 por E.J.C. Esper, quién la describió como osteosarcoma en un fémur de oso (Moodie, 1923a). Eudes-Deslogchamps en 1838 documentó la primera patología en un dinosaurio terópodo, *Poekilopleuron bucklandii* del Cretácico de Francia. En este trabajo se incluye una descripción detallada de la fusión del chevrón al cuerpo vertebral caudal y una patología de etiología incierta que afectó una falange pedal (Eudes-Deslogchamps, 1838). Desafortunadamente, este material fue destruido durante la Segunda Guerra Mundial (Tanke y Rothschild, 2002).

La importancia y los alcances de esta nueva ciencia hacia la antropología, paleontología, la medicina y la veterinaria cobraron auge gracias al paleontólogo anatomista Roy L. Moodie, quién publicó varios artículos (Moodie, 1916; 1926; 1930a; 1930b) y creó grandes compendios sobre patologías antiguas, como *Paleopathology An introduction to the study of ancient evidences of disease* (1923a) y *The antiquity of disease* (1923b). En estos trabajos se mencionan hallazgos patológicos en dinosaurios saurópodos del Jurásico, y en terópodos y ornitópodos del Cretácico del Estado de Wyoming.

Después de 1930, el estudio de patologías antiguas fue casi olvidado, en algunos trabajos descriptivos de dinosaurios, a veces se mencionaban pero no se hacían un estudio detallado de la anomalía en el hueso fósil, como lo había hecho Eudes-Delogchamps y Moodie. Gracias al trabajo conjunto del médico Bruce M. Rothschild y el paleontólogo curador Larry D. Martin de la Universidad de Kansas, publicaron varios hallazgos paleopatológicos a partir de 1985. Más tarde junto con el paleontólogo Darren H. Tanke del Museo Royal Tyrrell de Paleontología de Alberta, Canadá aumentaron el número de publicaciones respecto al tema, sin embargo la gran mayoría de los hallazgos patológicos que se describen son de dinosaurios de Canadá, EUA e Inglaterra pertenecientes al Jurásico y Cretácico respectivamente (Rothschild and Martin, 1993; Rothschild, 1997; Tanke y Rothschild, 2011).

En la actualidad, gracias a los avances de nuevas tecnologías aplicados en el estudio de las patologías (como el escaneo por tomografías computarizadas) y el creciente interés, poco a poco han surgido nuevos hallazgos paleontológicos en dinosaurios ornitópodos de España del Cretácico (Canudo *et al.*, 2005); ceratopsios de China del Cretácico (Lü *et al.*, 2006); terópodo de Madagascar del Cretácico (Farke y O’connor, 2007); ornitópodos

del jurásico de Tanzania (Witzmann *et al.*, 2008); terópodos del Jurásico (Xing *et al.*, 2009) y del Cretácico de China (Rothschild *et al.*, 2012), anquilosaurios de EUA, Inglaterra y Mongolia del Cretácico (Arbour y Currie, 2011) y recientemente en paquicefalosaurios de EUA del Cretácico (Peterson y Vittore, 2012).

5.2. LA PALEOPATOLOGÍA EN MÉXICO.

En México, la paleopatología ha sido abordada sólo por los antropólogos físicos (Rodríguez, 2003). Está fue impartida desde 1937 como una materia del Departamento de Antropología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) que posteriormente daría origen en 1942 a la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH) (Rodríguez, 2003). Desde entonces es la única formadora de antropólogos físicos con conocimientos en paleopatología (Rodríguez, 2003). Estos estudios se centran en su mayoría en las enfermedades de poblaciones humanas antiguas, dejando en segundo término las enfermedades en los animales antiguos.

5.2.1. La paleopatología de dinosaurios mexicanos.

Desde 1926, la paleontología de dinosaurios mexicanos, en muchos casos se ha concentrado en aspectos taxonómicos, mientras que otros aspectos biológicos importantes, tales como la caracterización de rasgos patológicos no fueron abordados a detalle. Solo cinco trabajos (Morris, 1981; Hernández-Rivera, 1997; Tanke y Rothschild, 2002; Kirkland *et al.*, 2006; Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012) fueron recopilados donde se hacía mención o descripción de una anomalía en el hueso de un dinosaurio mexicano.

Morris (1981) informa y lleva a cabo una descripción del primer hallazgo patológico en un dinosaurio mexicano. En él se describe una nueva especie *Lambeosaurus laticaudus* (ahora llamado *Magnapaulia laticaudus* por Prieto-Márquez *et al.*, 2012) determinada por varios ejemplares, encontrado en El Rosario, Baja California del Cretácico Tardío. Morris (1981) describe una tibia (LACM 11711) con la porción distal deformada, a causa por mal crecimiento o por mala resolución de una fractura traumática y junto con esto una depresión profunda (6 cm) en la superficie articular de la misma tibia (Fig. 1.17). Morris creía que *L. laticaudus* era un dinosaurio semiacuático, y proponía que semejante patología lo haría incapaz de estar en tierra firme, por lo tanto pasaría gran parte de su vida en el agua, dando la primera interpretación paleobiológica en un dinosaurio mexicano. Morris (1981) sugiere un origen traumático de la lesión provocada por un terópodo carnívoro.

Posteriormente en 1997, Hernández-Rivera hace una mención de una mano izquierda patológica para el ejemplar tentativamente identificado como *Kritosaurus* (IGM 6583), colectado en el Ejido Presa de San Antonio, Municipio de Parras de la Fuente en el estado de Coahuila. En el trabajo de tesis de Serrano-Brañas (2006) describe el material IGM 6583 pero sin mencionar la mano patológica y lo asigna a otro género: *Gryposaurus*. (Recientemente

Gryposaurus sp. IGM 6583, fue reasignado a la especie *Latirhinus uitstlani* por Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012).

En la revisión bibliográfica de paleopatologías en dinosaurios hecha por Tanke y Rothschild (2002) se incluye una revisión del trabajo de Morris (1981). En él mencionan la tibia patológica que describe Morris (1981) y sugieren una vértebra torácicas ilustradas con la espina neural desviada lateralmente (vértebras caudales proximales, en realidad) de origen patológica (Fig. 1.19). Según Tanke y Rothschild (2002) la moderada angulación hacia caudal es muy semejante a las fracturas encontradas en los hadrosaurios del Dinosaur Provincial Park en Alberta, Canadá. Por lo cual puede ser producto de traumatismo (Tanke y Rothschild, 2002). Esta patología no la menciona Morris (1981) en su trabajo original.

En el 2006, Kirkland, Hernández-Rivera, Gates, Paul, Nesbitt, Serrano-Brañas y García de la Garza mencionan una perforación subtriangular en la superficie de la fosa glenoidea del ejemplar de *Kritosaurus* sp. PASAC-1 (Fig. 1.19). Los autores no comentan el origen de la lesión ni las dimensiones de la lesión.

Por último, Prieto-Márquez y Serrano-Brañas (2012) ilustran la fusión patológica entre el metatarso III y IV (mencionada por Hernández-Rivera, 1997) y es identificada como una patología, al igual que una fractura oblicua en el húmero izquierdo (Fig. 1.20). Sin embargo, los autores no identifican el origen de las lesiones y sus posibles implicaciones.

Es por ello que este trabajo se encargará de hacer el primer estudio sistemático y detallado de paleopatologías óseas en dinosaurios mexicanos, descartando los que son rasgos tafonómicos y dando una explicación de las implicaciones biológicas de las lesiones hacia los distintos dinosaurios.

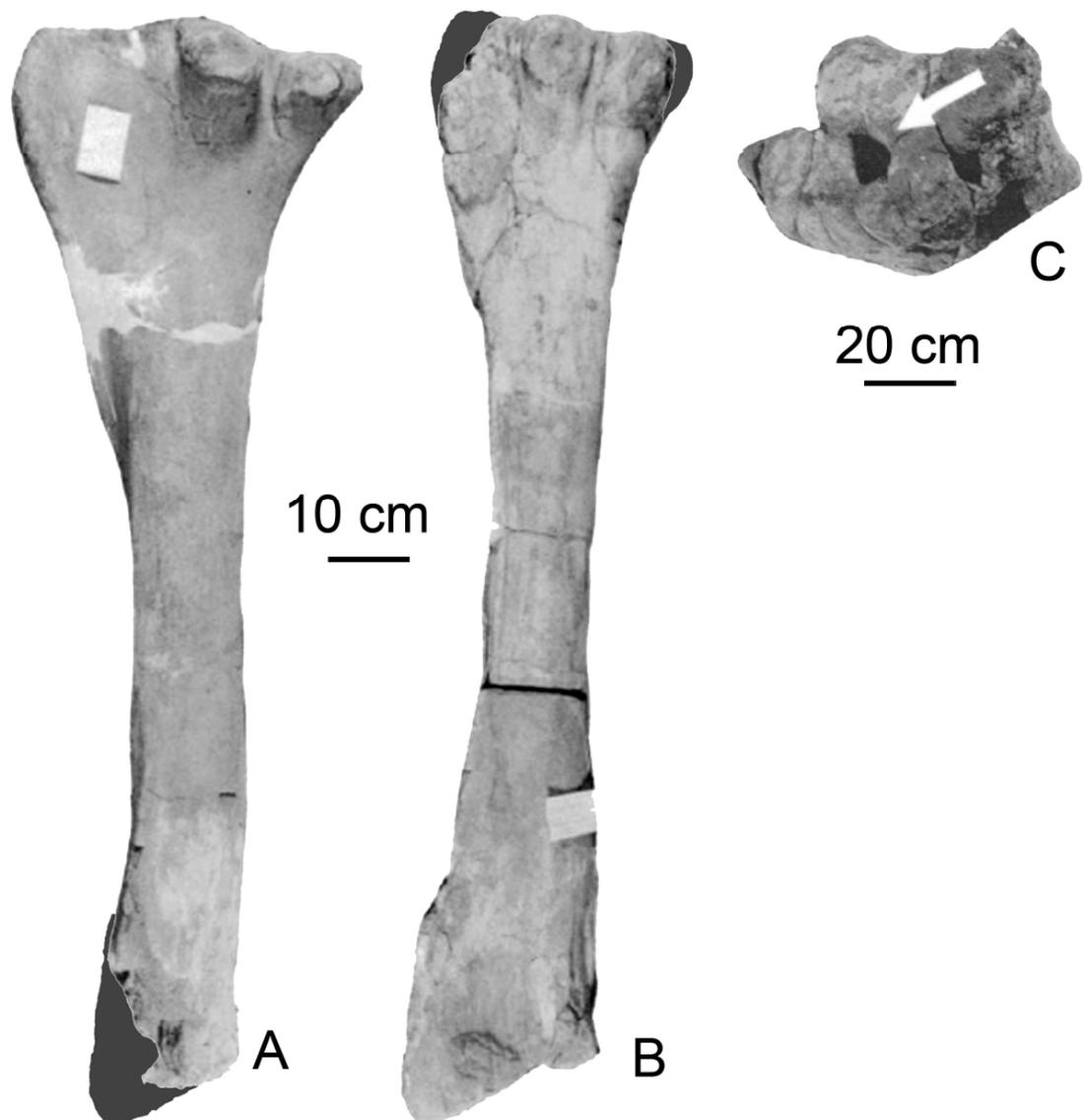


Figura 5.1. Tibias de *Magnapaulia laticaudus*. A, tibia normal (LACM 17706) en vista lateral; B, tibia patológica (LACM 17711) en vista lateral; C, vista proximal de la tibia patológica (LACM 17711) ubicando la lesión mediante una flecha (Tomado de Morris, 1981).

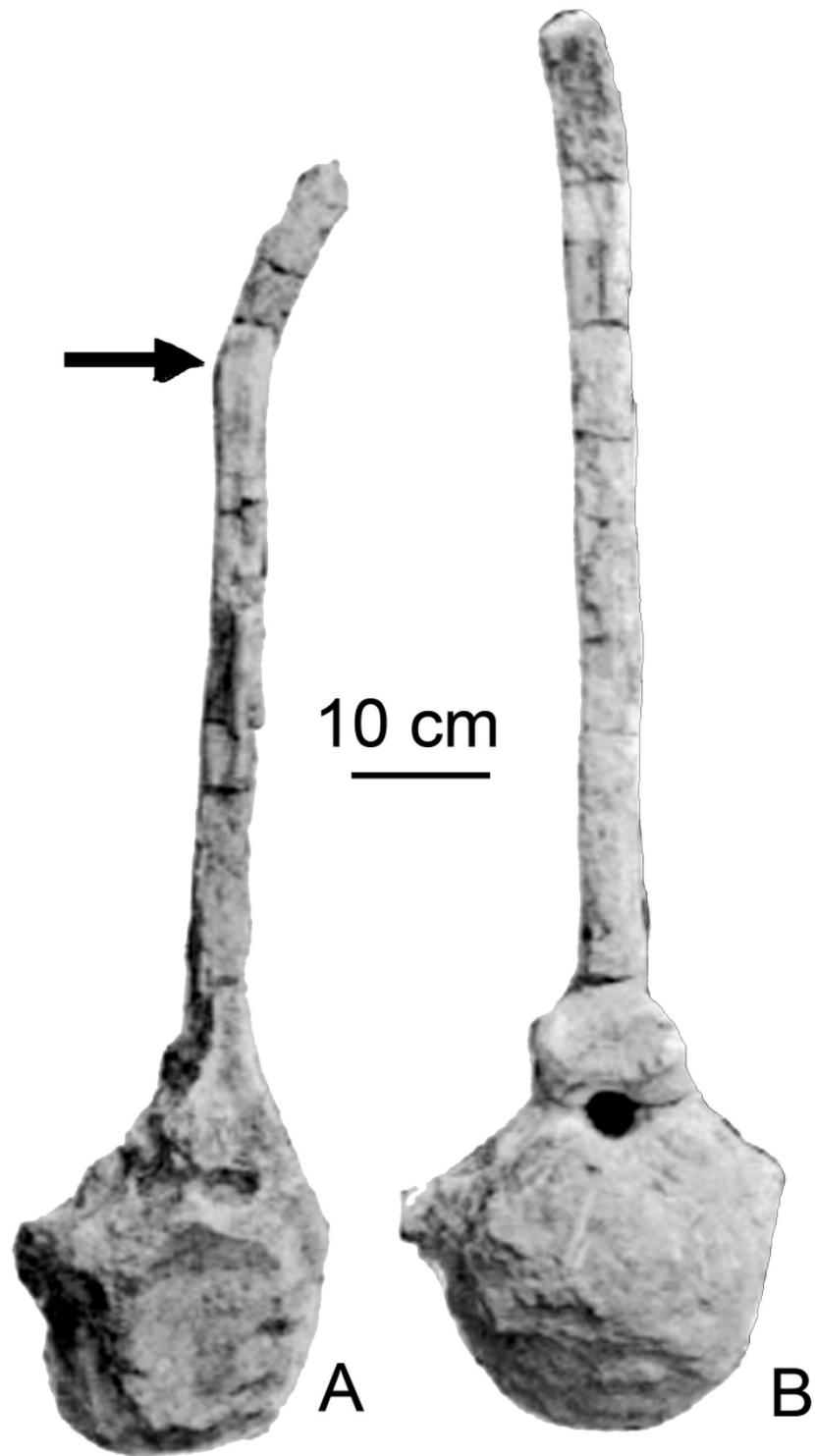


Figura 5.2. Vértebras caudales de *Magnapaulia laticaudus* (LACM 28990) en vista craneal. A, normal; B, patológica La flecha indica la localización de la lesión (Tomado de Morris, 1981).

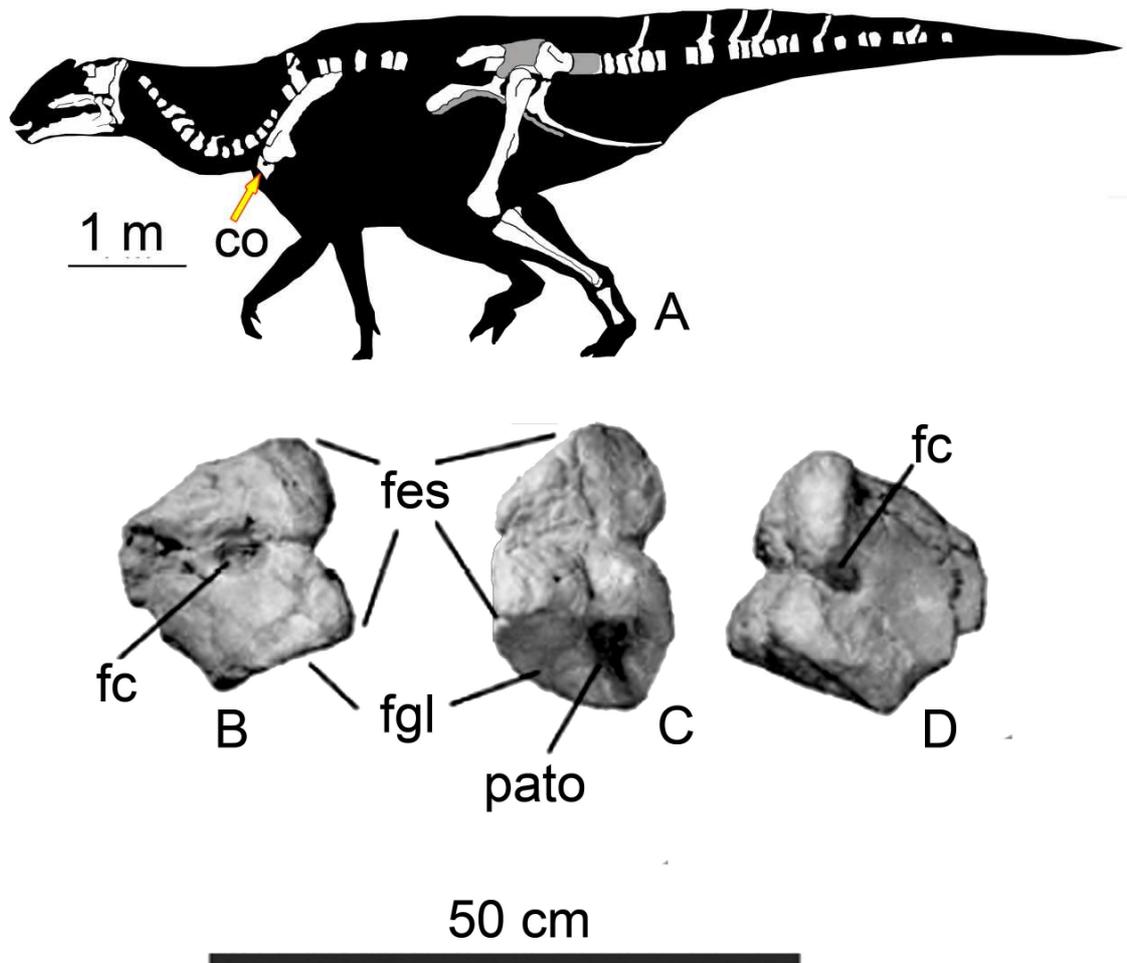


Figura 5.3. Posible patología del *Kritosaurus* (PASAC-1). A, huesos localizados del ejemplar PASAC-1, ubicando con una flecha el coracoide patológico. B, vista lateral izquierdo, C, vista proximal y D, vista lateral derecho del coracoide mostrando la patología (Tomado de Kirkland et al., 2006). **Abreviaturas:** fes, faceta escapular; fc, forámen del coracoide; fgl, fosa glenoidea; pato, patología.

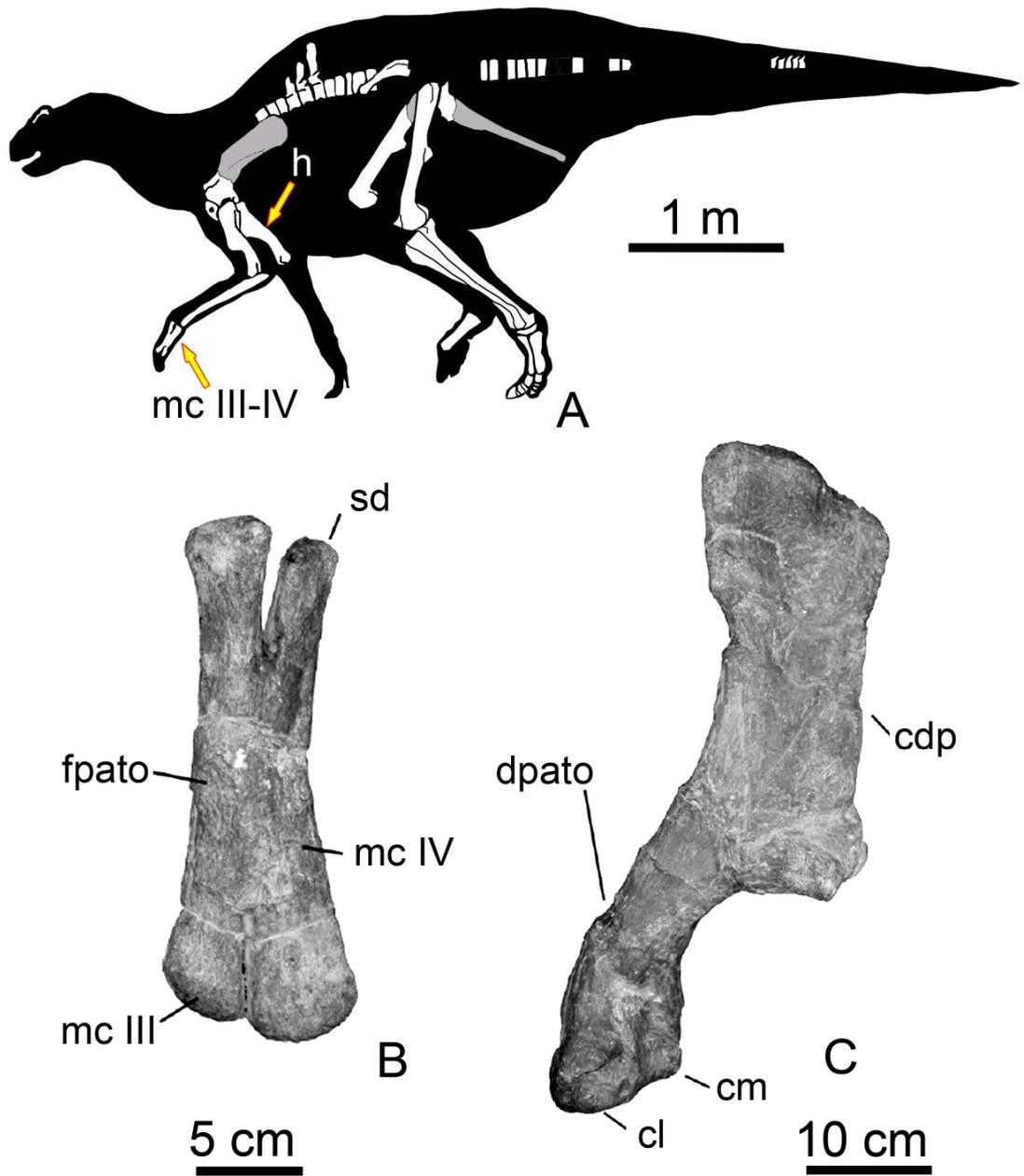


Figura 5.4. Posibles patologías de *Latirhinus uitstlani*. A, huesos localizados del ejemplar IGM 6583, ubicando con una flecha los metacarpos y el húmero. B, vista dorsal de los metacarpos, C, vista lateral del húmero izquierdo (Tomado de Prieto-Márquez and Serrano-Brañas, 2012). **Abreviaturas:** cdp, cresta delto-pectoral; cl, cóndilo lateral; cm, cóndilo medial; dpato, distorsión patológica; fpato, fusión patológica; h, húmero; mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV; sd, superficie distal.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1. REVISIÓN DE LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS MEXICANAS.

6.1.1. Ubicación de las colecciones paleontológicas.

1. Colección Nacional de Paleontología (IGM), ubicada en el Museo María del Carmen Perrilliat, dentro del Instituto de Geología de la UNAM (IGLUNAM), D.F. Como parte de la misma colección, presenta tres depositarios temporales para el material no catalogado y en preparación: dos de ellas localizadas dentro del mismo instituto (el laboratorio de paleontología y la litoteca), y uno dentro del laboratorio de paleontología del Museo del Instituto de Geología, UNAM.
2. Colección paleontológica de la Estación Regional del Noroeste de Sonora (ERNO), como una extensión del Instituto de Geología, UNAM, ubicada en el Estación regional del mismo nombre, en el Municipio de Hermosillo, Sonora.
3. Colección paleontológica del Municipio de Fronteras, ubicada temporalmente, en la antigua prisión del Palacio Municipal de Fronteras, Sonora.
4. Colección Paleontológica de Coahuila (CPC), ubicada dentro del Museo del Desierto (MUDE), en el Municipio de Saltillo, Coahuila.
5. Colección paleontológica de la Secretaría de Educación Pública de Coahuila (SEPC) alojado en el Museo del Desierto (MUDE), en el Municipio de Saltillo, Coahuila.
6. Colección paleontológica de la Benemérita Escuela Nacional de Coahuila (BENC), ubicada en el edificio del mismo nombre, Saltillo, Coahuila.
7. Colección paleontológica del Instituto Nacional de Antropología e Historia de Saltillo (INAH, Saltillo), Saltillo, Coahuila.
8. Colección particular (en trámites para ser reconocida por el INAH, como colección oficial) de Claudio de León (CLEón) ubicado en Jesús Perales G.421, Colonia Magisterio, Saltillo, Coahuila.

6.1.2. Búsqueda sistemática de huesos patológicos.

Para cada colección paleontológica se utilizó el orden de los estantes de acuerdo a los curadores o responsables de las colecciones respectivamente. Posteriormente se determinó un orden numérico de arriba hacia abajo de las gabetas de cada estante y se le dio un orden alfabético para cada caja.

Para cada caja, 1) se tomó la información de la tarjeta de datos (nombre de la localidad, número de la localidad, taxón, edad geológica, Formación y litología); 2) se contabilizó el número de elementos óseos (fragmentos o huesos completos) totales; 3) y por último se contabilizó el número de elementos óseos con rasgos patológicos.

6.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS PALEOPATOLOGÍAS.

Para la determinación e identificación de un hueso patológico se utilizó la aproximación del actualismo biológico o uniformitarismo, “el presente es la clave para conocer el pasado” empleado primeramente por Moodie (Rega, 2012). Para llevarlo a cabo se empleó los siguientes pasos:

1. Identificación taxonómica de los elementos óseos utilizando el manual *Guide to common vertebrate fossil from the Cretaceous of Alberta* editado por Howard Allen.
2. Identificación de hueso normal contra anormal.
3. Diferenciación entre rasgos tafonómicos y lesiones óseas, utilizando los trabajos mencionados en el subcapítulo 1.2.
4. Determinación del tipo de lesión ósea utilizando el trabajo de Bruce M. Rothschild y Larry D. Martin *Skeletal Impact of Disease* (2006).
5. Descripción morfológica y obtención de datos merísticos de los elementos óseos basados en Lucas *et al.*, (2006) y modificados por Ramírez-Velasco (2009).
6. Comparación con patologías modernas y paleopatologías en dinosaurios, utilizando bibliografía y observaciones personales de las piezas del Museo anatomopatológico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica de la UNAM.
7. Dependiendo de las reglas curatoriales y de la calidad del material, se llevó a cabo una descripción macroscópica interna y/o descripción histológica, utilizando tomografías computarizadas y cortes y pulido de superficies internas.

6.3. TOMA DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS.

Las tomografías computarizadas se realizaron con el tomógrafo Sinus 0:6 HGOS en la Unidad PET/CT (Tomografías por Emisión de Positrones y Tomografías Computarizadas) CICLOTRÓN de la facultad de Medicina de la UNAM. Cada ejemplar fué escaneado a 140 kVp y 200 mA. Con cortes en plano dorsal, transversal y mediano con series de 0.6 mm para las piezas medianas (20-10 cm) y de 0.3 mm para las piezas grandes (de 50 cm hasta 3 m). Las imágenes fueron reformateadas en plano dorsal, transversal y mediano. Por último, las vistas fueron visualizadas utilizando el programa Syngo Fastview de la empresa SIEMENS.

6.4. CORTE Y PULIDO DE SUPERFICIES.

Los cortes histológicos se realizaron en el laboratorio de laminado del departamento de paleontología del Instituto de Geología, UNAM. Se hicieron cortes transversales a huesos largos y longitudinales a vértebras. Posteriormente la superficie de corte se pulio utilizando abrasivos de mayor grosor hasta los de menor grosor. Para la observación de las superficies pulidas se utilizó un microscópio estereoscópico.

VII. RESULTADOS.

Se revisaron 9446 huesos completos y fragmentos de dinosaurios provenientes de las colecciones paleontológicas mexicanas del Instituto de Geología, UNAM (D.F.), Museo del Desierto, Benemérita Escuela Nacional de Coahuila, INAH (las tres de Coahuila) y la Estación Regional del Noroeste, UNAM (Sonora). Del total, taxonómicamente representaban 92.5% de ornitópodos (hadrosaurios), 2.8% de terópodos, 2.8% de ceratópsidos, 1.6% de saurópodos y 0.02% de anquilosaurios (Fig. 2.1).

Dentro del material de ornitópodos se hallaron solo 0.4% de huesos con lesiones, para los terópodos 0.4% y para ceratópsidos 0.8%. En lo que respecta a los saurópodos y los anquilosaurios no se hallaron patologías (Fig. 2.1).

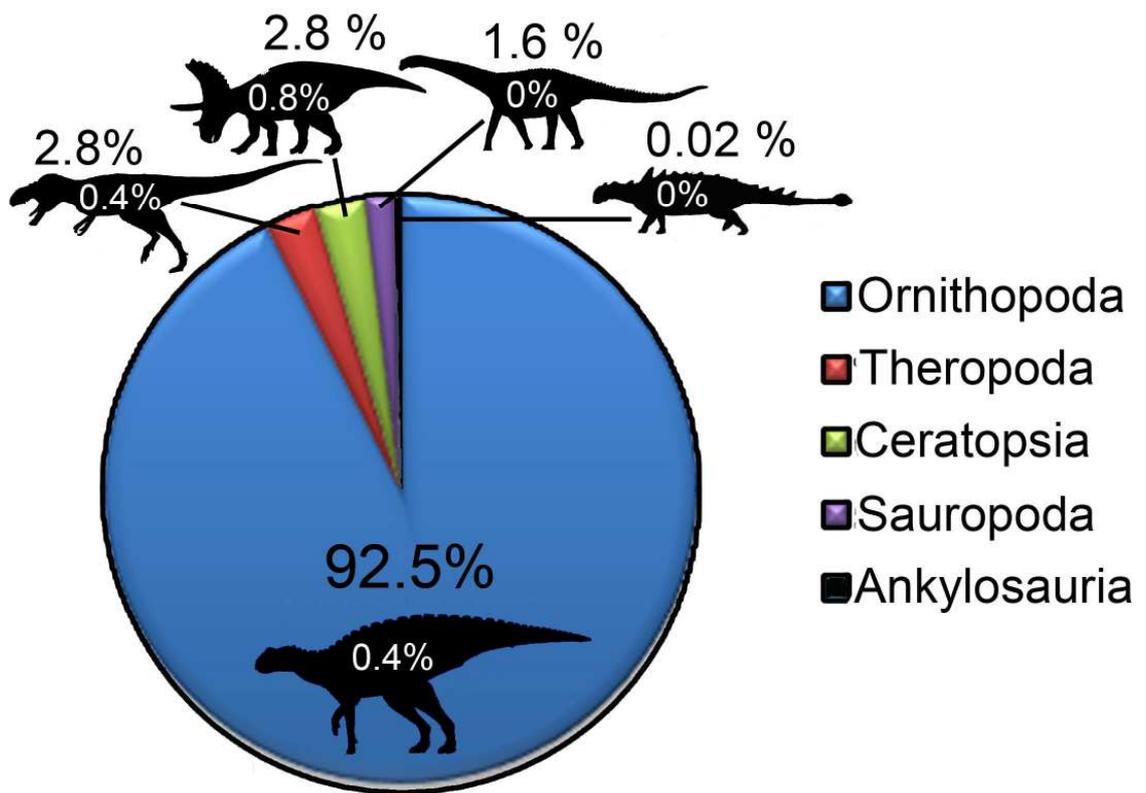


Figura 7.1. Porcentaje de fragmentos óseos y huesos completos de cada grupo de dinosaurios cuatificado a partir de las Colecciones paleontológicas. En el interior de cada silueta está el porcentaje de huesos con patologías dentro de cada grupo.

Cuadro 7.1. Resumen de los fósiles de dinosaurios mexicanos identificados con patologías óseas y sus probables diagnósticos diferenciales.

Grupo taxonómico y/o especie	Colección	Localidad	Municipio y Estado	Formación	Huesos con patologías y diagnósticos diferenciales compatibles.
Ornithopoda: <i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (IGM 6253).	IGM (Museo María del Carmen Perrilliat)	Barranca Los Bonetes	Tuzantla, Michoacán	Sin nombre	<u>Vértebra, costilla anterior y posterior torácicas</u> : anemia hemolítica, hemangioma, osteomielitis o enfermedad desconocida con espondiloartropatía secundaria. <u>Vértebra caudal</u> : espondiloartropatía, trastorno físico traumático con deformación secundaria o trastorno del desarrollo.
Ornithopoda: Hadrosauridae Rojas IA	IGM (Museo María del Carmen Perrilliat)	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Costilla torácica</u> : fractura traumática o fractura por sobrecarga.
Ornithopoda: Hadrosauridae Rojas IB	IGM (Museo María del Carmen Perrilliat)	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Costilla torácica</u> : fractura traumática o fractura por sobrecarga.
Ornithopoda: Hadrosauridae HB	IGM (Museo de Geología y SEPC (MUDE))	Rincón Colorado (HB)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Vértebra caudales</u> : espondiloartropatía, espondilosis deformante o enfermedad hiperostótica. <u>Fíbula</u> : fractura por sobrecarga con deformación secundaria, fractura traumática u osteogénesis imperfecta.
Ornithopoda: Hadrosauridae SEPC	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Isquion y costilla torácica</u> : reacción perióstica "circunferencial", fractura por sobrecarga o fractura traumática directa.
Ornithopoda: Hadrosauridae SEPC CD1	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Falanges</u> : discondroplasia (u osteocondrosis), osteomielitis o artropatía degenerativa.
Ornithopoda: Hadrosauridae BENC 1/1-0009	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Falange</u> : osteomielitis no purulenta o pododermatitis.
Ornithopoda: Hadrosauridae BENC 18/1-0901	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Costilla torácica</u> : reacción perióstica "circunferencial", fractura de sobrecarga o fractura traumática directa con deformación secundaria.
Ornithopoda: Hadrosauridae Cañon del Oso	IGM (Museo María del Carmen Perrilliat)	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	<u>Vértebra cervical</u> : neoplasia maligna.
Ornithopoda: Hadrosauridae Las Garzas A	IGM (Litoteca)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	<u>Vértebra torácica</u> : fractura traumática o trastorno del desarrollo.
Ornithopoda: Hadrosauridae Las Garzas B	IGM (Litoteca)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	<u>Vértebra caudal</u> : neoplasia benigna o enfermedad hiperostótica. <u>Falange</u> : osteomielitis, artropatía degenerativa, fractura traumática o enfermedad desconocida.
Ornithopoda: Hadrosauridae La Esperanza	IGM (Litoteca)	La Esperanza	Ocampo, Coahuila	Aguja	<u>Vértebra caudal</u> : espondiloartropatía en fase aguda o espondilitis infecciosa.
Ornithopoda: Hadrosauridae El Alamito	Fronteras	El Alamito	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	<u>Costilla torácica</u> : reacción perióstica "circunferencial", fractura por sobrecarga o fractura traumática directa.
Ornithopoda: <i>Latirhinus uitstlani</i> .	IGM (Museo de	Presa San Antonio	Parras de la Fuente,	Cerro del Pueblo	<u>Metatarsos</u> : sinostosis metacarpal congénita o sinostosis por fractura

(IGM 6583)	Geología)	(Coah 14)	Coahuila		traumática directa. <u>Fíbula</u> : fractura traumática directa con deformación secundaria u osteogénesis imperfecta. <u>Tibia</u> : osteocondrosis (exostosis) o artropatía degenerativa.
Ornithopoda: <i>Kritosaurus</i> sp. (IGM 6685)	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 1)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Dentario</u> : neoplasia benigna (osteoma o fibroma osificado).
Ornithopoda: <i>Velafrons coahuilensis</i> (CPC-59)	CPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios, cantera 7a	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Vértebras sacras</u> : espondiloartropatía en fase crónica.
Ornithopoda: <i>Magnapaulia laticaudus</i> (LACM 20874)	IGM (Museo María del Carmen Perrilliat)	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	<u>Húmero</u> : osteomielitis, neoplasia, trastorno vascular (secundario a un aneurisma), lesión por avulsión o enfermedad desconocida.
Ornithopoda: <i>Magnapaulia laticaudus</i> (LACM 17715)	IGM (Museo María del Carmen Perrilliat)	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	<u>Pubis</u> : neoplasia benigna (osteoma o fibroma osificante).
Ceratopsia: <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CPC-276)	CPC (MUDE)	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Escamoso</u> : neoplasia (osteoma o fibroma osificante).
Ceratopsia: <i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (CLEón-1)	CLeón	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	<u>Cuerno posorbital</u> : fractura traumática directa de unión retardada.
Theropoda: <i>Labocania anomala</i> (IGM 5307)	IGM (Museo María del Carmen Perrilliat)	Arroyo del Rosario	Ensenada, Baja California	La Bocana Roja	<u>Cuadrado</u> : lesión por avulsión, osteomielitis o artropatía degenerativa.

7.1. PATOLOGÍAS EN ORNITHOPODA.

7.1.1. *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253).

Material: maxilar izquierdo, vértebras cervicales, torácicas y caudales, espinas neurales torácicas, sacras y caudales, costillas cervicales y torácicas, ilión derecho e izquierdo, pubis derecho e izquierdo y tendones osificados (Fig. 7.2).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, fragmentación *post-mortem*, fragmentación post-fosilización, deformación plástica.

Ocurrencia: localidad Barranca Los Bonetes, Tuzantla, Michoacán.

Edad geológica: formación sin nombre, 84 millones de años.

Material patológico: vértebra torácica anterior, costilla torácica anterior y posterior derechas y vértebra caudal anterior (Fig. 7.2).

Colección paleontológica de resguardo: IGM en el Museo María del Carmen Perrilliat.

a. Vértebra torácica anterior (anquilosada).

Descripción macroscópica externa: presenta un tumor en la articulación costo-vertebral derecha hacia caudal, elevándose hacia dorsal (Fig. 7.3). La superficie de la lesión es rugosa debido al desprendimiento del delgado hueso compacto durante su limpieza (Fig. 7.4). La tumoración se origina desde el pedículo derecho del arco neural, extendiéndose hasta la parte media de la longitud total del proceso transversal (sin cubrirlo en su totalidad) y cubriendo gran parte del cuello de la cabeza de la costilla derecha caudalmente. La lesión no llega a cubrir la fovea costal (o parapófisis) derecha ni la cabeza de la costilla. Su diámetro mayor es de 60 cm y el menor de 45 cm. Presenta una perforación en la parte central de la tumoración de poca profundidad (Fig. 7.4).

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada (Figs. 7.5 y 7.6) se muestra una apariencia radiolúcida homogénea al cuello de la costilla y a casi toda la vértebra, a excepción del proceso transversal izquierdo que se ve más radiopaco. En el interior de la tumoración, hay una sección ligeramente más radiolúcida, el cual sigue de manera paralela al borde ventral del proceso transversal y no invade a la vértebra. Esto se interpreta como sedimento que invadió la cavidad durante la fosilización. De toda la información obtenida de la tomografía computarizada, se interpreta una invasión e hipertrofia del hueso esponjoso, el cual parece que inició desde la vértebra torácica hacia la costilla.

Probables diagnósticos diferenciales: anemia hemolítica, hemangioma, osteomielitis o enfermedad desconocida con espondiloartropatía secundaria.

b. Costilla torácica anterior derecha (anquilosada).

Descripción macroscópica externa: la tumoración únicamente fusiona la porción caudal de la cabeza de la costilla con el borde caudal del arco neural,

dejando libre a la porción craneal de la cabeza de la costilla (Fig. 7.7). A parte de la tumoración en la articulación costo-vertebral, la costilla, en toda su extensión, presenta una apariencia más robusta y gruesa que las demás costillas torácicas del ejemplar. En la parte craneal de la cabeza de la costilla, en el borde ventral, presenta dos lesiones osteolíticas focales (rellenas de sedimento) bien delimitadas con bordes de textura rugosa (Figs. 7.8-7.10). A todo esto se le suma la osificación del ligamento costo-vertebral hacia cráneo-dorsal de la cabeza costal y del ligamento costo-transversal ubicado dorsalmente al tubérculo costal (Figs. 7.8-7.9).

Descripción macroscópica interna: En corte transversal en la región media del cuerpo de la costilla, se ve una gran cantidad de hueso compacto y solo una pequeña porción de hueso esponjoso. En el extremo distal de la costilla se observa un borde redondeado con gran proliferación de hueso esponjoso, eliminando por completo el hueso compacto (Figs. 7.11-7.12).

En la tomografía computarizada se ven áreas radiopacas y radiolúcidas en su interior, siendo de mayor extensión la radiopaca en grosor hacia la parte proximal y más radiolúcida hacia el extremo distal de la costilla (Fig. 7.13). Hacia el cuello de la costilla se ve una zona difusa y más radiolúcida. Esto se interpreta como una hipertrofia del hueso compacto hacia la parte proximal de la costilla y una hipertrofia del hueso esponjoso, culminando con la invasión total del borde distal de la costilla.

Probables diagnósticos diferenciales: anemia hemolítica, hemangioma, osteomielitis o enfermedad desconocida con espondiloartropatía secundaria.

c. Costilla torácica posterior derecha.

Descripción macroscópica externa: la costilla presenta un engrosamiento irregular y de extensión difusa, denotada en su porción proximal por una constricción entre el cuello costal y el cuerpo de la costilla (Figs. 7.14-7.15). Su superficie es ligeramente irregular. La cara caudal presenta una superficie rugosa que se debe a la exposición del hueso esponjoso, ya que durante su limpieza se desprendió parte del hueso compacto. La costilla presenta varias fracturas post-fosilización y deformaciones tafonómicas (Fig. 7.15).

Descripción macroscópica interna: la región dorsal de la costilla donde se expone el hueso esponjoso (Fig. 7.16), se observan espacios interóseos (invadidos por sedimentos) de distinto tamaño y con una dirección preferentemente hacia el eje mayor de la costilla.

En la tomografía computarizada (Figs. 7.17-7.18) presenta una apariencia heterogénea y radiolúcida en su interior, a diferencia de una costilla normal con una imagen homogénea. Las trabéculas en su interior presentan un arreglo caótico, dejando grandes espacios entre ellas. La porción más distal de la costilla y parte del tubérculo costal presentan una imagen más homogénea. Lo que se puede interpretar de estas imágenes, es un foco de osteólisis que inicia en la parte ventral e invade el hueso esponjoso expandiéndose a su interior.

Probables diagnósticos diferenciales: anemia hemolítica, hemangioma, osteomielitis o enfermedad desconocida

d. Vértebra caudal posterior.

Descripción macroscópica externa: se observa una neoformación unilateral en la precigapófisis izquierda (proceso articular craneal; Fig. 7.19). La neoformación se proyecta hacia caudal y está comprimida lateralmente, dando una apariencia de un “cuerpo costal” (Fig. 7.20). Su longitud es de 13.3 cm hasta el borde erosionado y su altura es de 3 cm. En vista craneal es más grueso en su extremo proximal y más delgado en su extremo distal. Está formado principalmente de hueso esponjoso y una delgada capa de hueso compacto (similar al hueso diploë de las costillas torácicas; Fig. 7.21). En el proceso espinoso de la vértebra caudal hay un desprendimiento de hueso cortical que va paralela a la neoformación.

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada (Fig. 7.22) se muestra en la porción distal del proceso espinoso, dos focos radiopacos céntricos de forma ovalada, rodeados por un borde radiolúcido que se hace difuso hacia proximal, sus bordes van desde definidos a difusos. Las zonas radiopacas representan porciones de hueso esponjoso embebidos en sedimentos que rellenaron la porción distal del proceso espinoso (Fig. 7.23). La neoformación presenta una imagen radiológica similar en densidad a los procesos transversos, que se ve difuso en su porción proximal. El cuerpo vertebral presentaba un material muy denso (minerales metálicos) que altero la imagen en esa zona.

Probables diagnósticos diferenciales: espondiloartropatía, trastorno físico traumático con deformación secundaria o trastorno del desarrollo.

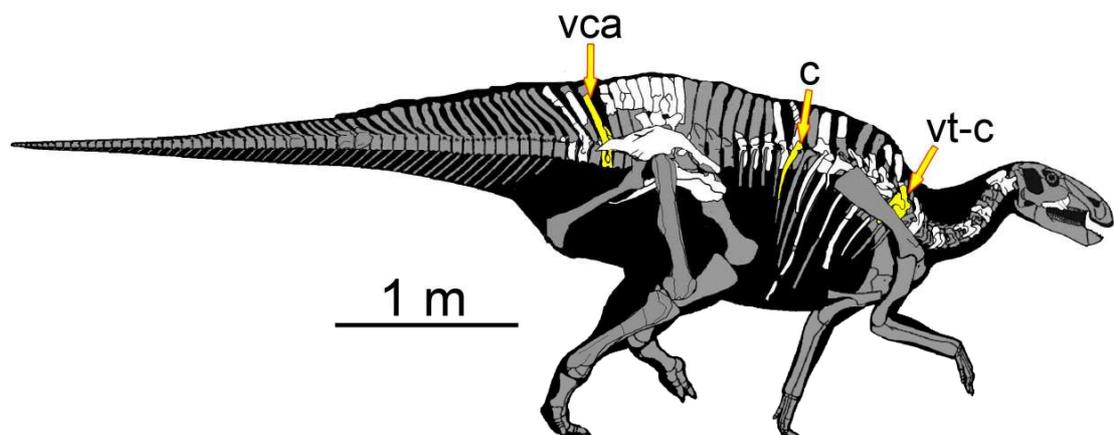


Figura 7.2. Reconstrucción del esqueleto de Huehuecanauhtlus tiquichensis IGM 6253 ubicando los huesos con lesiones mediante una flecha. **Abreviaturas:** c, costilla; vca, vértebra caudal; vt-c, vértebra torácica con costilla.

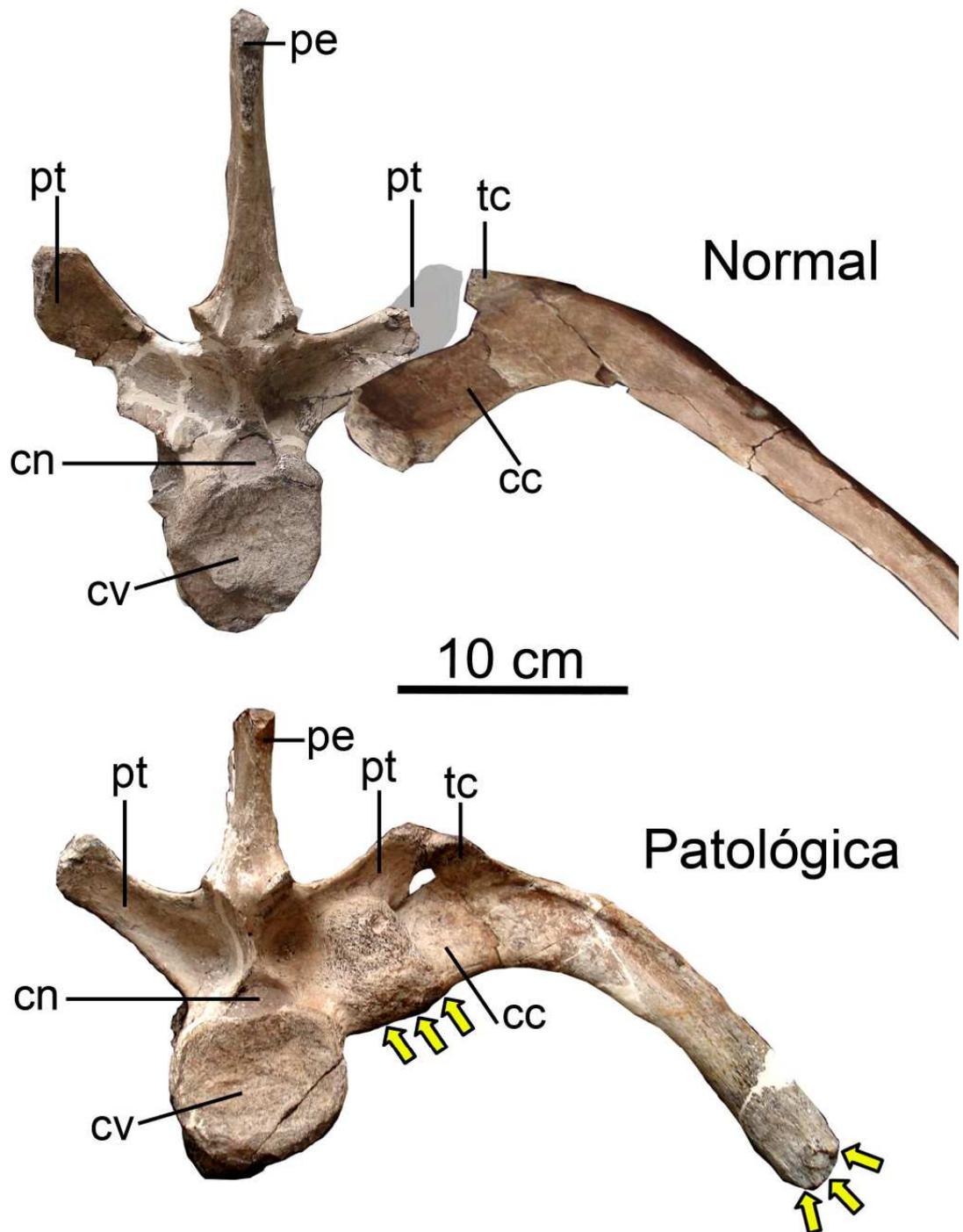


Figura 7.3. Comparación de vértebra torácica normal y patológica en vista caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas ubican las lesiones. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal.

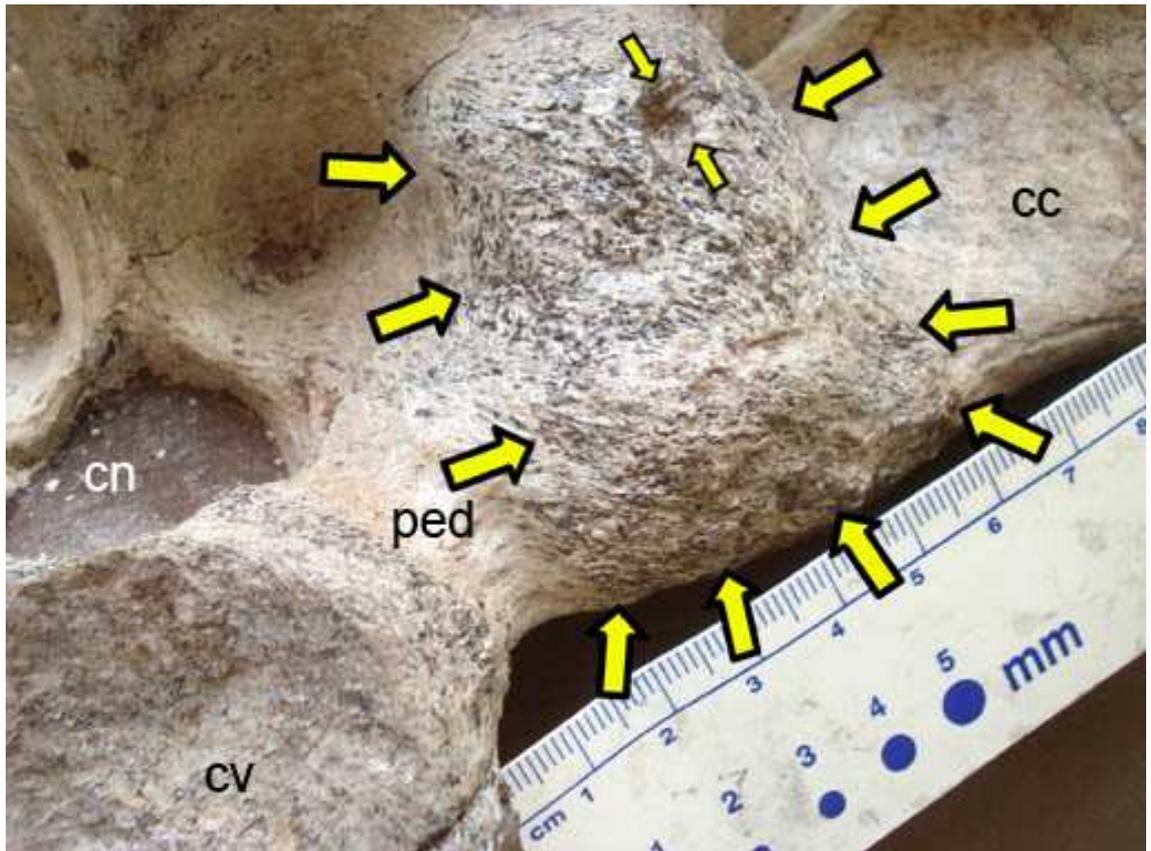


Figura 7.4. Acercamiento de la lesión en la articulación costo-vertebral de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan las lesiones. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; ped, pedículo.

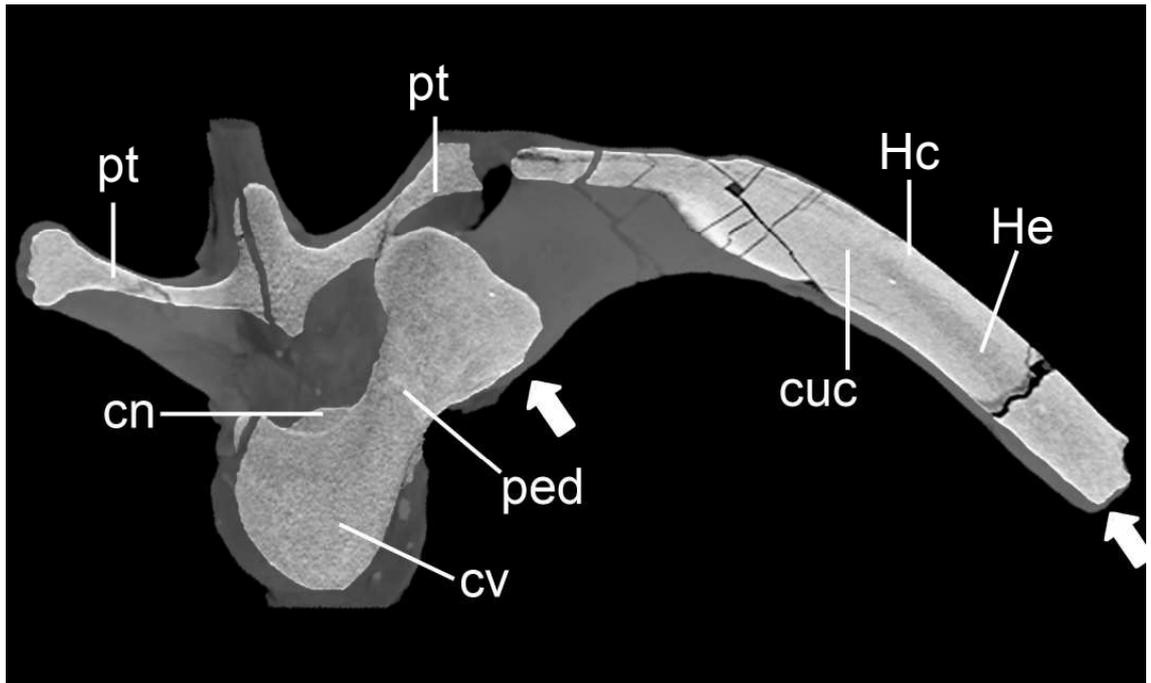


Figura 7.5. Tomografía computarizada de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; cuc, cuerpo costal; cv, cuerpo vertebral; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; pt, proceso transverso.

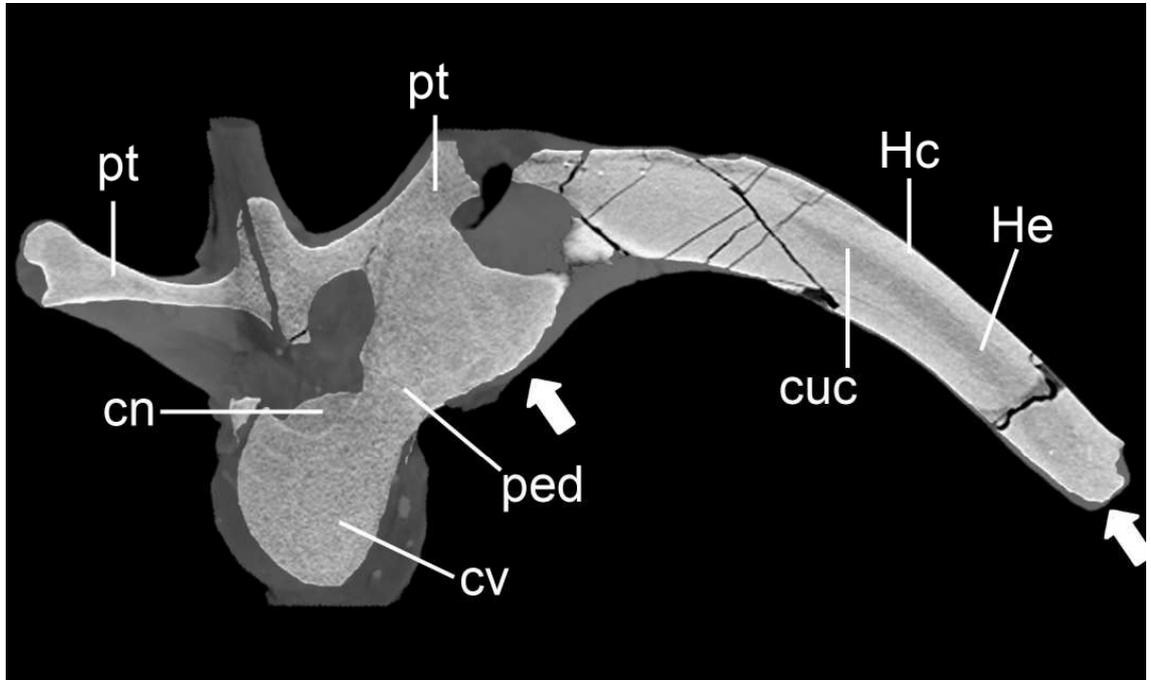


Figura 7.6. Tomografía computarizada de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; cuc, cuerpo costal; cv, cuerpo vertebral; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; pt, proceso transverso.

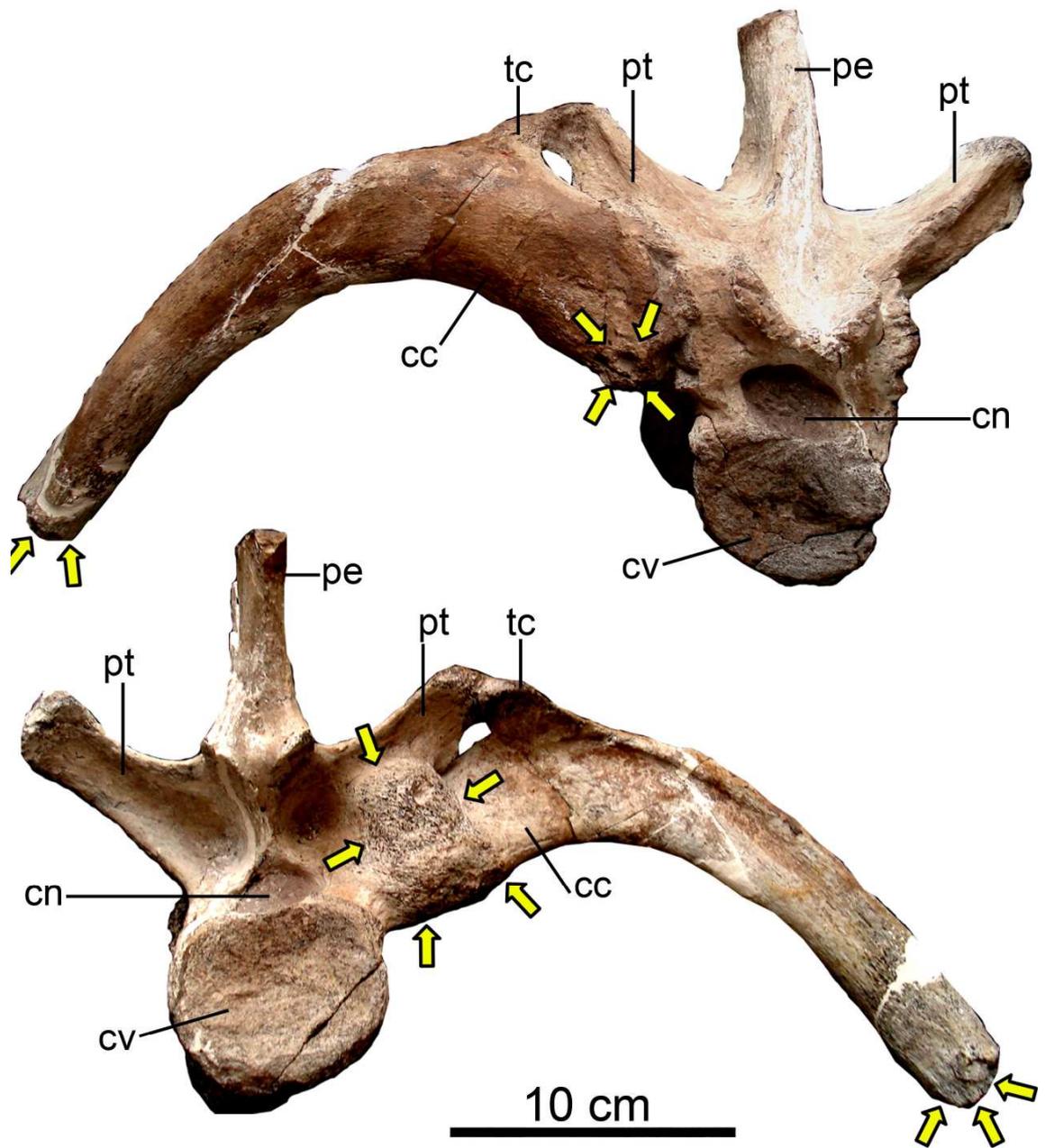


Figura 7.7. Vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista craneal (arriba) y caudal (abajo). Las flechas marcan las lesiones. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal.

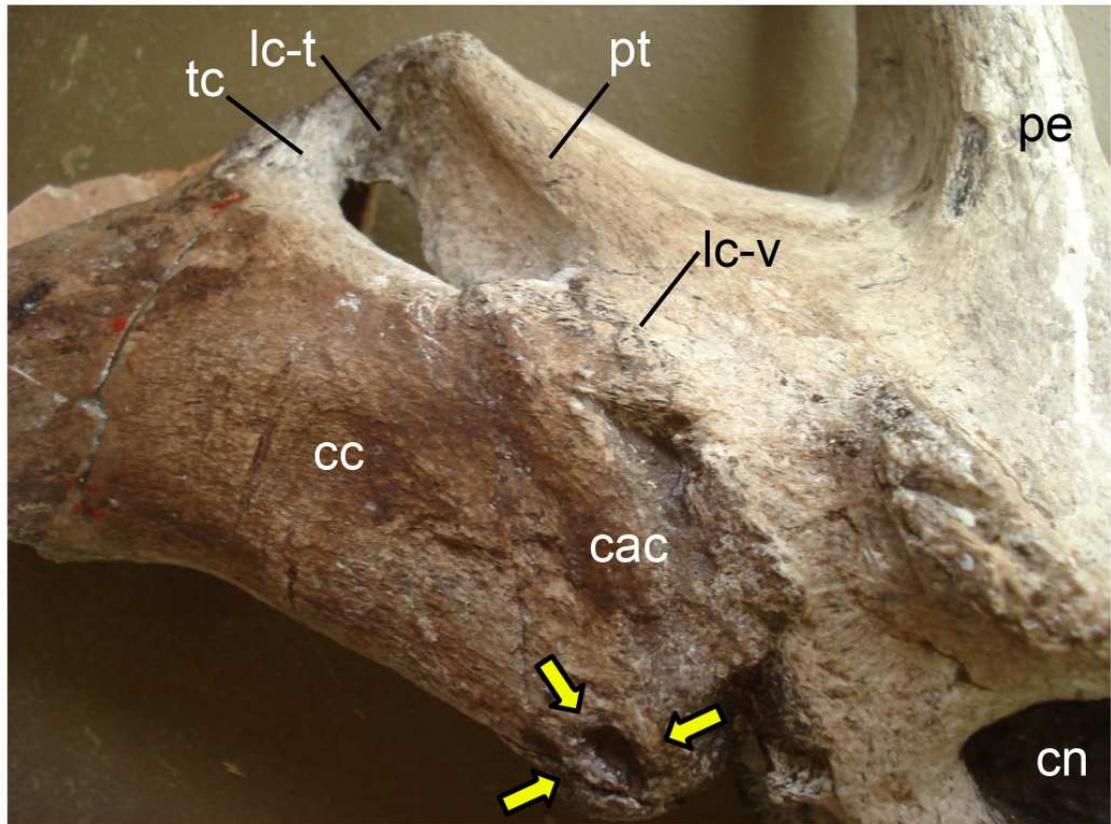


Figura 7.8. Acercamiento de la articulación costo-vertebral en vista craneal de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan la lesión osteolítica. **Abreviaturas:** cac, cabeza costal; cc, cuello costal; cn, canal neural; lc-t; ligamento costo-transversal; lc-v, ligamento costo-vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal.

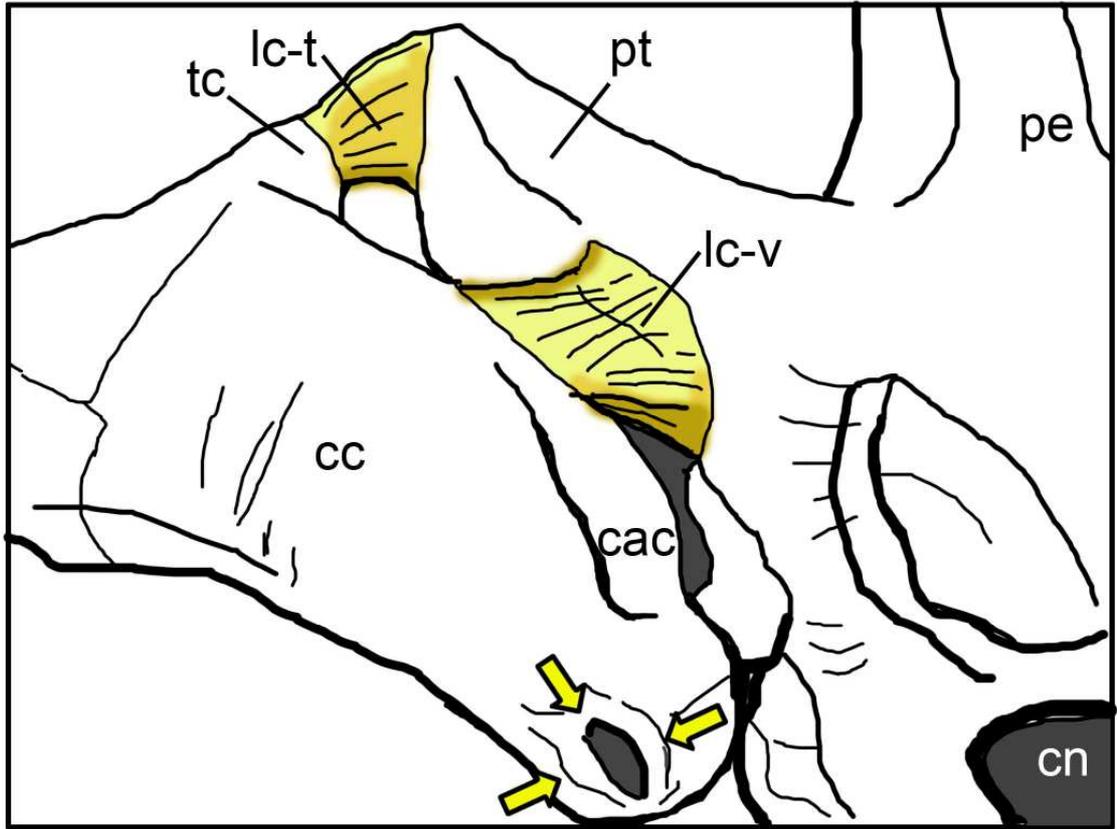


Figura 7.9. Diagrama de la articulación costo-vertebral en vista craneal de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan la lesión osteolítica
Abreviaturas: cac, cabeza costal; cc, cuello costal; cn, canal neural; lc-t; ligamento costo-transversal; lc-v, ligamento costo-vertebral; pe, proceso espinoso; pt, proceso transversario; tc, tubérculo costal.

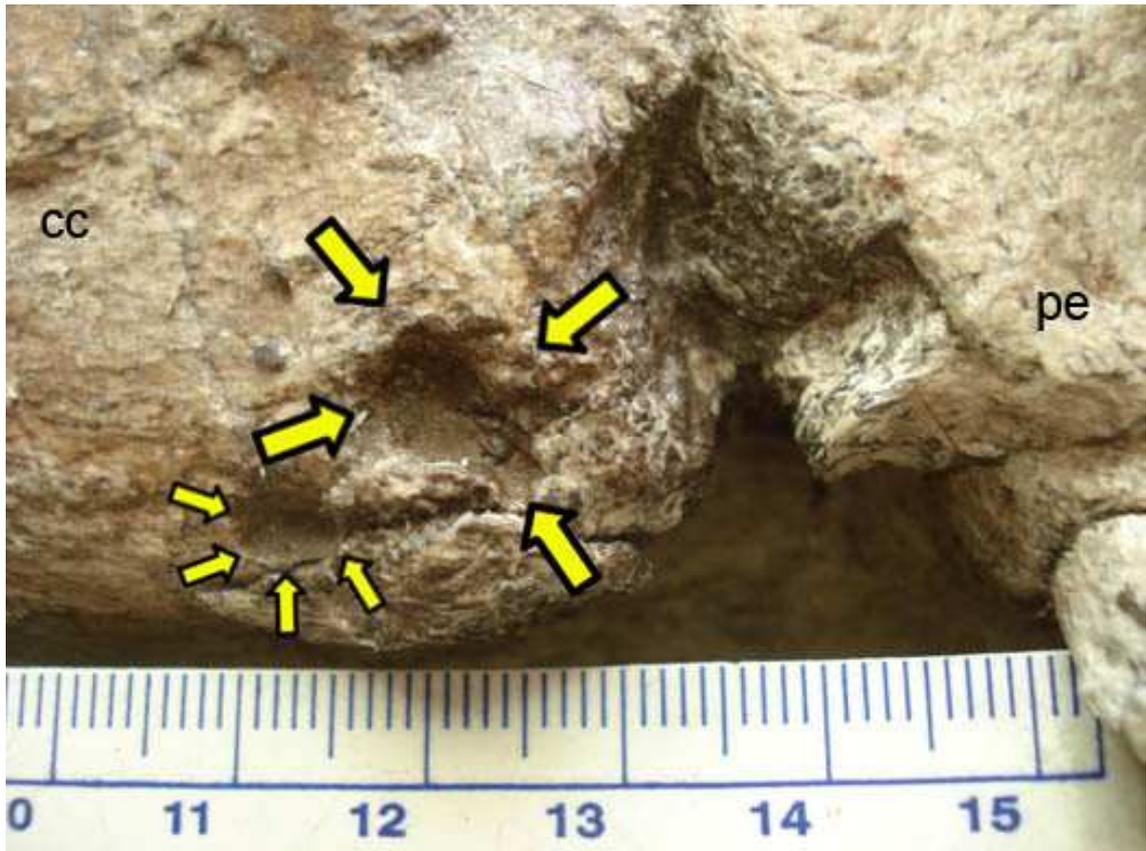


Figura 7.10. Acercamiento de la articulación costo-vertebral ventral de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) mostrando la lesiones osteolíticas mediante las flechas. **Abreviaturas:** cc, cuello de la costilla; pe, pedículo.



Figura 7.11. Acercamiento del extremo distal de la costilla torácica anterior de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista caudal, ilustrada en la fig. 2.7. Las flechas ubican la lesión.

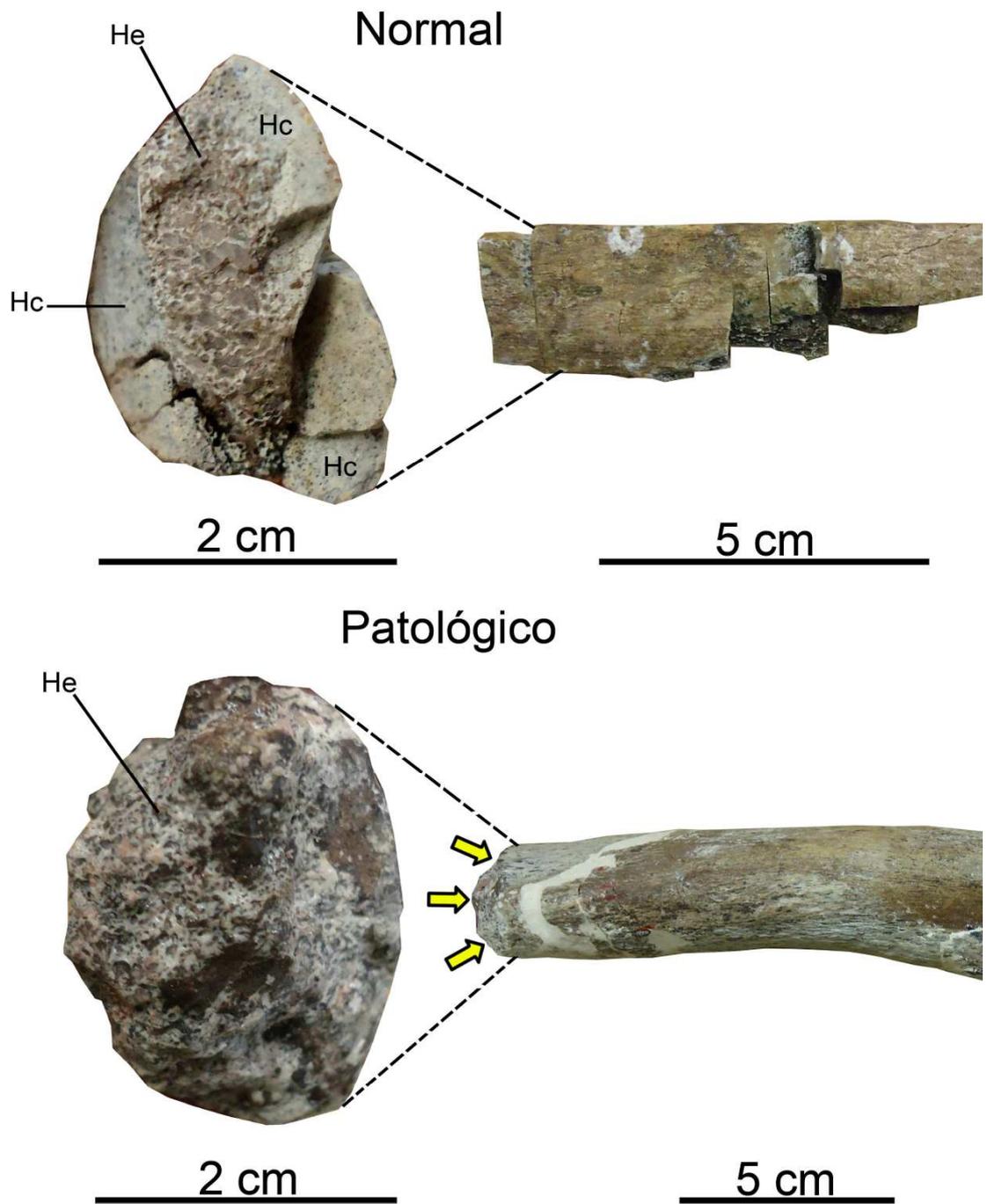


Figura 7.12. Comparación del extremo distal de las costillas torácicas anteriores de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista distal (izquierda) y craneal (derecha). Las flechas ubican la lesión. **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso

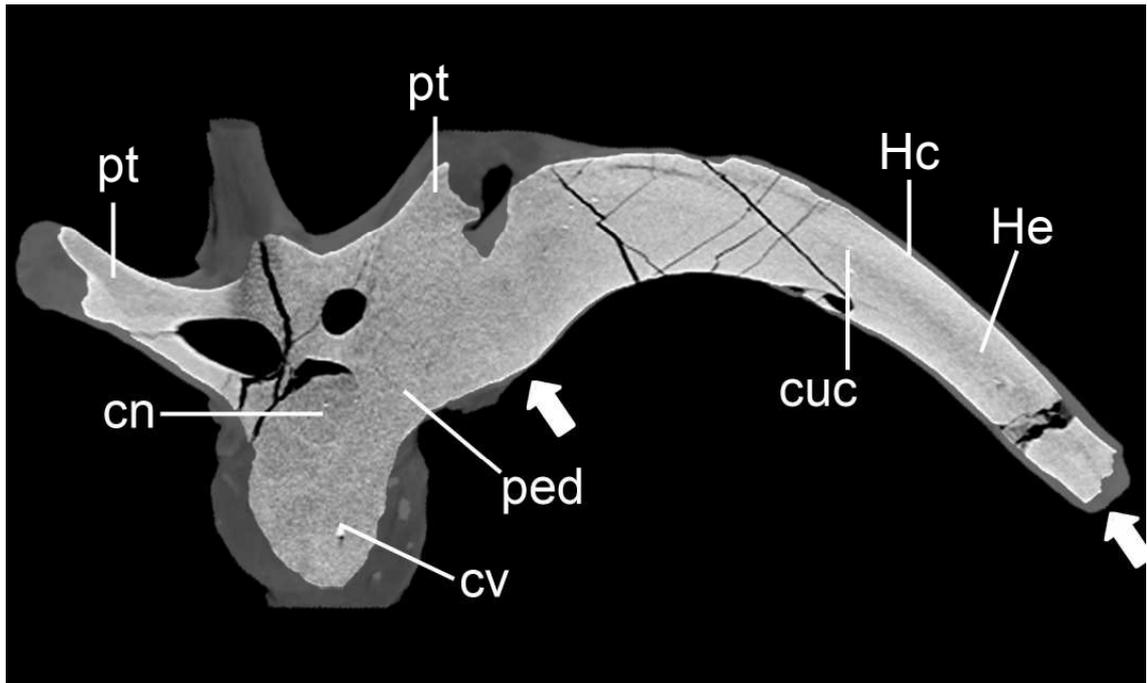


Figura 7.13. Tomografía computarizada de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. Las flechas indican las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; cuc, cuerpo costal; cv, cuerpo vertebral; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; pt, proceso transverso.

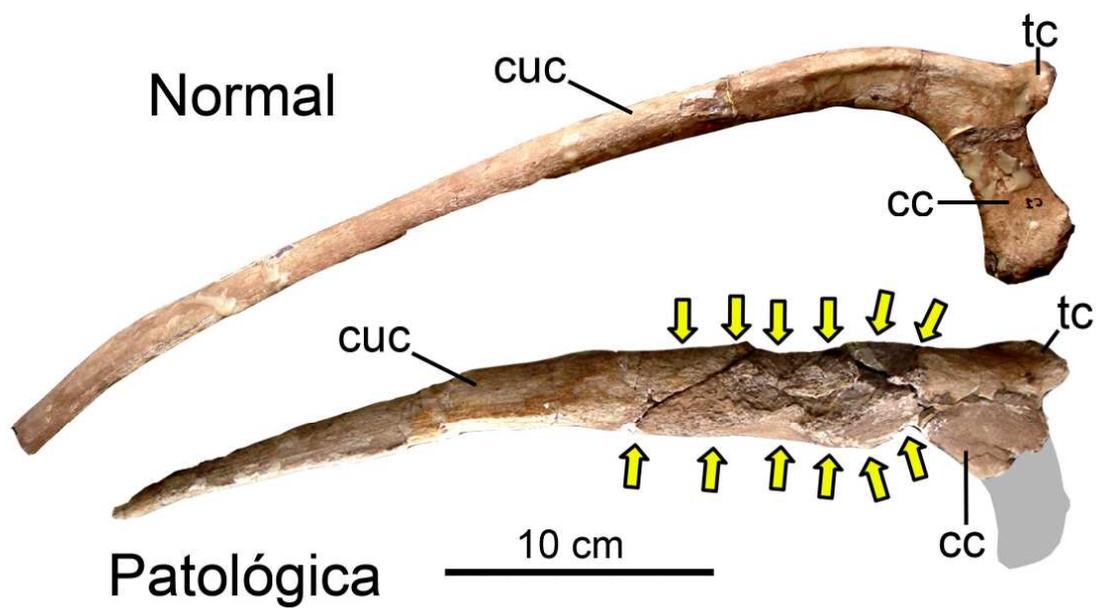


Figura 7.14. Comparación de la costilla torácica anterior y la posterior patológica derechas en vista craneal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cuc, cuerpo costal; tc, tubérculo costal.

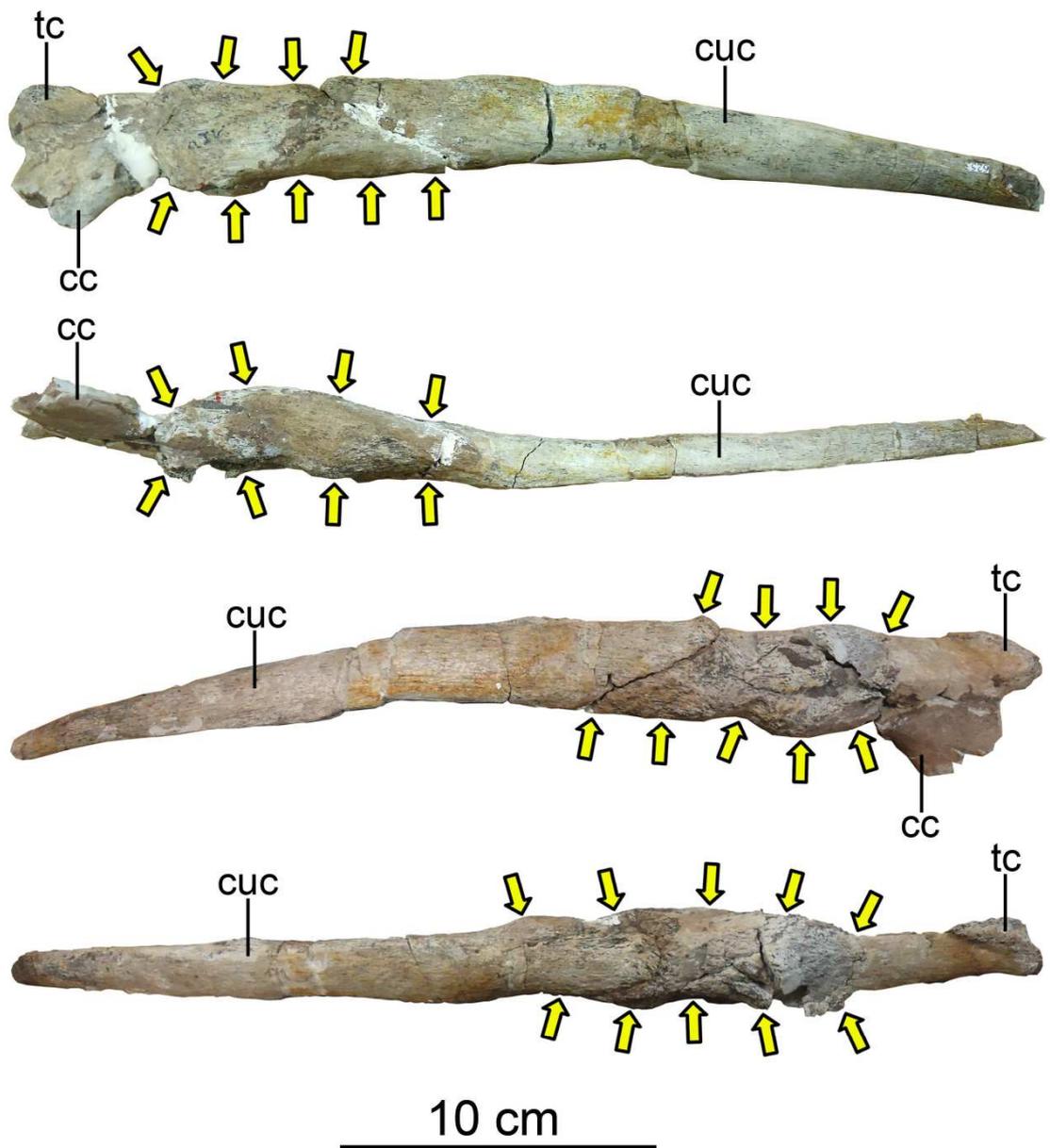


Figura 7.15. Costilla torácica anterior de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista caudal, ventral, craneal y dorsal (de arriba hacia abajo). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cuc, cuerpo costal; tc, tubérculo costal.



Figura 7.16. Acercamiento del borde dorsal de la patología de la costilla torácica posterior de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista dorso-craneal. Las flechas delimitan la lesión.

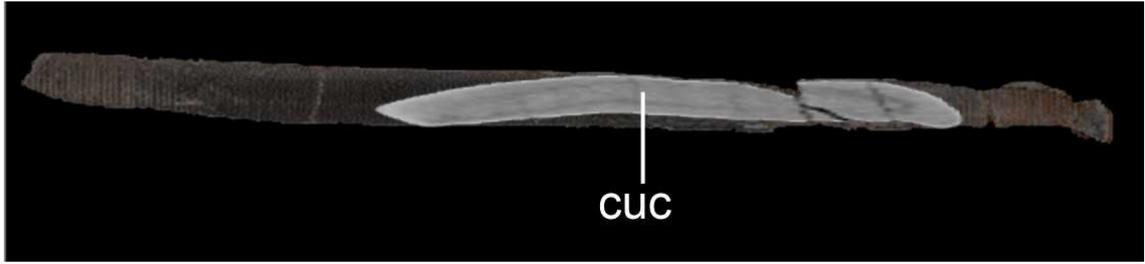


Figura 7.17. Tomografía computarizada de la costilla anterior normal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte dorso-ventral. **Abreviaturas:** cuc, cuerpo costal.

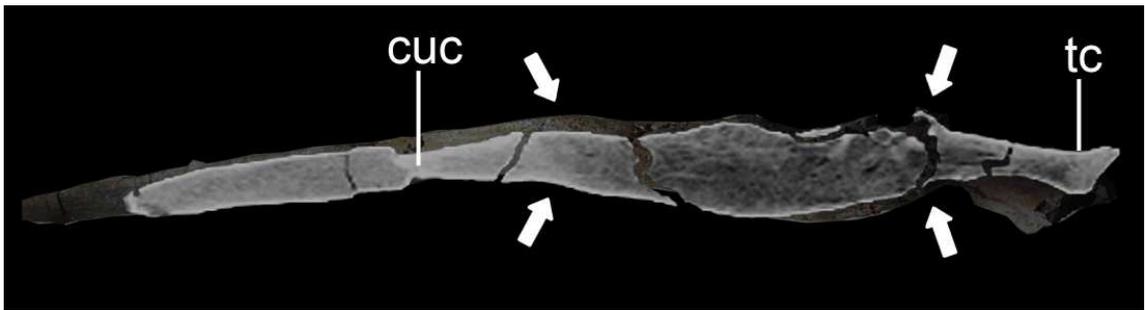


Figura 7.18. Tomografía computarizada de la costilla posterior patológica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte dorso-ventral. **Abreviaturas:** cuc, cuerpo costal; tc, tubérculo costal.

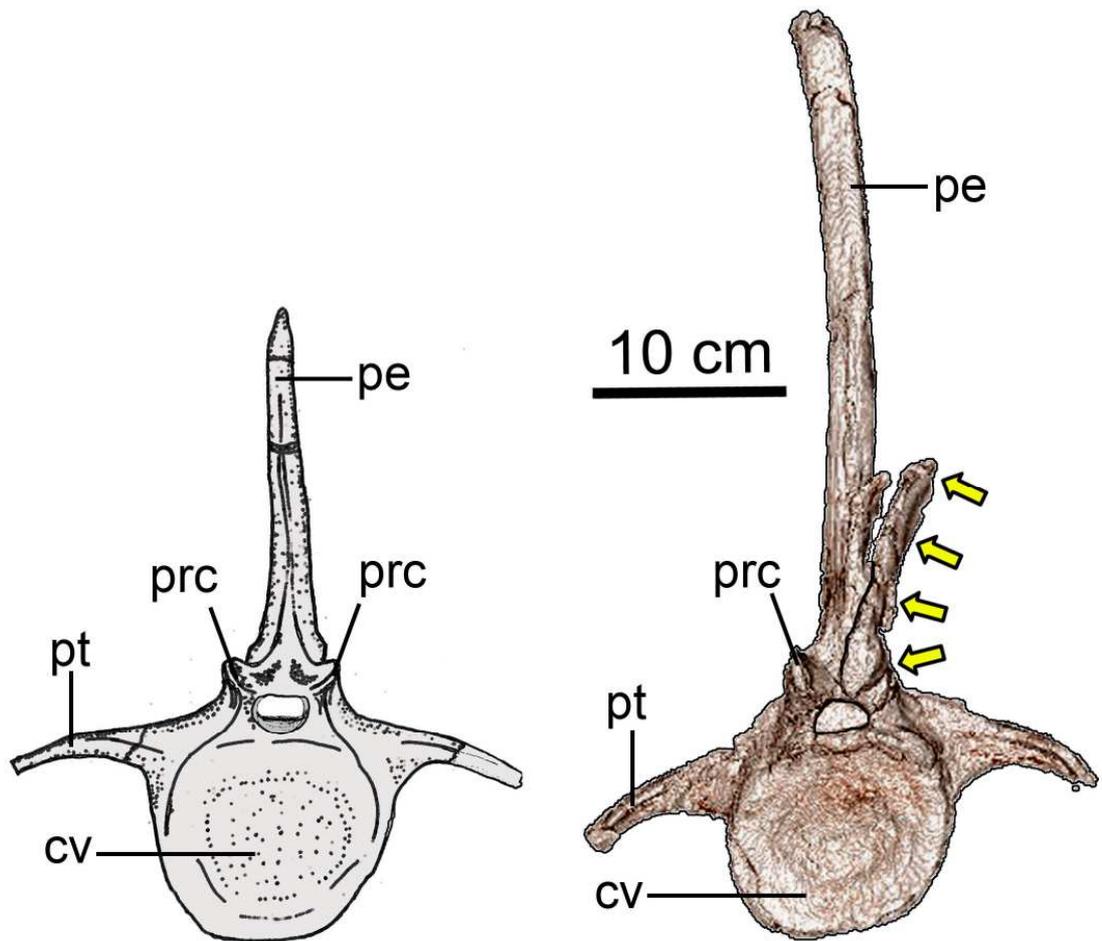


Figura 7.19. Comparación entre vértebras caudales de hadrosauridae y de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista craneal. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; prc, preciposapofisis; pt, proceso transversal.

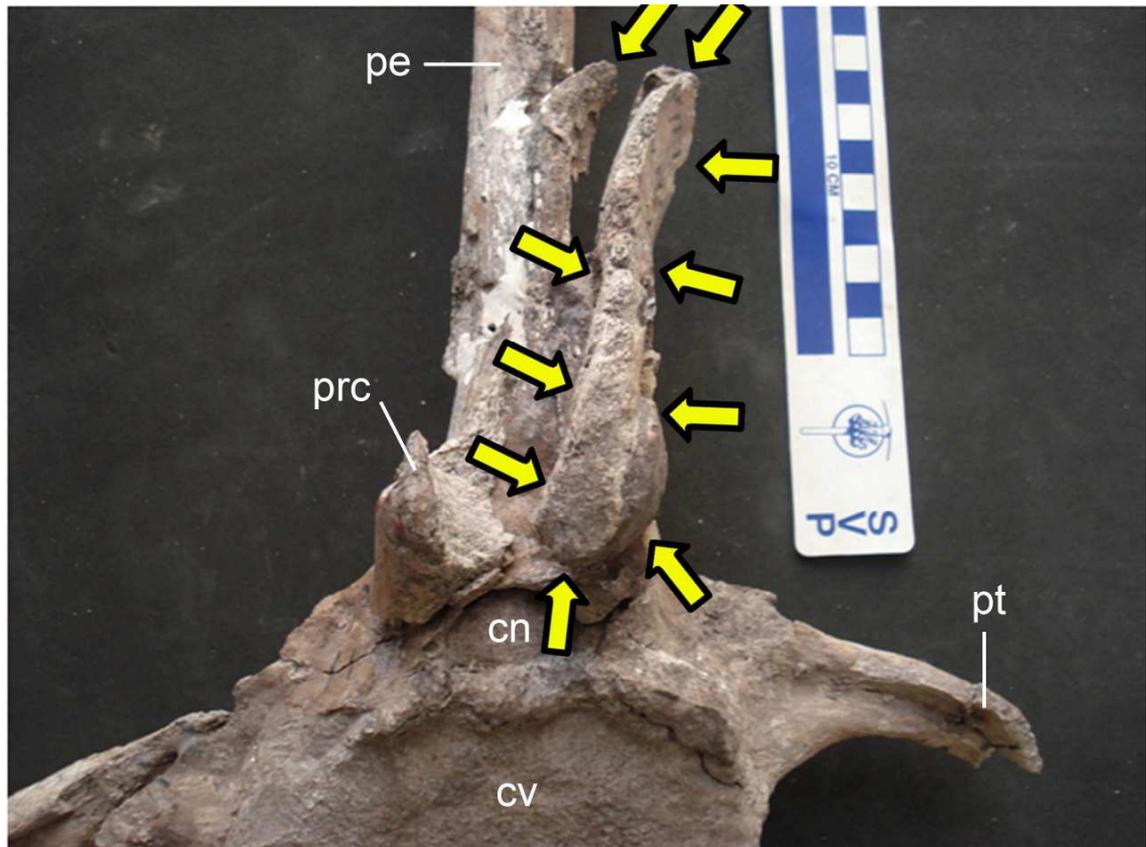


Figura 7.20. Acercamiento del arco neural de la vértebra caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista craneal. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cn; cuerpo neural; cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; prc, precigoapófisis; pt, proceso transversal.

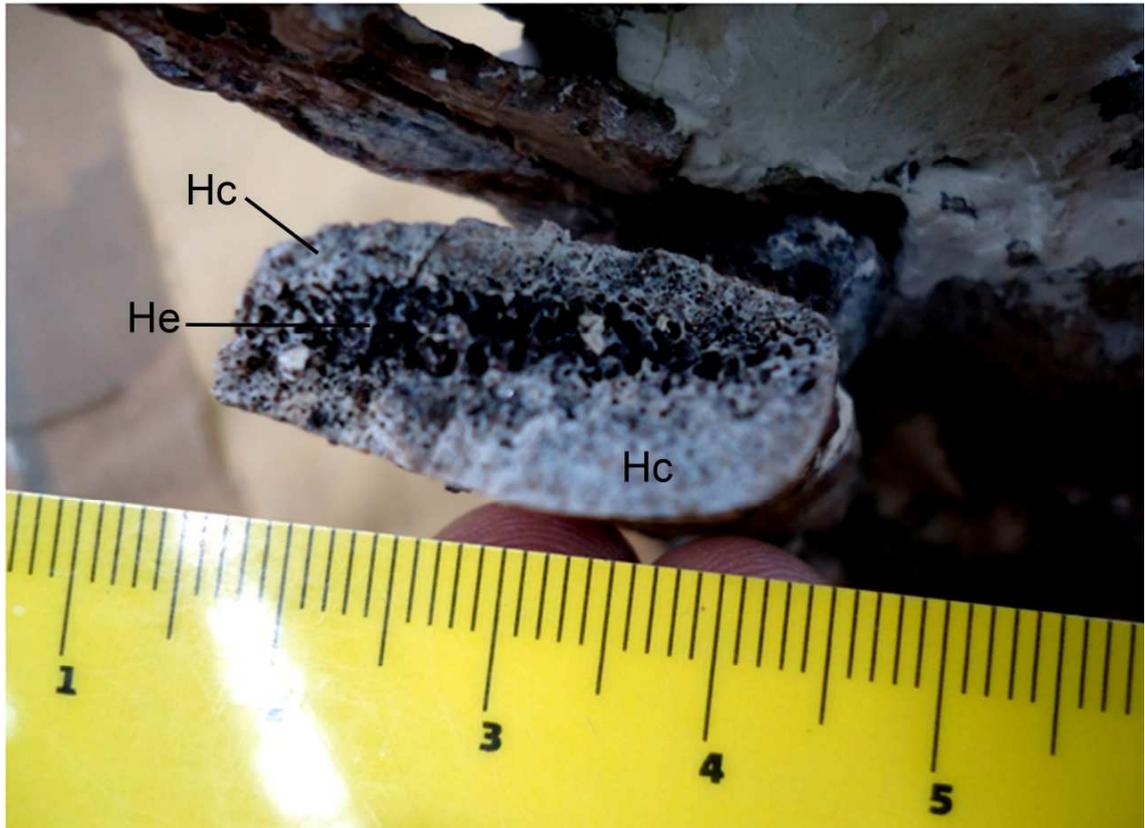


Figura 7.21. Acercamiento del extremo distal de la lesión de la vértebra caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista dorsal. **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.

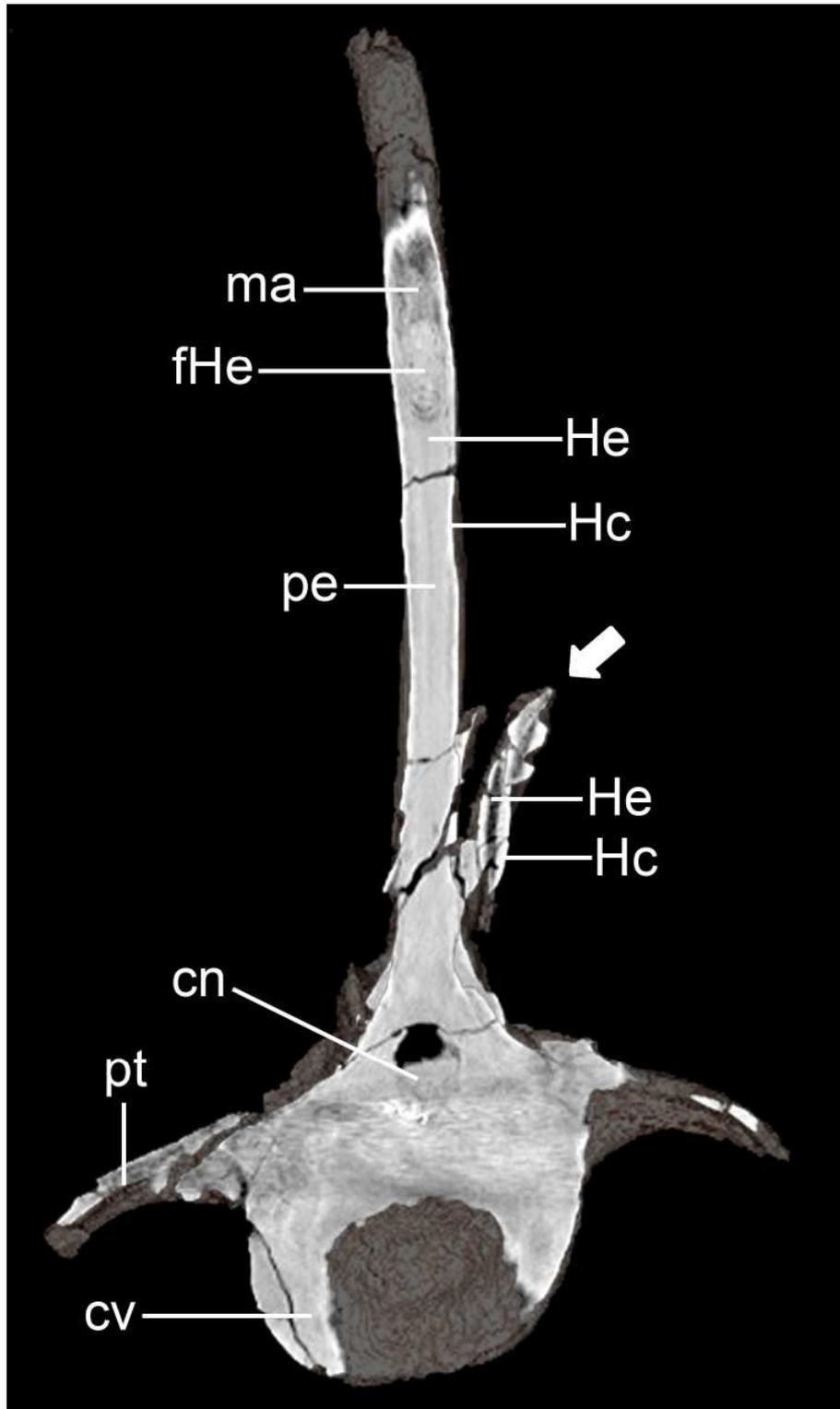


Figura 7.22. Tomografía computarizada de la vértebra caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en corte cráneo-caudal. La flecha indica la lesión. **Abreviaturas:** cn; cuerpo neural; cv, cuerpo vertebral; fHe, fragmento de hueso esponjoso; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ma, matriz de sedimento; pe, proceso espinoso; pt, proceso transversal.

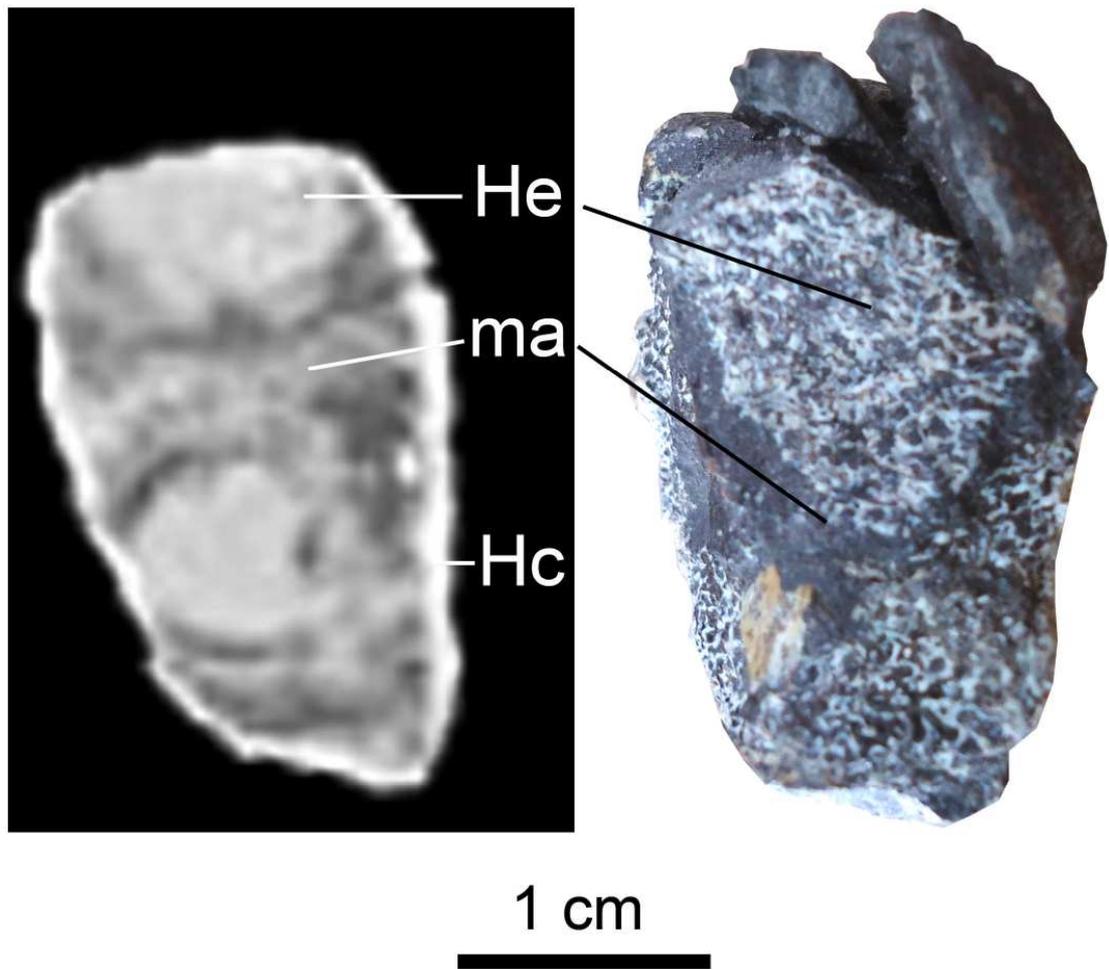


Figura 7.23. Comparación de la tomografía computarizada en corte dorso-ventral (izquierda) y vista de la porción distal del proceso espinoso de la vértebra caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.

7.1.2. Hadrosauridae Rojas IA.

Material: fragmentos de huesos largos y de costillas, y una vértebra.

Rasgos tafonómicos: desarticulación, abrasión y fracturas post-fosilización.

Ocurrencia: localidad Rojas I (IGM 307), General Cepeda, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: cuerpo de costilla incompleto.

Colección paleontológica de resguardo: IGM dentro del Museo María del Carmen Perrilliat.

a. Cuerpo de costilla incompleto.

Descripción macroscópica externa: presenta una pequeña elevación de 9 cm. de alto en su superficie dorsal y en el lado opuesto la superficie es ligeramente cóncavo (Fig. 7.24).

Probables diagnósticos diferenciales: fractura traumática o fractura por sobrecarga.

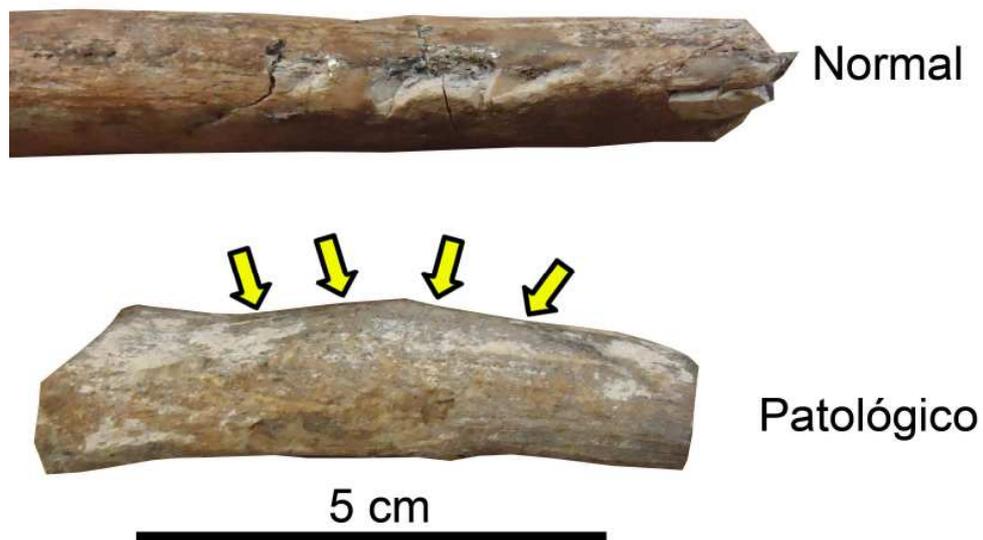


Figura 7.24. Comparación de la porción distal en vista craneal de una costilla de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) (arriba) y un fragmento de costilla de Rojas IA. Las flechas delimitan la lesión.

7.1.3. Hadrosauridae Rojas IB.

Material: fragmentos de huesos largos y costillas

Rasgos tafonómicos: desarticulación, abrasión, fracturas post-fosilización.

Ocurrencia: Localidad: Rojas I (IGM 307), General Cepeda, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: cuerpo de costilla incompleto.

Colección paleontológica de resguardo: IGM dentro del Museo María del Carmen Perrilliat.

a. Cuerpo de costilla incompleto.

Descripción macroscópica externa: presenta una ligera elevación sensible al tacto, en la superficie dorsal (Fig. 7.25). Presenta límites difusos.

Probables diagnósticos diferenciales: fractura traumática o fractura por sobrecarga.

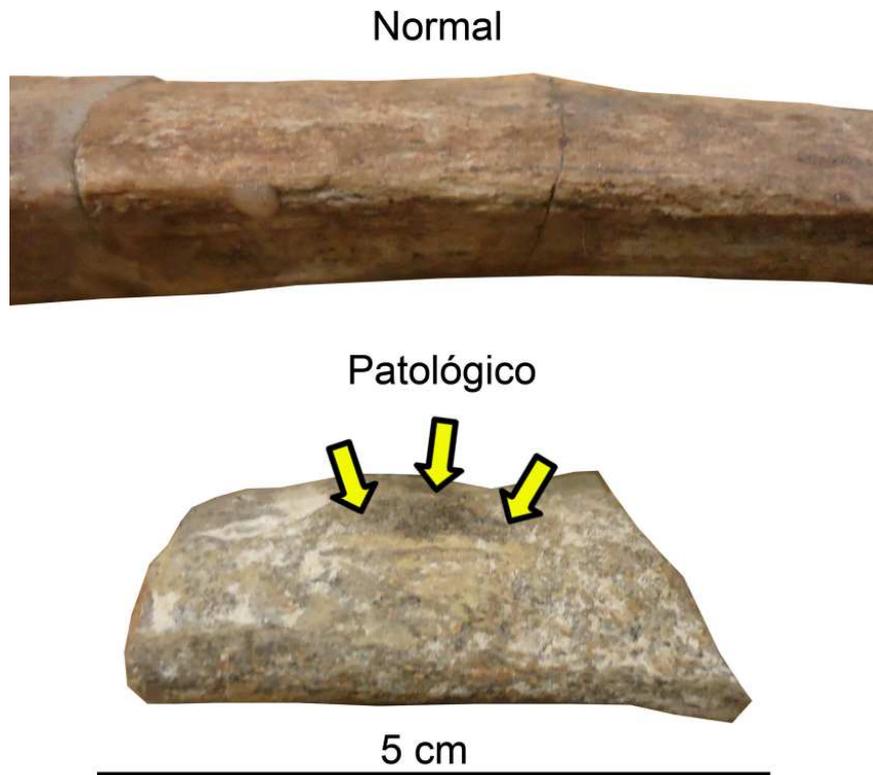


Figura 7.25. Comparación de la porción media del cuerpo en vista craneal de una costilla de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) (arriba) y un fragmento de costilla de Rojas IB. Las flechas delimitan la lesión.

7.1.4. Hadrosauridae HB.

Material: vértebras cervicales, torácicas y caudales, chevrón, costilla izquierda, húmero derecho e izquierdo, radio izquierdo, ulna izquierda, fémur derecho, tibia izquierda y derecha, fíbula derecha e izquierda, metatarsos y falanges (Fig. 7.26).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, abrasión, fracturas post-fosilización, organismos encostrantes.

Ocurrencia: Localidad Cerro de los Dinosaurios, cantera Harold Bolland (HB), Municipio General Cepeda, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: vértebras caudales y fíbula izquierda (Fig. 7.26).

Colección paleontológica de resguardo: la gran mayoría del material está en el IGM, dentro del Museo del Instituto de Geología y únicamente la vértebra caudal (HB-3) en la SEPC, dentro del MUDE.

a. Vértebra caudal HB-2.

Descripción macroscópica externa: en la cara caudal del cuerpo vertebral, presenta los bordes de la superficie articular muy engrosados con textura irregular (Fig. 7.27). En la parte lateroventral izquierda, un borde de la cara caudal es sobresaliente del borde normal y presenta una forma triangular en vista craneal (Fig. 7.27).

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada hacia la superficie articular caudal (Fig. 7.28), se ve una imagen muy heterogénea radiológicamente, presentando solo el borde dorsal izquierdo más denso. A medida que los cortes penetran la parte media del cuerpo vertebral, se ve una imagen más homogénea. Los bordes más radiopacos se interpretan como bordes esclerosos y las zonas de menor densidad una disminución en el número de trabéculas.

Probables diagnósticos diferenciales: espondiloartropatía, espondilosis deformante o enfermedad hiperostótica.

b. Cuerpo vertebral caudal HB-1.

Descripción macroscópica externa: en su cara caudal del cuerpo vertebral (Fig. 7.29), se ve una superficie irregular, presentando bordes laterales engrosados. La lesión deforma la cara articular del cuerpo vertebral, de ser ligeramente hexagonal a elíptico. Hacia ventral (Fig. 7.30) las facetas de articulación de los chevrones craneales están ausentes.

Descripción macroscópica interna: al corte longitudinal (Fig. 7.31) se puede apreciar una estructura trabecular homogénea del hueso en vista dorsal, sin embargo, en el borde caudal izquierdo este arreglo es distinto. Las trabéculas en un inicio tienen una orientación hacia craneal y luego vuelven hacia caudal. En lateral derecha, hay una neoformación de hueso perióstico

con escasas cavidades medulares (Fig. 7.31). En el borde lateral izquierdo del cuerpo vertebral se observan finas trabéculas en perpendicular formando hueso perióstico nuevo de grosor difuso (Fig. 7.31).

Descripción microscópica: las trabéculas del interior y el exterior de la vértebra, están formadas por tejido laminar. Sus espacios interóseos son homogéneos en cuanto forma y tamaño, siendo más grandes al interior que el exterior. La porción patológica de la zona de hueso compacto (Fig. 7.32) y de la zona de trabéculas perpendiculares (Fig. 7.33) está formada por un tejido fibrolaminar radial, con espacios interóseos de distinta forma y tamaño.

Probables diagnósticos diferenciales: espondiloartropatía, espondilosis deformante o enfermedad hiperostótica.

c. Cuerpo vertebral caudal HB-3.

Descripción macroscópica externa: en su cara caudal (Fig. 7.34) se observa un borde ventral muy pronunciado, con orientación lateral izquierdo. Las facetas de los chevrones hacia caudal están ausentes. En vista ventral (Fig. 7.35) las facetas craneales de los chevrones se encuentran muy deformadas y redondeadas.

Probables diagnósticos diferenciales: espondiloartropatía, espondilosis deformante o enfermedad hiperostótica.

d. Fíbula izquierda incompleta en su porción distal.

Descripción macroscópica externa: el cuerpo de la fíbula se encuentra ligeramente deformado (de ser recta normalmente, esta presenta una ligera curvatura hacia lateral) (Fig. 7.36). Hacia el extremo distal, en el cuerpo de la fíbula presenta una tumoración de bordes difusos (4.5 de diámetro mayor) que se orienta hacia caudal. En su borde ventral, su superficie es ligeramente irregular.

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada (Figs. 7.37-7.38), en vista caudal y lateral, longitudinalmente se observa una franja interna más radiopaca, siendo de mayor grosor hacia distal dentro de la zona de la lesión.

En corte transversal (Figs. 7.39-7.40) de la lesión se observa una gran cantidad de espacios interóseos, sin un ordenamiento aparente (en la tomografía, esta zona se ve muy radiopaca). En el corte se ve una capa delgada que delimita dos zonas de crecimiento, una hacia craneal de mayor grosor (2.3 cm) y la otra hacia caudal (1.2 cm). Esto se deduce ya que, las dos porciones presenten una parte interna de hueso esponjoso y hueso compacto al exterior. Una de las capas se adelgaza distalmente mientras que la otra se ensancha.

Descripción microscópica: en la porción del hueso compacto, rodeando al hueso esponjoso, hay tejido fibrolaminar con una gran cantidad de osteones primarios (Fig. 7.41). Hacia la periferia hay tejido fibrolaminar del tipo laminado. En la porción del hueso esponjoso, se observan osteones primarios al interior de las trabéculas junto con vasos simples. Los espacios interóseos son irregulares y de diversos tamaños, con una gran cantidad de bahías de erosión (Fig. 7.42).

Probables diagnósticos diferenciales: fractura por sobrecarga con deformación secundaria, fractura traumática u osteogénesis imperfecta.

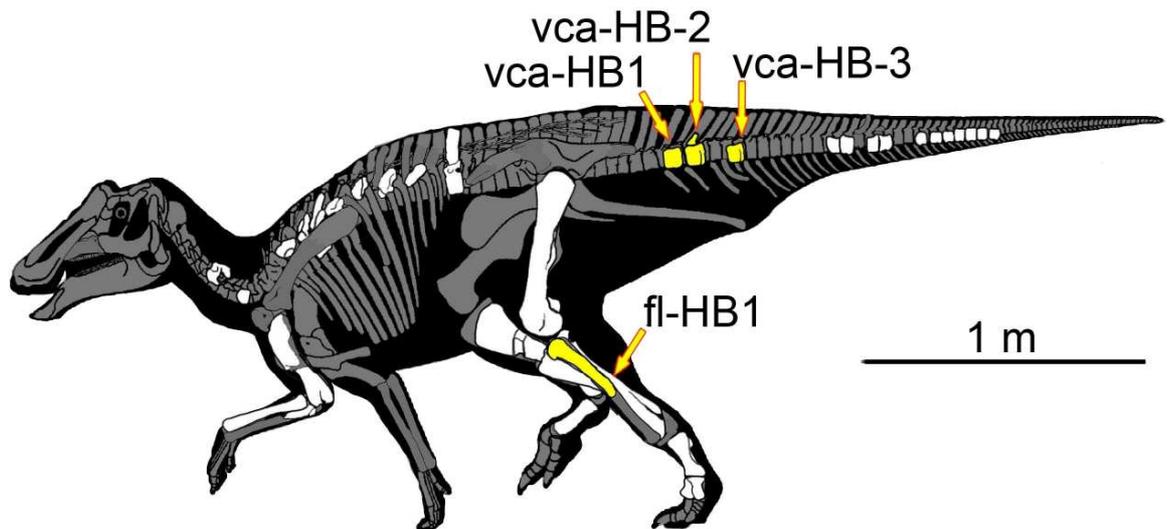


Figura 7.26. Reconstrucción del esqueleto del hadrosauridae HB (subadulto) ubicando los huesos con lesiones mediante flechas. **Abreviaturas:** fl-HB1, fíbula 1; vca-HB1, vértebra caudal 1; vca-HB2, vértebra caudal 2; vca-HB3, vértebra caudal 3.

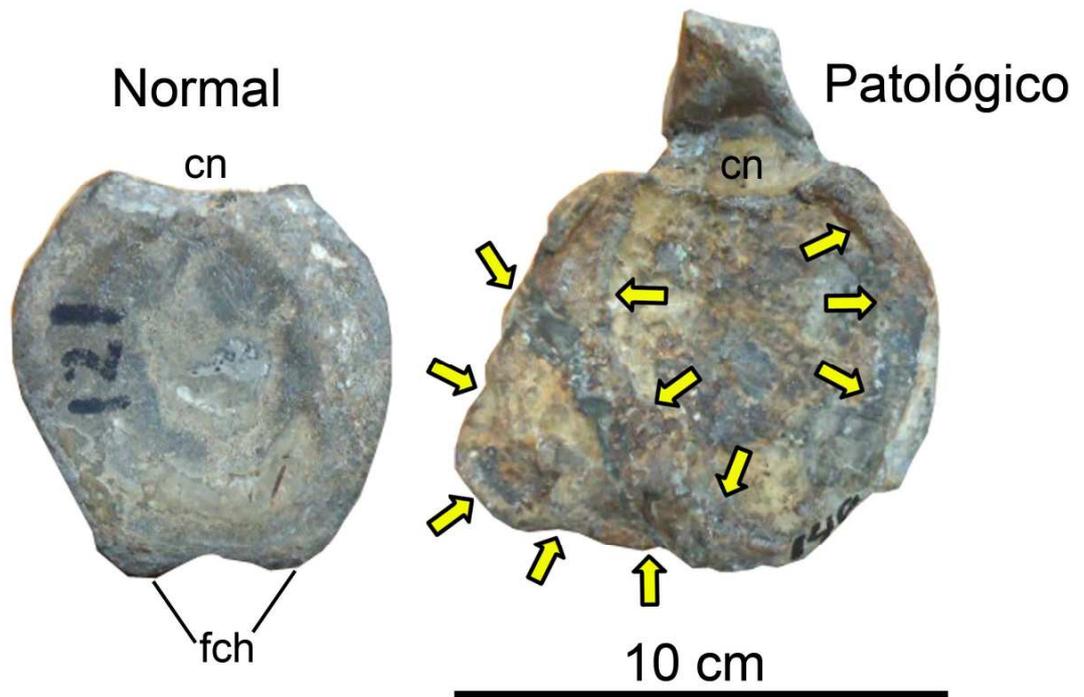


Figura 7.27. Comparación de vértebras caudales en vista caudal hadrosauridae HB normal (izquierda) y la patológica HB2 (derecha). Las flechas indican las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; fch, facetas para chevrón.

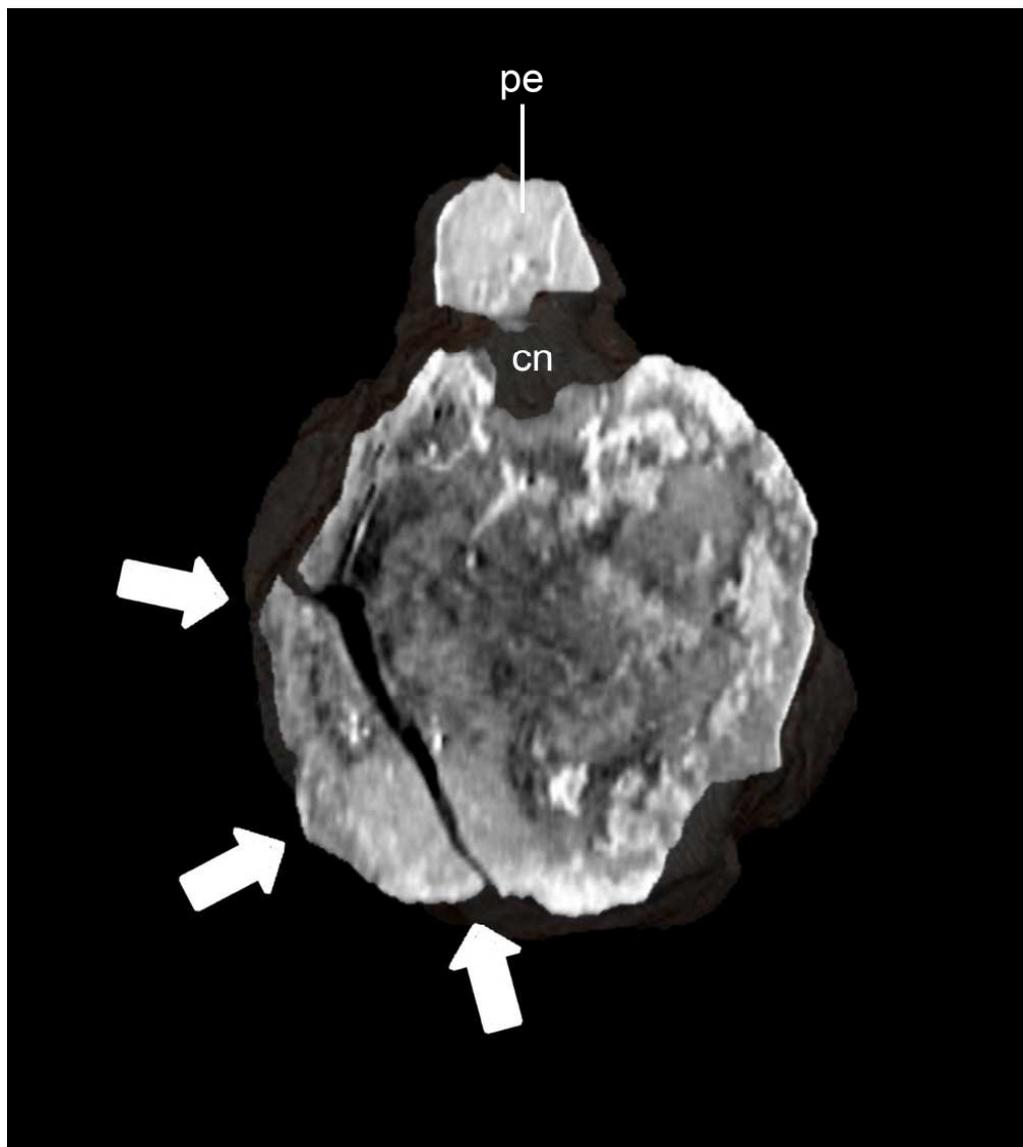


Figura 7.28. Tomografía computarizada de la vértebra caudal patológica HB2 en corte cráneo-caudal. **Abreviaturas:** cn, canal neural; pe, proceso espinoso.

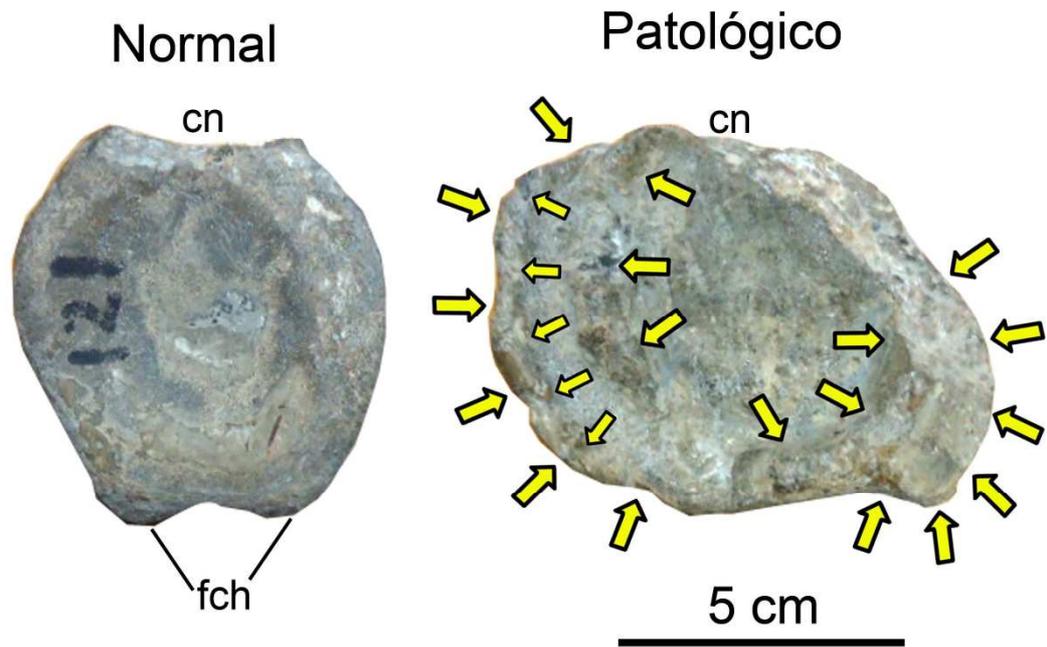


Figura 7.29. Comparación de vértebras caudales en vista caudal de hadrosauridae HB normal (izquierda) y la patológica HB1 (derecha). **Abreviaturas:** cn, canal neural; fch, facetas para chevrón.

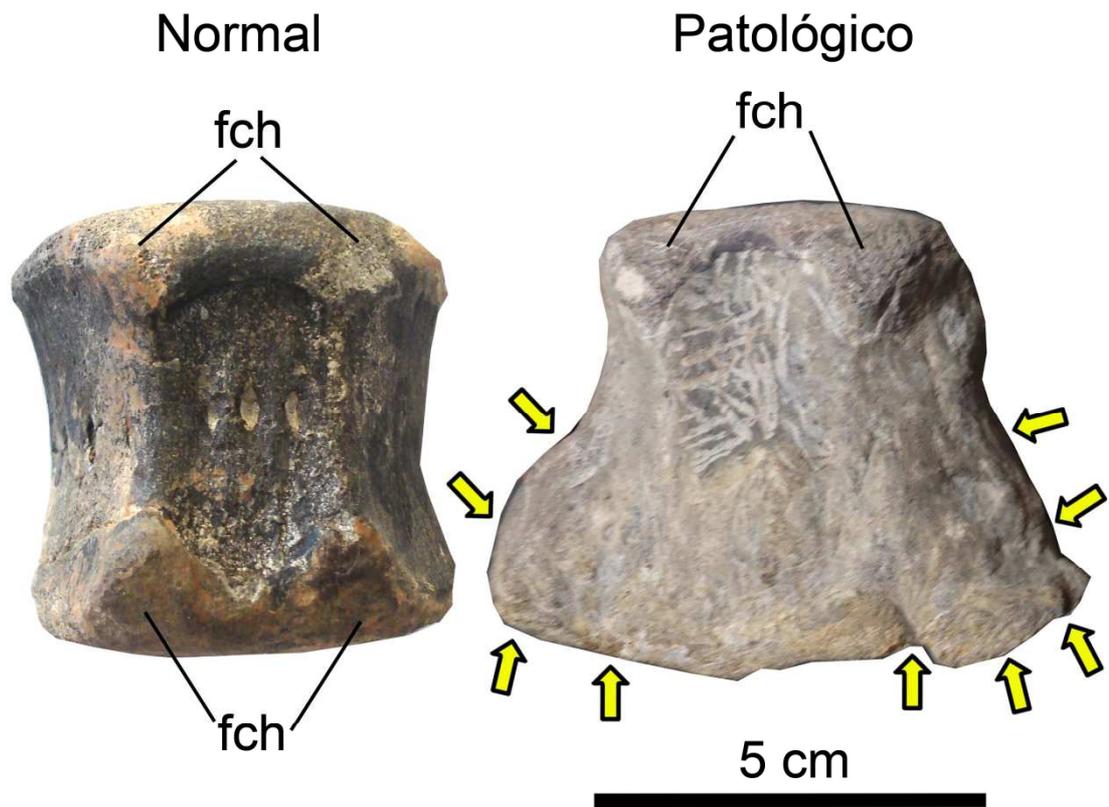


Figura 7.30. Comparación de vértebras caudales en vista ventral de *Velafrons coahuilensis* (CPC-59) normal (izquierda) y la patológica HB1 (derecha). **Abreviaturas:** fch, facetas para chevrón.

Corte dorsal



Corte ventral



5 cm

Figura 7.31. Corte transversal de la porción dorsal y la porción ventral de la parte interna del cuerpo vertebral caudal HB1. **Abreviaturas:** fn, forámen nutricional; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; tp, trabéculas perpendiculares.

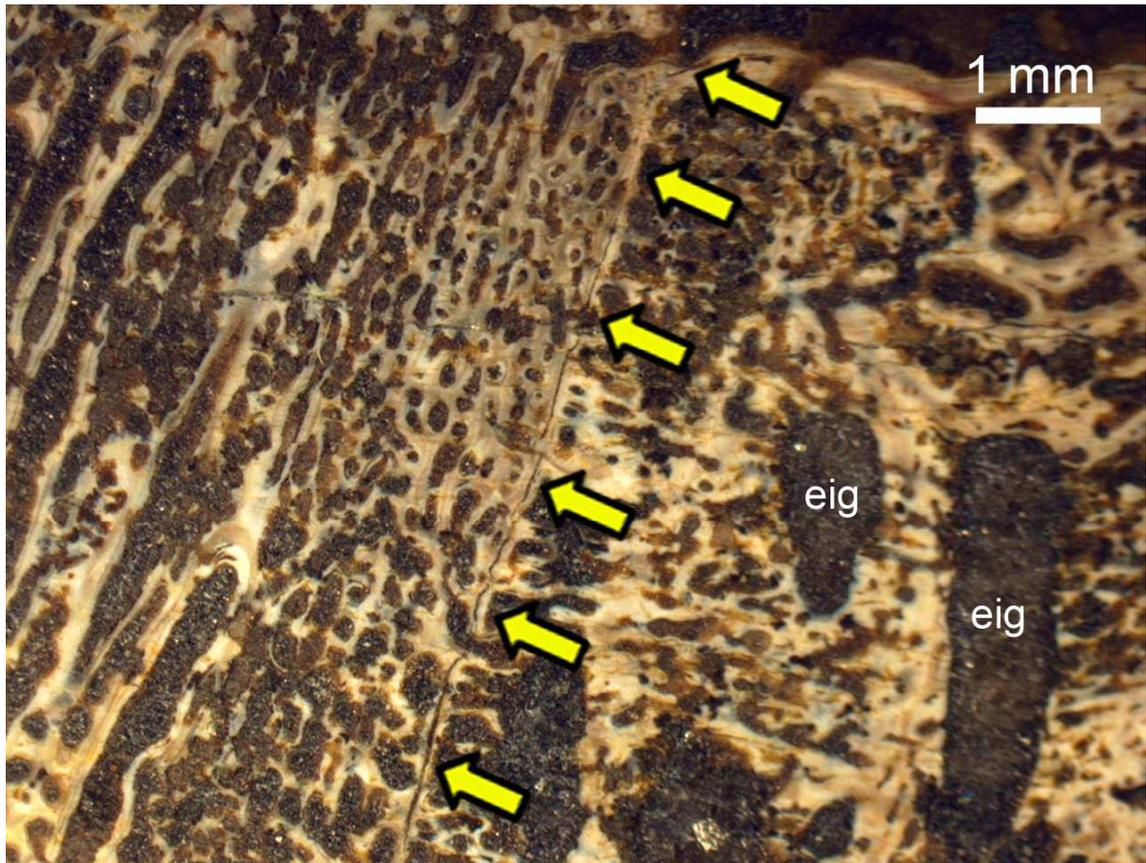


Figura 7.32. Histología fibrolaminar radial de la neof ormación de hueso compacto de la vértebra HB1. Las flechas marcan el límite normal (izquierda) y la patológica (derecha).
Abreviaturas: eig, espacios interóseos grandes.

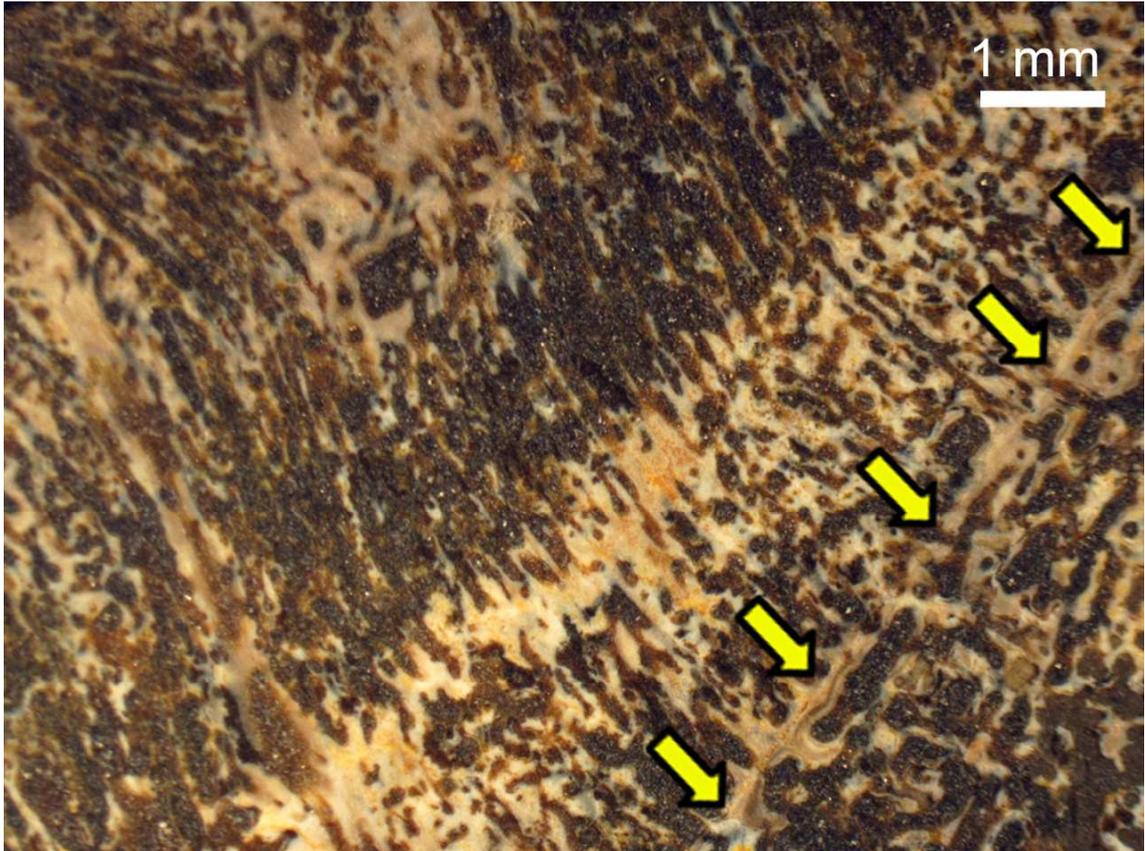


Figura 7.33. Histología fibrolaminar radial de la neoformación de trabéculas perpendiculares de la vértebra HB1. Las flechas marcan el límite normal (derecha) y la patológica (izquierda).

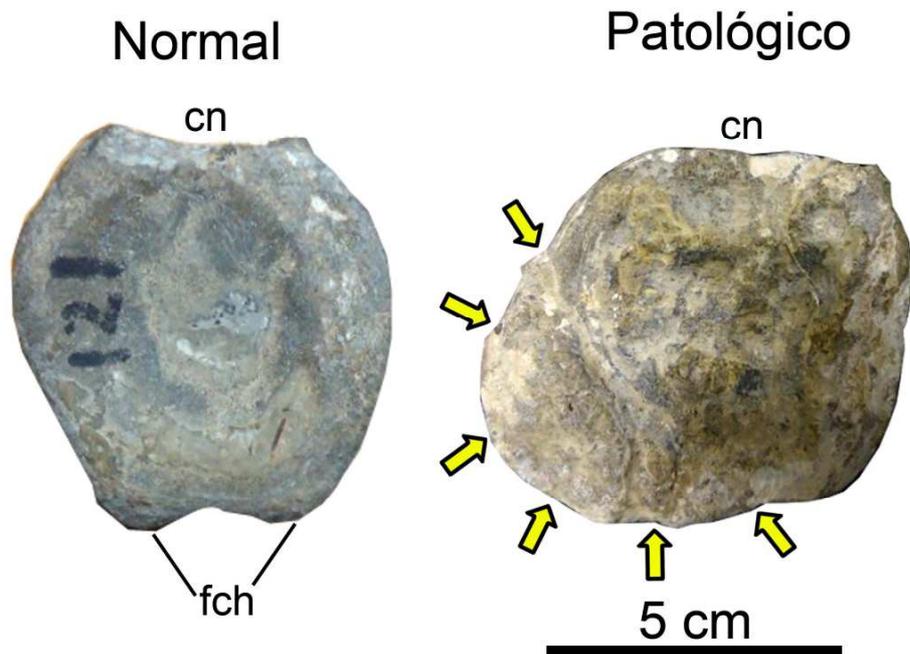


Figura 7.34. Comparación de vértebras caudales en vista caudal de hadrosauridae HB normal (izquierda) y la patológica HB3 (derecha). **Abreviaturas:** cn, canal neural; fch, facetas para chevrón.

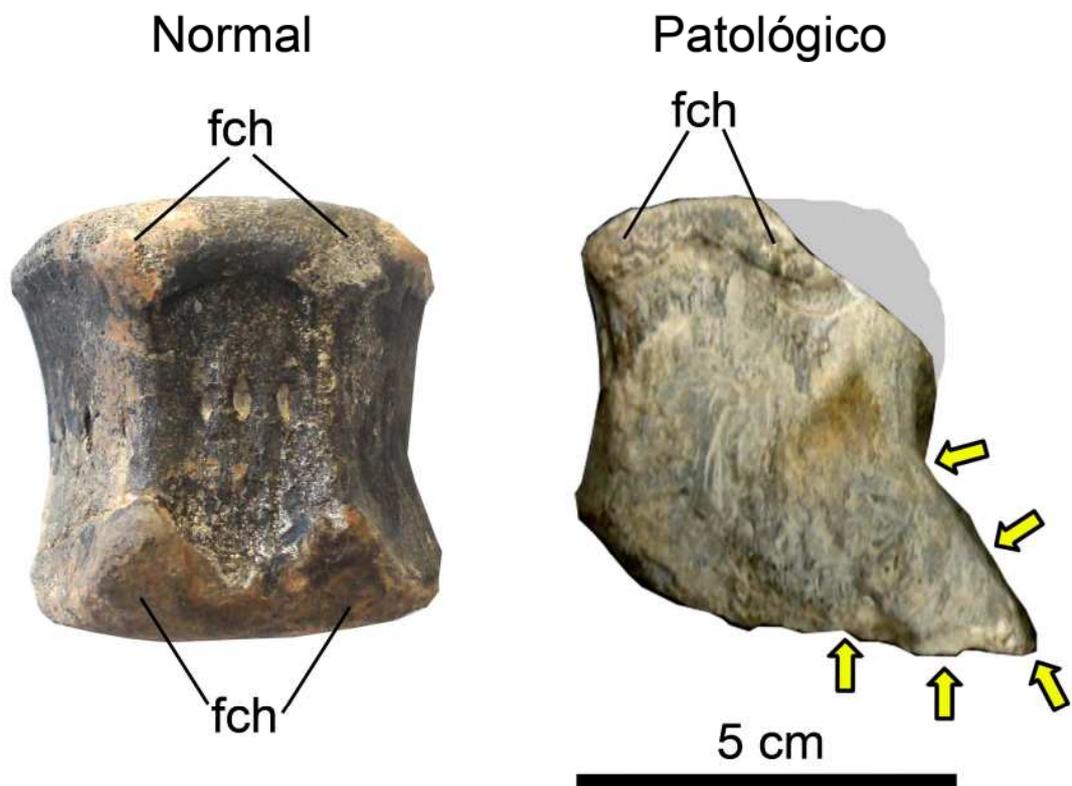


Figura 7.35. Comparación de vértebras caudales en vista ventral de *Velafrons coahuilensis* CPC-59 (izquierda) y la patológica HB3 (derecha). **Abreviaturas:** fch, facetas para chevrón.

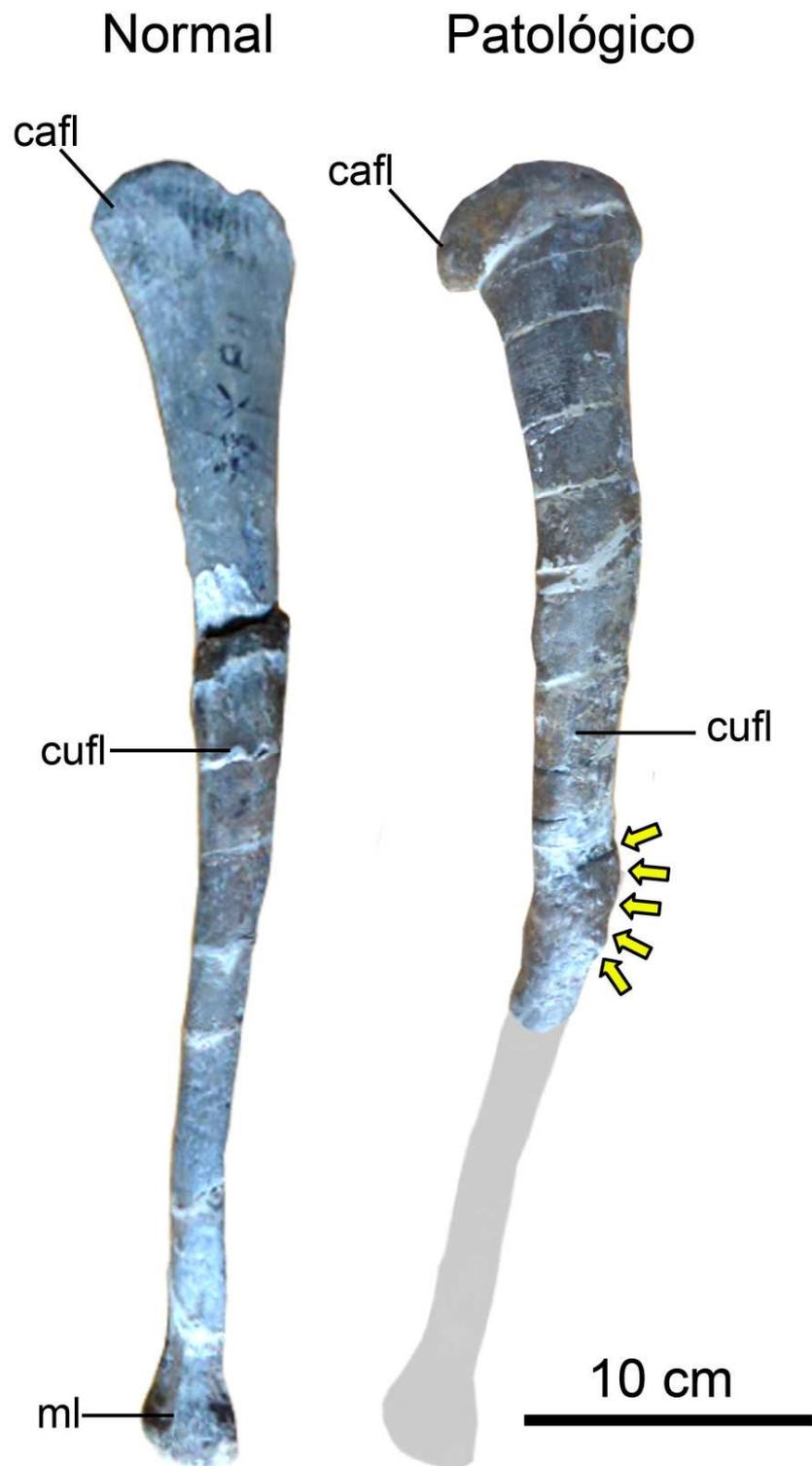


Figura 7.36. Comparación de las fíbulas derecha (normal inversa) e izquierda (patológica) del hadrosaurio HB, ambos en vista lateral. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cafl, cabeza de la fíbula; cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maléolo lateral.



Figura 7.37. Tomografías computarizadas de la fíbula HB1 en corte cráneo-caudal. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cafl, cabeza de la fíbula; einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.

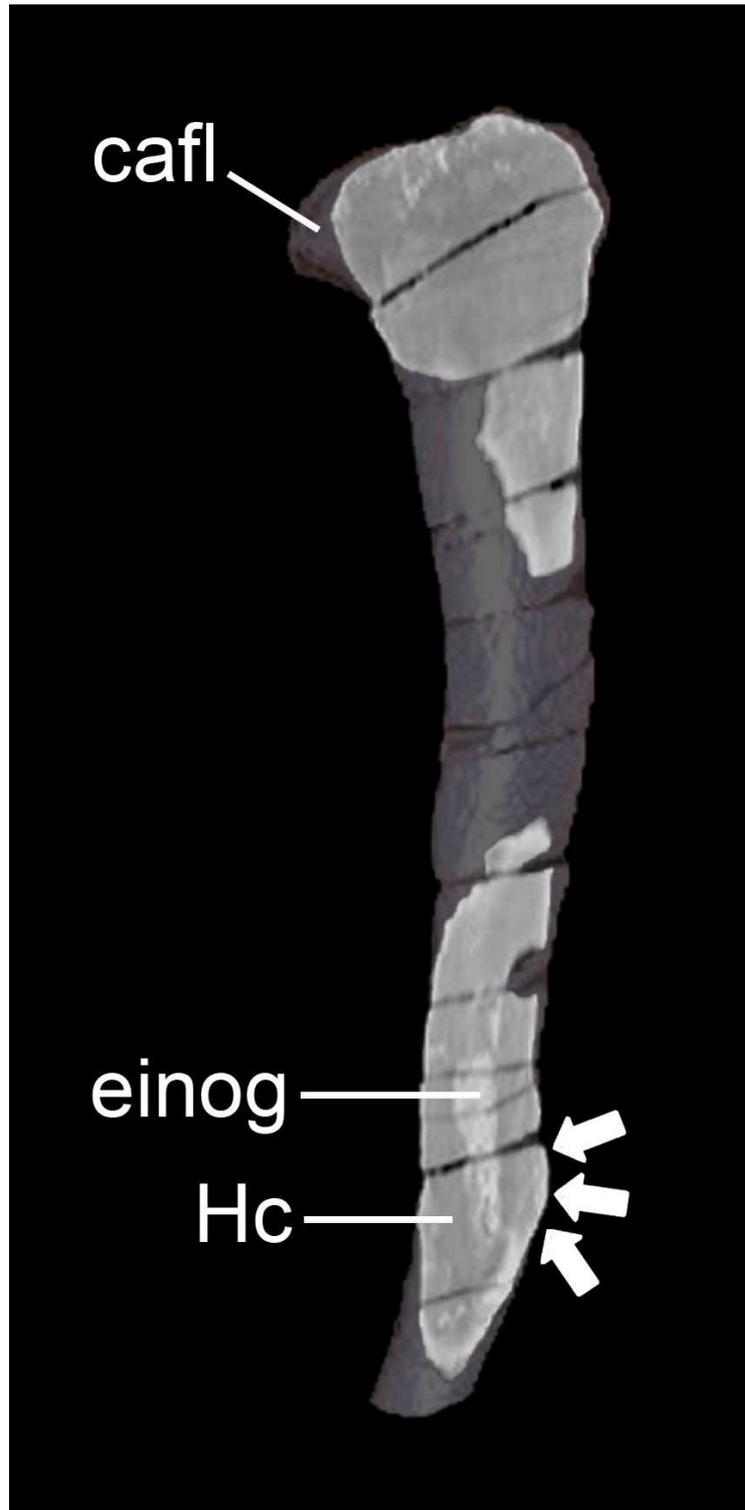


Figura 7.38. Tomografías computarizadas de la fíbula HB1 en corte latero-medial. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cafl, cabeza de la fíbula; einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.

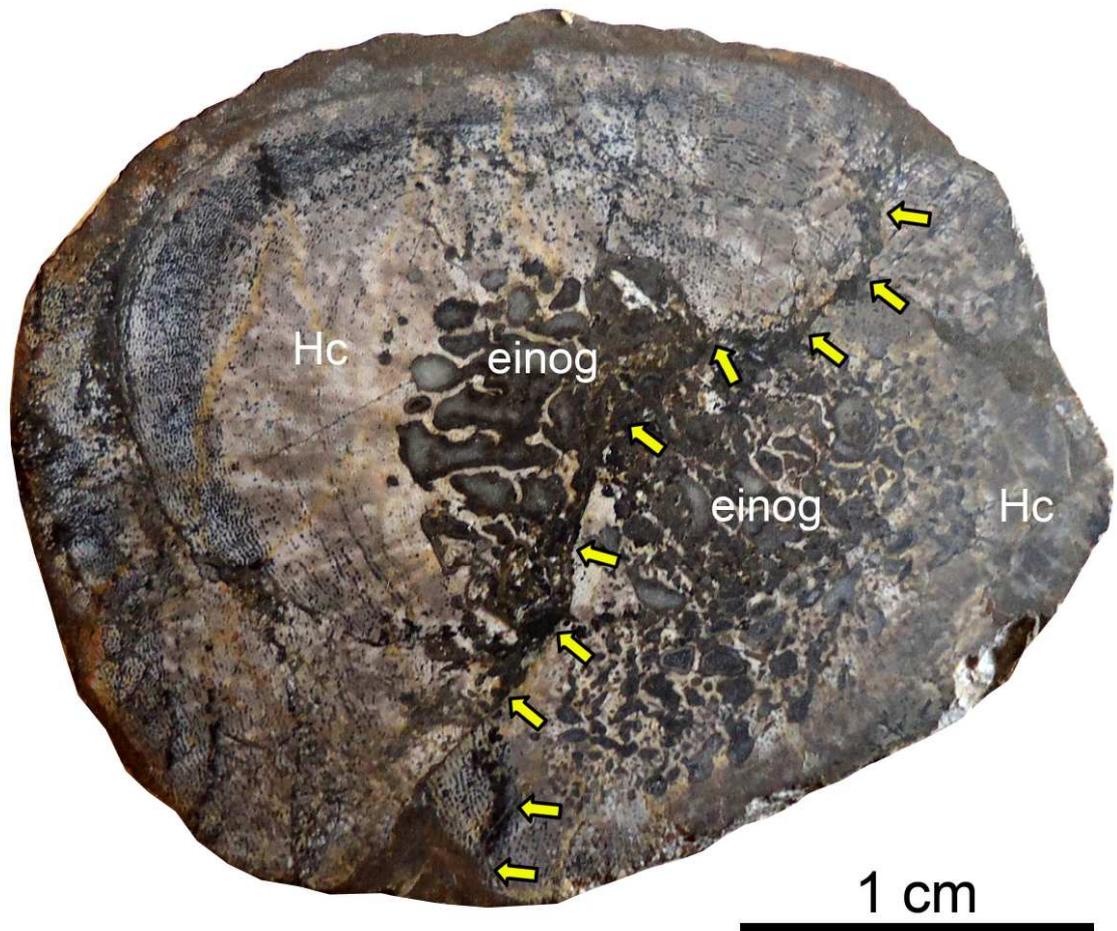


Figura 7.39. Corte transversal proximal de la fíbula HB1 mostrando su estructura interna. Las flechas delimitan la porción normal (izquierda) y la patológica (derecha). **Abreviaturas:** einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.

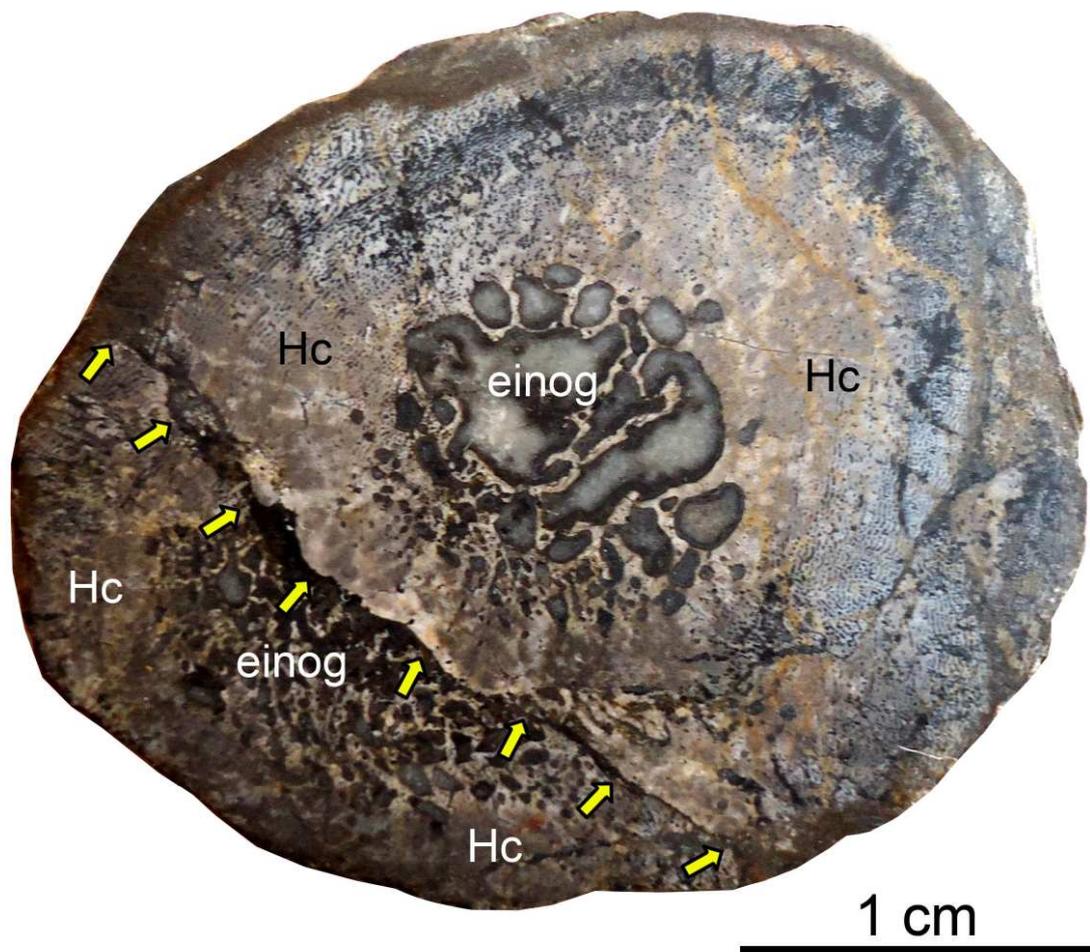


Figura 7.40. Corte transversal distal de la fíbula HB1 mostrando su estructura interna. Las flechas delimitan la porción normal (derecha) y la patológica (izquierda). **Abreviaturas:** einog, espacios interóseos de gran tamaño; Hc, hueso compacto.

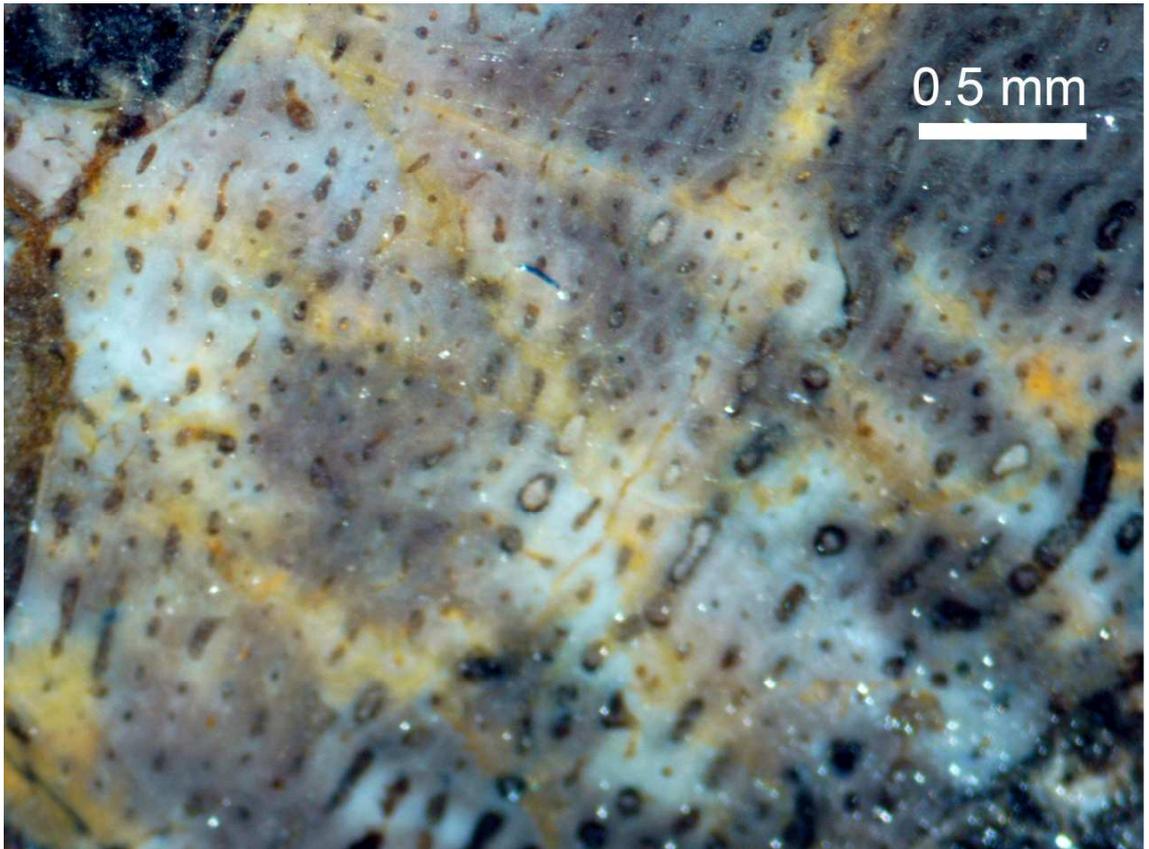


Figura 7.41. Histología fibrolaminar laminar cortical externa de la fíbula HB1.

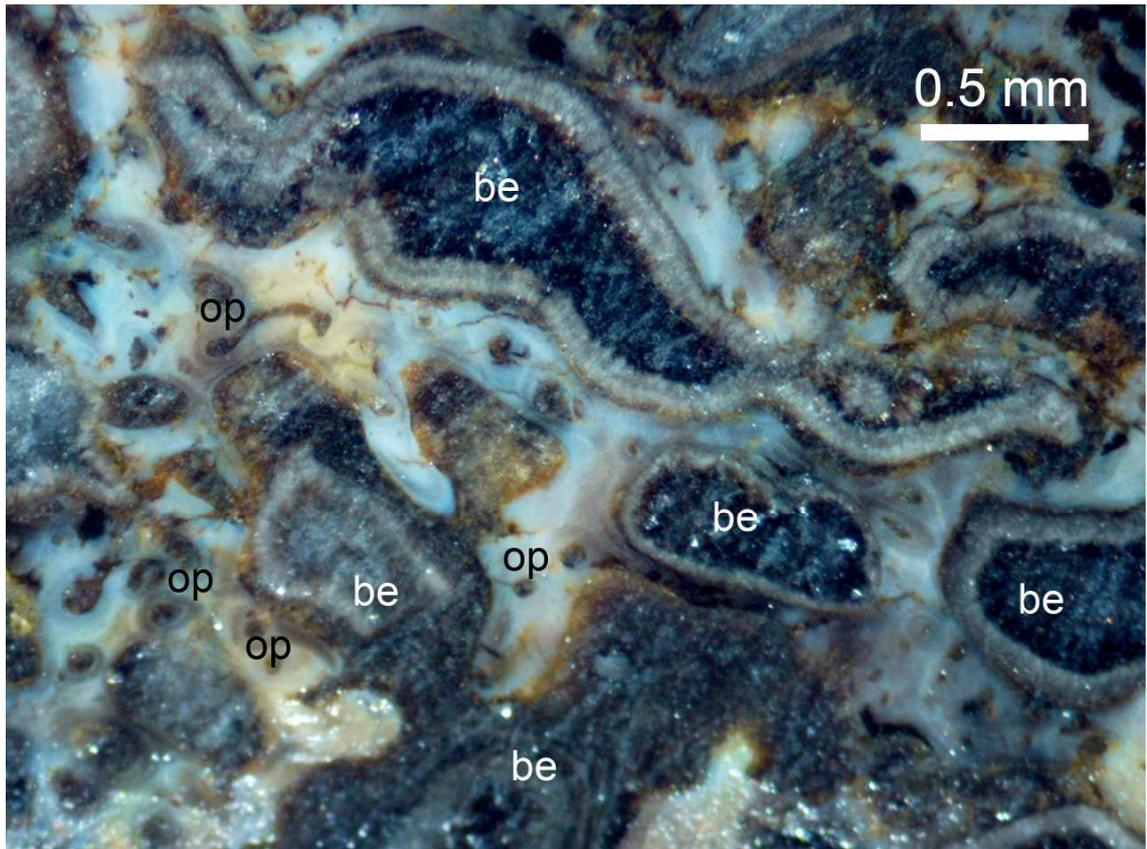


Figura 7.42. Histología fibrolaminar anómalo cortical interna de la fibula HB1. **Abreviaturas:** be, bahías de erosión; op, osteones primarios.

7.1.5. Hadrosauridae SEPC.

Material: fragmento de diáfisis de isquión sin identificar y un cuerpo de costilla.

Rasgos tafonómicos: desarticulación, fracturas post-fosilización.

Ocurrencia: localidad desconocida, Municipio General Cepeda, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: fragmento de diáfisis de isquion sin identificar y un cuerpo de costilla.

Colección paleontológica de resguardo: SEPC, dentro del MUDE.

a. Fragmento de diáfisis de un isquion sin identificar.

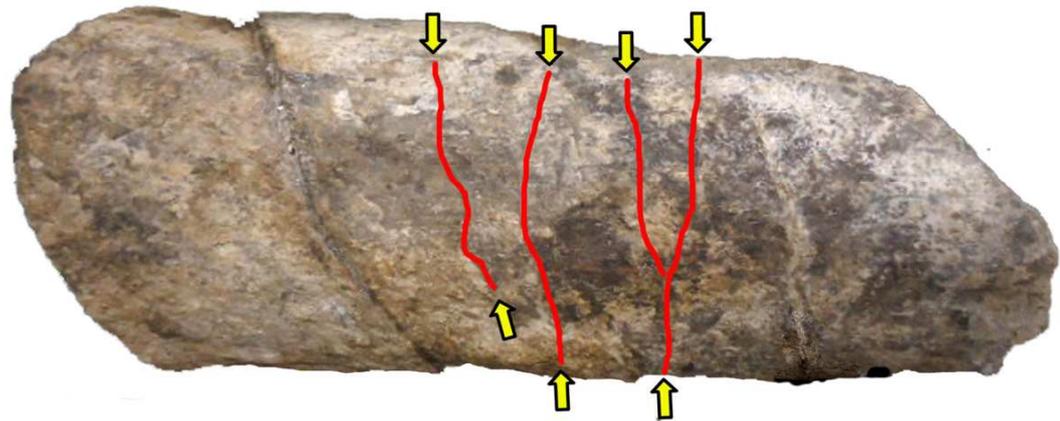
Descripción macroscópica externa: el fragmento de diáfisis tiene 16.4 cm de longitud y está incompleto en ambos extremos (Fig. 7.43). En vista lateral se observa cuatro líneas en forma de crestas pequeñas que recorren todo el hueso de forma transversal y dos de ellas se entrecruzan en un solo punto.

Probables diagnósticos diferenciales: reacción perióstica “circunferencial”, fractura por sobrecarga o fractura traumática directa.

b. Fragmento de costilla torácica.

Descripción macroscópica externa: el fragmento del cuerpo costal, es de 8.9 cm de longitud e incompleto de ambos lados (Fig. 7.43). En una de las superficies se observa tres líneas en forma de crestas que recorren el hueso de forma perpendicular al eje mayor del hueso (Fig. 7.44). En la superficie contaria se observan cinco líneas perpendiculares como las anteriores.

Probables diagnósticos diferenciales: reacción perióstica “circunferencial”, fractura por sobrecarga o fractura traumática directa.



5 cm

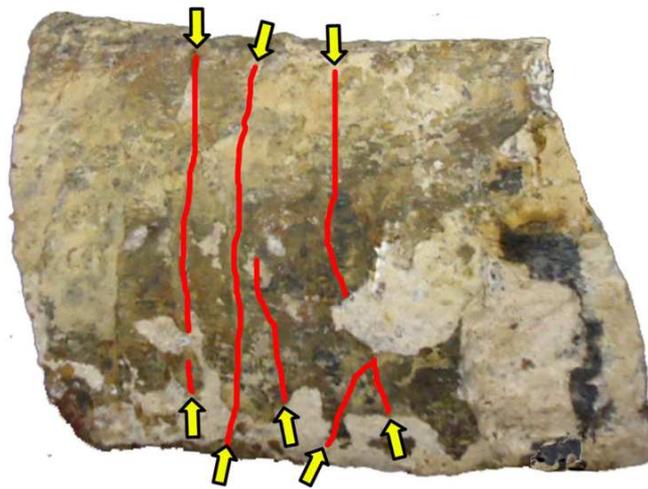


Figura 7.43. Diáfisis de un isquión (arriba) y un fragmento de cuerpo de costilla (abajo) del hadrosaurio de General Cepeda SEPC. Las flechas marcan el inicio y el término de la lesión (las líneas transversales).

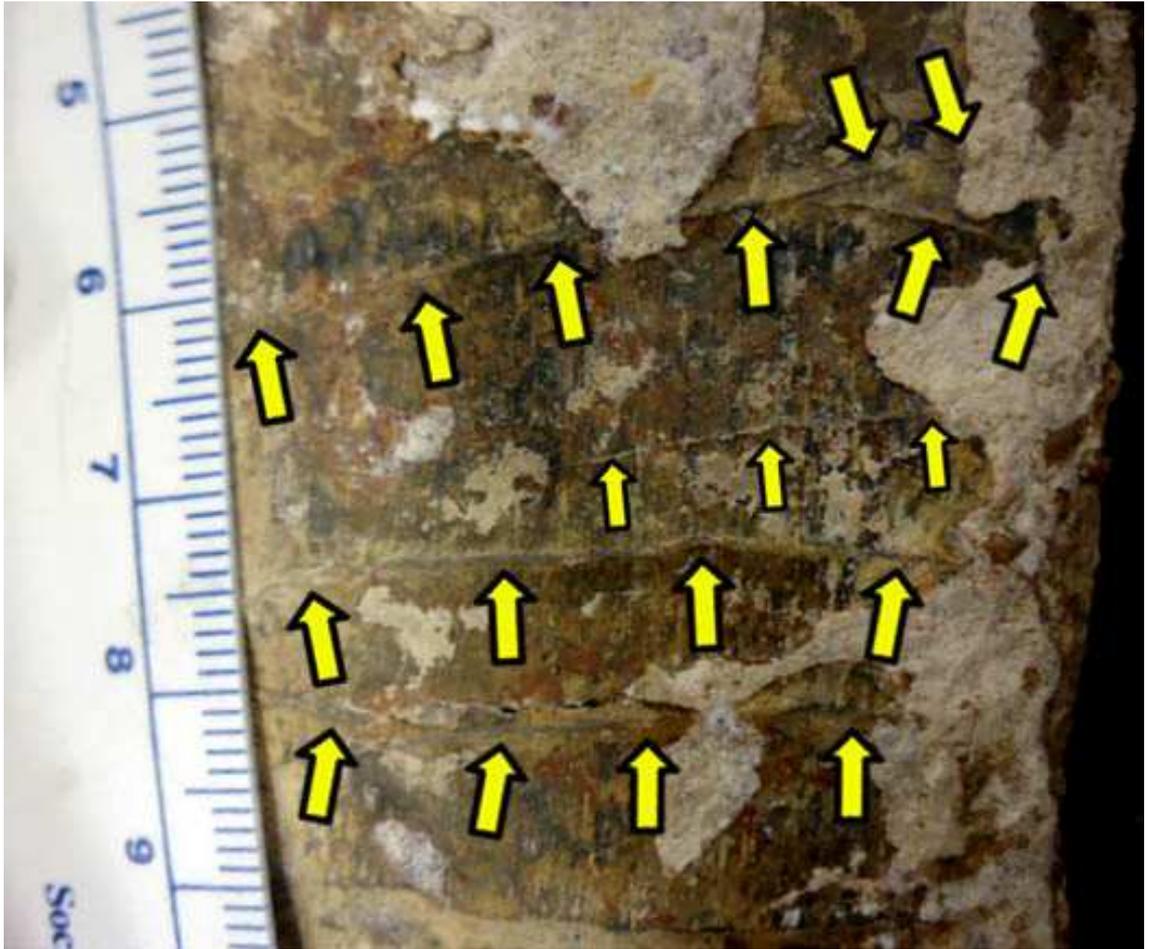


Figura 7.44. Acercamiento del fragmento del cuerpo de la costilla del hadrosaurio de General Cepeda SEPC. Las flechas delimitan las lesiones perpendiculares.

7.1.6. Hadrosauridae SEPC CD1.

Material: vértebras caudales, fragmento distal de isqui6n, metatarsos y falanges.

Rasgos tafon6micos: desarticulaci6n, abracci6n, fracturas post-fosilizaci6n.

Ocurrencia: localidad Cerro de los Dinosaurios, cantera 1 (CD-1). Municipio General Cepeda, Coahuila.

Edad geol6gica: Formaci6n Cerro del Pueblo.

Material patol6gico: falange CD1/28 del dedo IV y falange CD1 del dedo III (Fig. 7.45).

Colecci6n paleontol6gica de resguardo: SEPC, dentro del MUDE.

a. Falange 1 del d6gito IV.

Descripci6n macrosc6pica externa: La falange I del d6gito IV, cuya longitud es de 4.1 cm de longitud (Fig. 7.45), presenta una lesi6n el6ptica bien delimitada en la regi6n central, de la fosita articular (7.46). La lesi6n presenta di6metros de 1.3 y 0.7 cm respectivamente.

Probables diagn6sticos diferenciales: discondroplasia (u osteocondrosis), osteomielitis o artropat6a degenerativa.

b. Falange 2 del d6gito III.

Descripci6n macrosc6pica externa: en la falange 2 d6gito III, de 3.2 cm de longitud, incompleta en sus bordes laterales y dorsal (Fig. 7.45), en su fosita articular presenta una lesi6n de forma el6ptica e irregular, con bordes definidos (Fig. 7.46). Su di6metro mayor es de 3 cm y menor de 1.4 cm.

Probables diagn6sticos diferenciales: discondroplasia (u osteocondrosis), osteomielitis o artropat6a degenerativa.

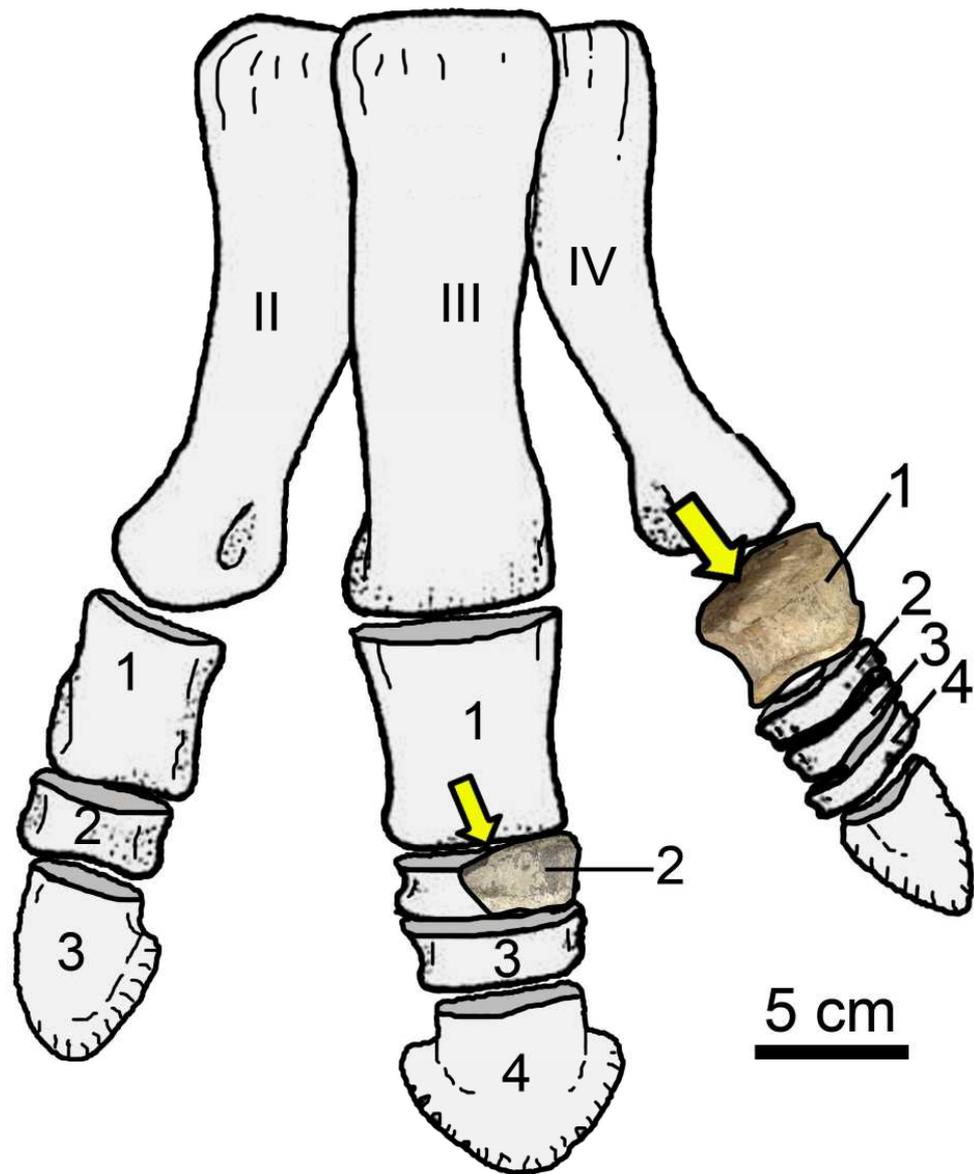


Figura 7.45. Diagrama de los huesos de la pata de un hadrosaurio (Modificado de Rothschild and Tanke, 2007) ubicando la falange SEPC CD1 (dedo III, falange 2) y SEPC CD1/28 (dedo IV, falange 1). La flecha indica la ubicación de la lesión.

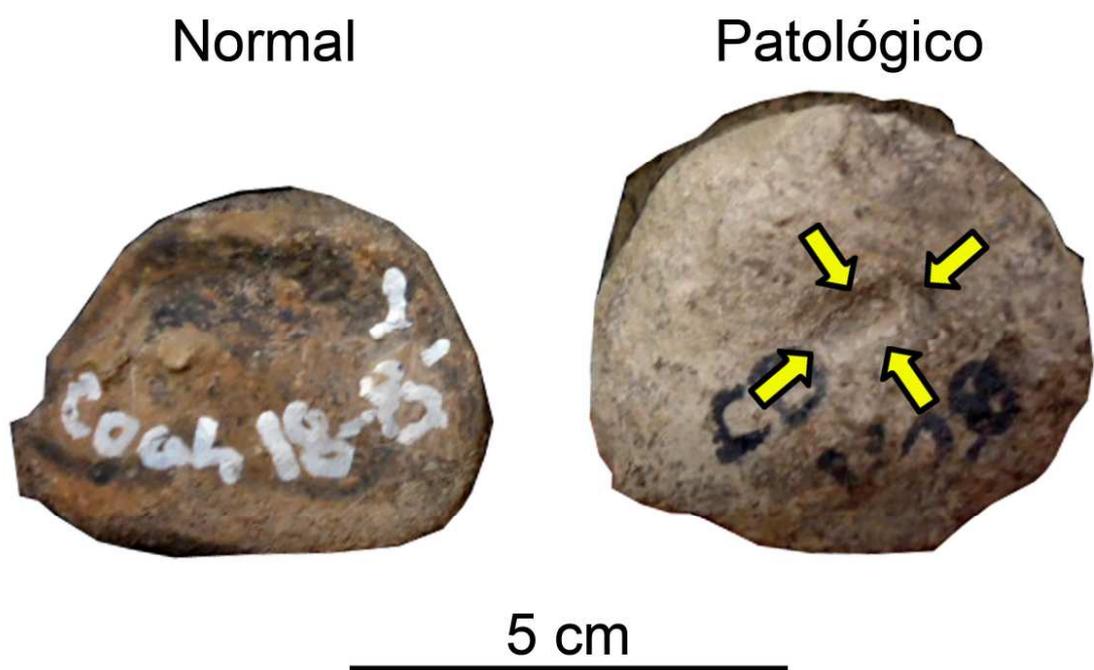


Figura 7.46. Comparación de la fosita de falange de hadrosauridae El Carmen (normal) y la falange patológica SEPC CD1/28. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.

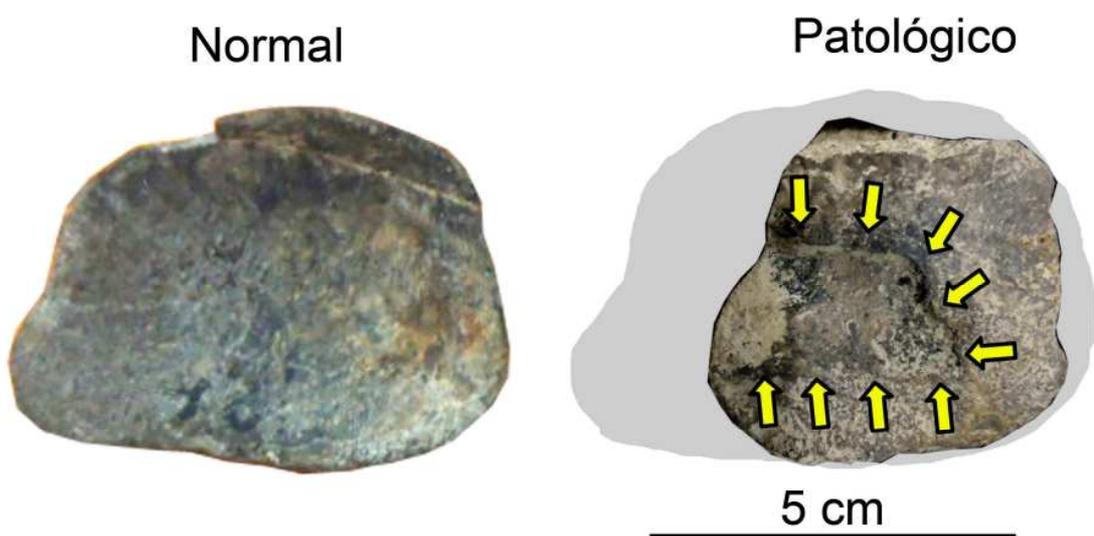


Figura 7.47. Comparación de la fosita de falange de hadrosauridae HB (normal) y la falange incompleta patológica SEPC CD1. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.

7.1.7. Hadrosauridae BENC 1/1-0009.

Material: escápula derecha, astrágalo y falange ungual pedal III (Fig. 7.48).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, fracturas post-fosilización.

Ocurrencia: localidad El Palmar. Municipio General Cepeda, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: falange ungual pedal III (Figs. 7.49).

Colección paleontológica de resguardo: BENC.

a. Falange ungual pedal III.

Descripción macroscópica externa: la lesión se ubica en la superficie plantar, en la región central (Fig. 7.50). Presenta una superficie rugosa en su interior, delimitada por bordes irregulares y poco definidos (Figs. 7.50 y 7.51). Su forma general es elíptica. Su diámetro mayor es de 2.6 cm y el menor de 1.3 cm.

Probables diagnósticos diferenciales: osteomielitis no purulenta o pododermatitis.

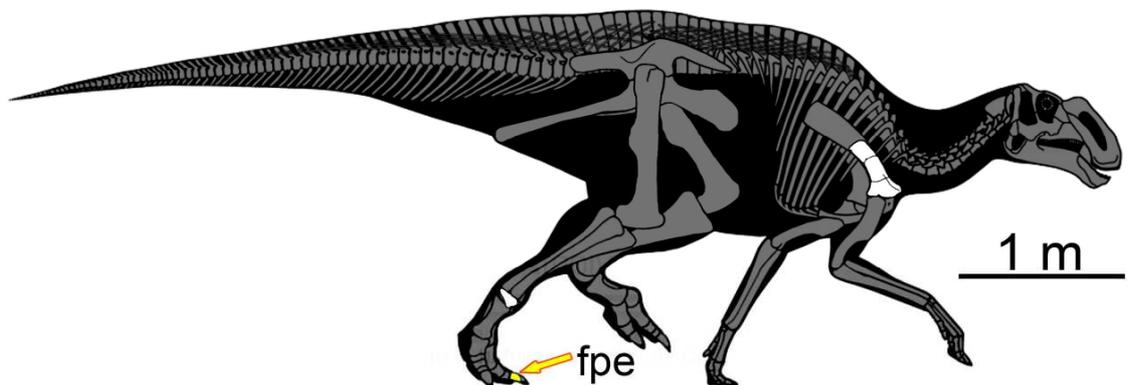


Figura 7.48. Reconstrucción del esqueleto del hadrosaurio BENC 1/1-0009, de la localidad Palmar. La flecha indica el hueso con lesión. **Abreviaturas**: fpe, falange pedal.

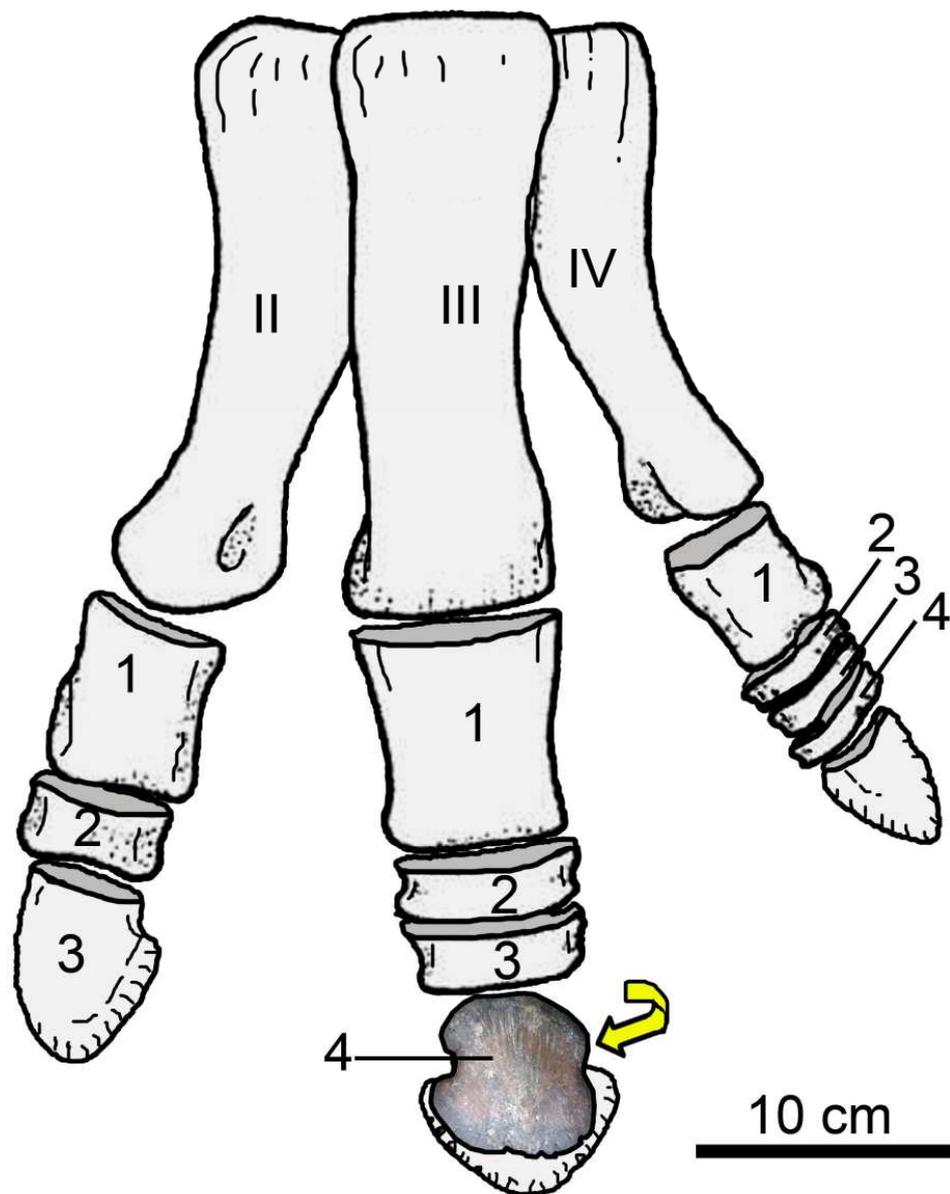


Figura 7.49. Diagrama de los huesos de la pata de un hadrosaurio (Modificado de Rothschild and Tanke, 2007) ubicando la falange pedal BENC 1/1-0009. La flecha indica la ubicación de la lesión en la parte plantar.

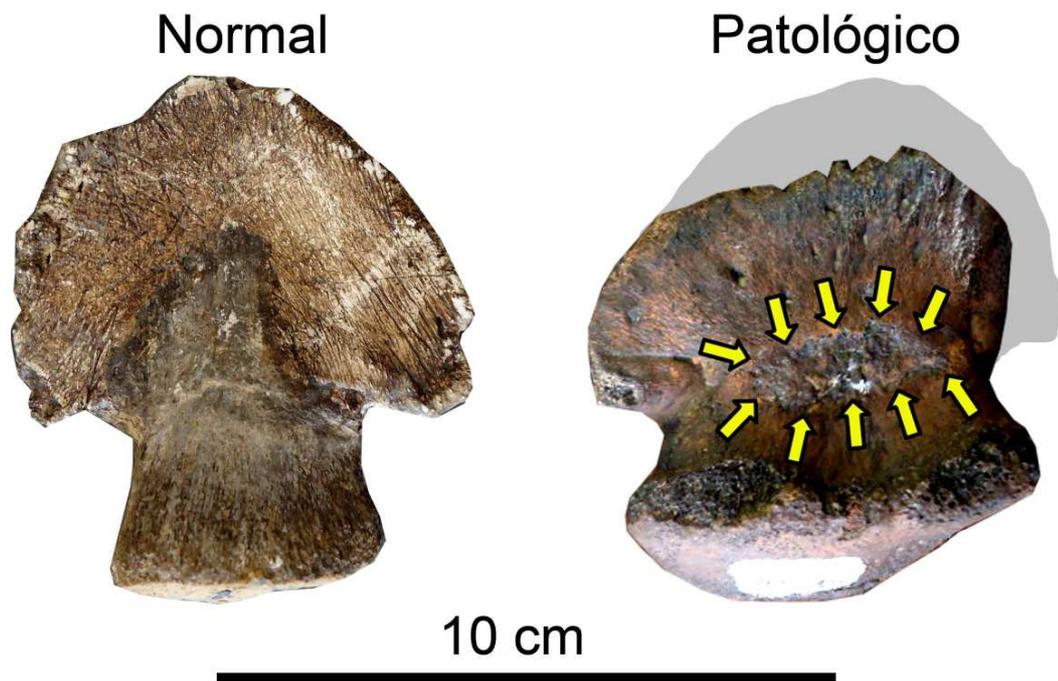


Figura 7.50. Comparación de falanges pedales (o terminales) en vista plantar de c.f. *Latirhinus uitstlani* normal y la falange BENC 1/1-0009. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.

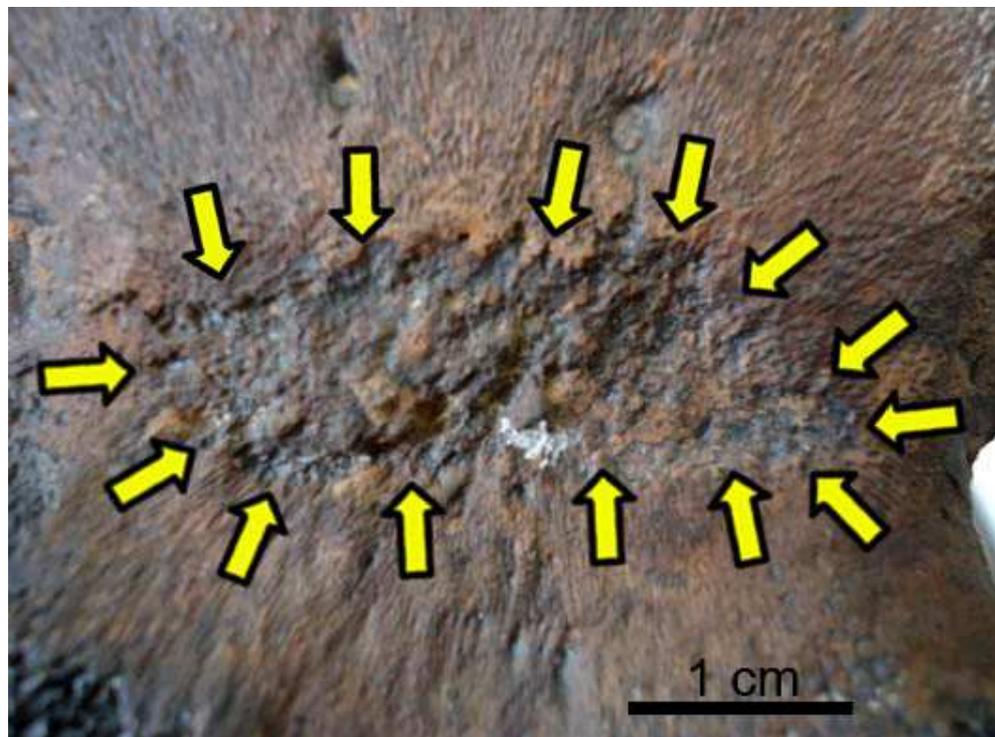


Figura 7.51. Acercamiento de la lesión de la falange pedal BENC 1/1-0009 en vista plantar. Las flechas delimitan los bordes de la lesión.

7.1.8. Hadrosauridae BENC 18 1-0901.

Material: ambos maxilares, cuadrado, condrocraqueo, vértebras completas y procesos espinosos de cervicales, torácicas y caudales, costillas torácicas, escápula derecha, ambos húmeros, ulna, metacarpo, pubis, fémur izquierdo, tibia izquierda, fíbula derecha y metatarsos (Fig. 7.52).

Ocurrencia: localidad El Palmar, Municipio General Cepeda, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Rasgos tafonómicos: desarticulación, concreciones, fracturas post-fosilización, deformación plástica.

Material patológico: cuerpo de costilla incompleto (Fig. 7.52).

Colección paleontológica de resguardo: BENC.

a. Cuerpo incompleto de costilla torácica.

Descripción macroscópica externa: en la porción central del cuerpo de la costilla, presenta una cresta longitudinal (Figs. 7.53-7.54), orientada de manera transversal al eje mayor y que rodea todo el ancho del hueso. La cresta delimita el cambio anómalo de dirección del extremo distal del cuerpo costal, la cual esta ligeramente inclinada hacia ventral.

Probables diagnósticos diferenciales: reacción perióstica “circunferencial”, fractura de sobrecarga o fractura traumática directa con deformación secundaria.

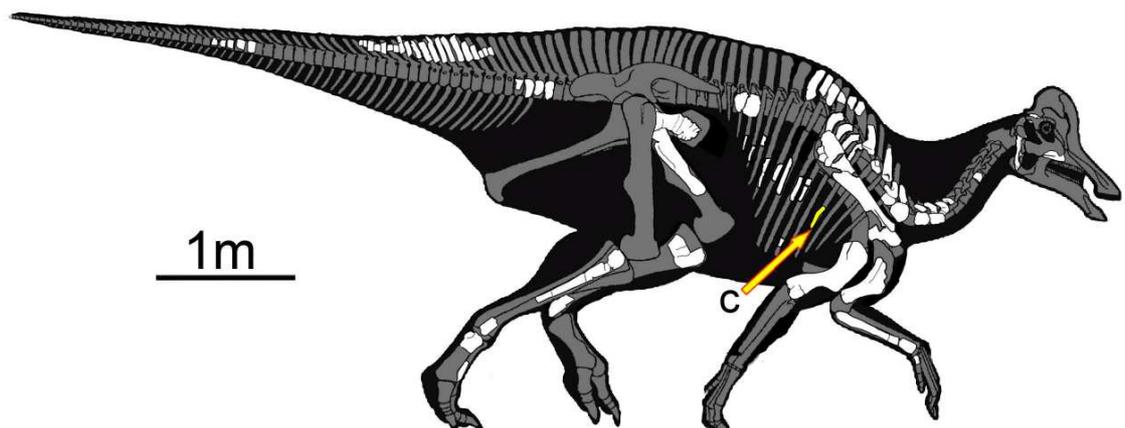


Figura 7.52. Reconstrucción del esqueleto del hadrosaurio BENC 18/1-0901. La flecha indica el hueso con la lesión. **Abreviaturas:** c, costilla.



Figura 7.53. Costilla del hadrosaurio BENC 18/1-0901 en vista dorsal, craneal y caudal (de arriba hacia abajo). Las flechas marcan los bordes de la lesión.

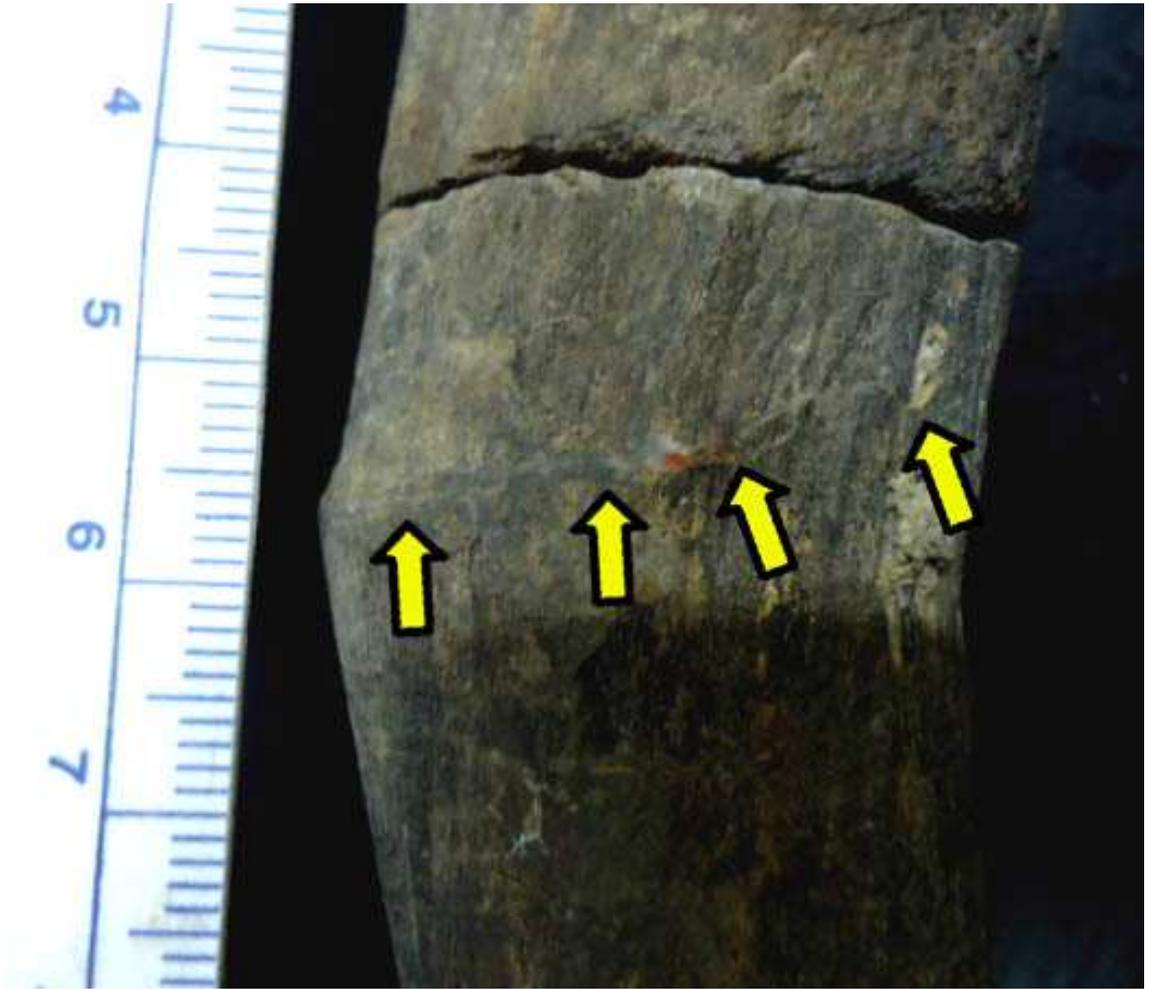


Figura 7.54. Acercamiento de la superficie de la costilla del hadrosaurio BENC 18/1-0901 en vista craneal. Las flechas marcan los bordes de la lesión.

7.1.9. Hadrosauridae Cañon del Oso.

Material: vértebra cervical y fragmentos de huesos largos.

Rasgos tafonómicos: fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad Cañon del Oso (IGM 308), Saltillo, Coahuila.

Edad geológica: Formación Olmos.

Material patológico: cuerpo vertebral cervical.

Colección paleontológica de resguardo: IGM, dentro del Museo María del Carmen Perrilliat.

a. Cuerpo vertebral cervical sin procesos.

Descripción macroscópica externa: en la cara articular craneal del cuerpo vertebral, se observa una neoformación ósea, que se extiende a todo lo ancho del hueso como una “media luna o cinturón” (Fig. 7.55-7.56). La superficie es irregular, invasiva y cubre la cabeza del cuerpo vertebral (Fig. 7.56). Su textura irregular está formada por varias cavidades de diversos tamaños, con bordes lisos y redondeados (Fig. 7.57). Las cavidades mayores se encuentran rodeadas de cavidades más pequeñas. Esta neoformación mide alrededor de 14 cm de ancho por 6.5 cm de alto. En la superficie caudal erosionada, se observa el hueso esponjoso homogéneo normal.

Descripción macroscópica interna: la tomografía computarizada revela que la región de la neoformación, tiene una densidad radiológica mayor que la zona normal del cuerpo vertebral (Fig. 7.58). En el extremo craneal de esta neoformación se presenta un canal que cruza esta vértebra transversalmente (Fig. 7.59). Las zonas radiopacas se interpreta como hueso esponjoso con grandes espacios interóseos y las zonas radiolúcidas como hueso esponjoso con espacios interóseos más pequeños.

Probables diagnósticos diferenciales: neoplasia maligna.

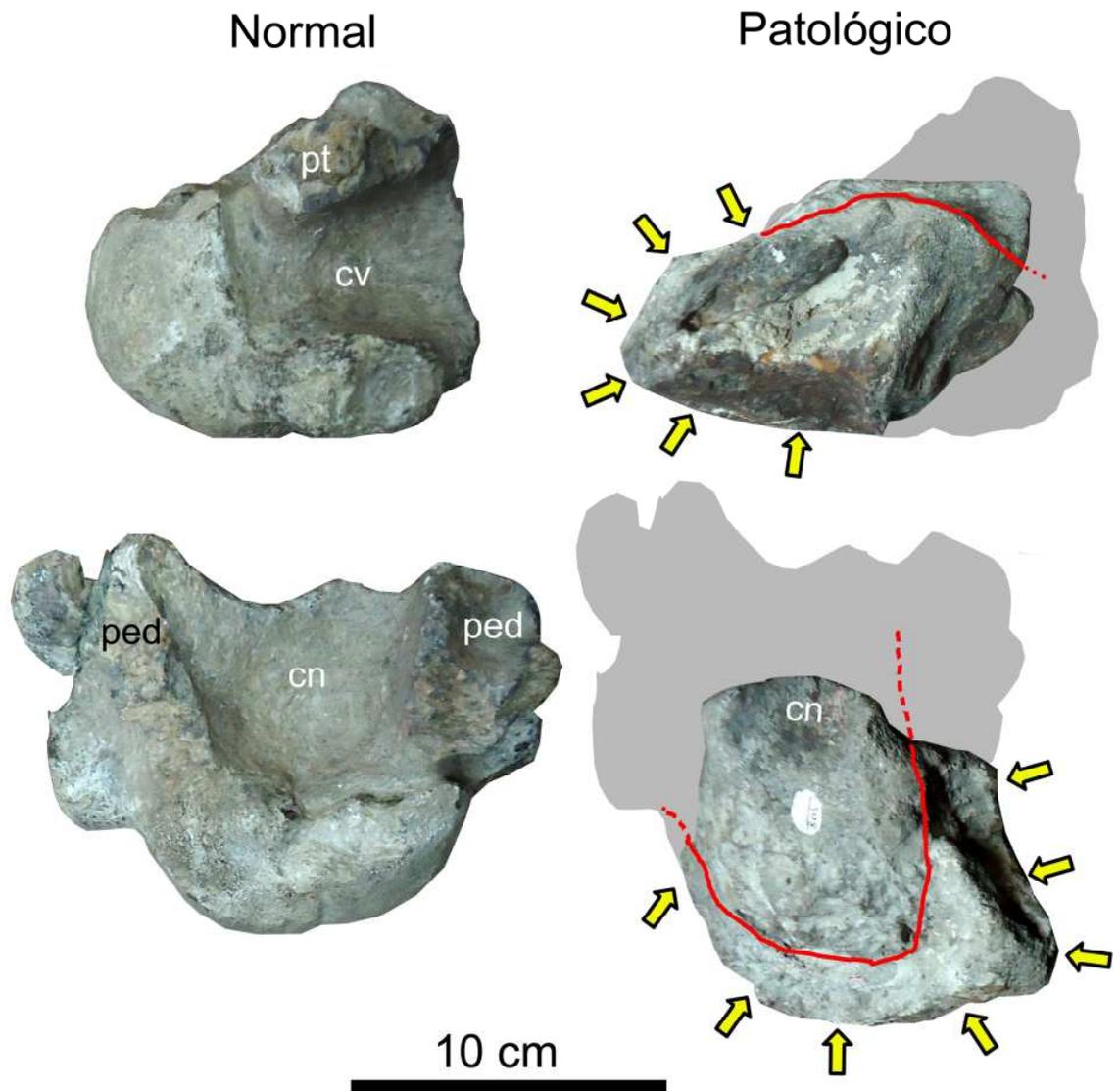


Figura 7.55. Comparación de vértebras cervicales del del hadrosaurio Ictecas (normal) y del hadrosaurio del Cañon del Oso patológica, ambos en vista lateral (arriba) y vista dorsal (abajo). Las flechas marcan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** cn, canal neural; cv, cuerpo vertebral; ped, pedículos; pt, proceso transverso.

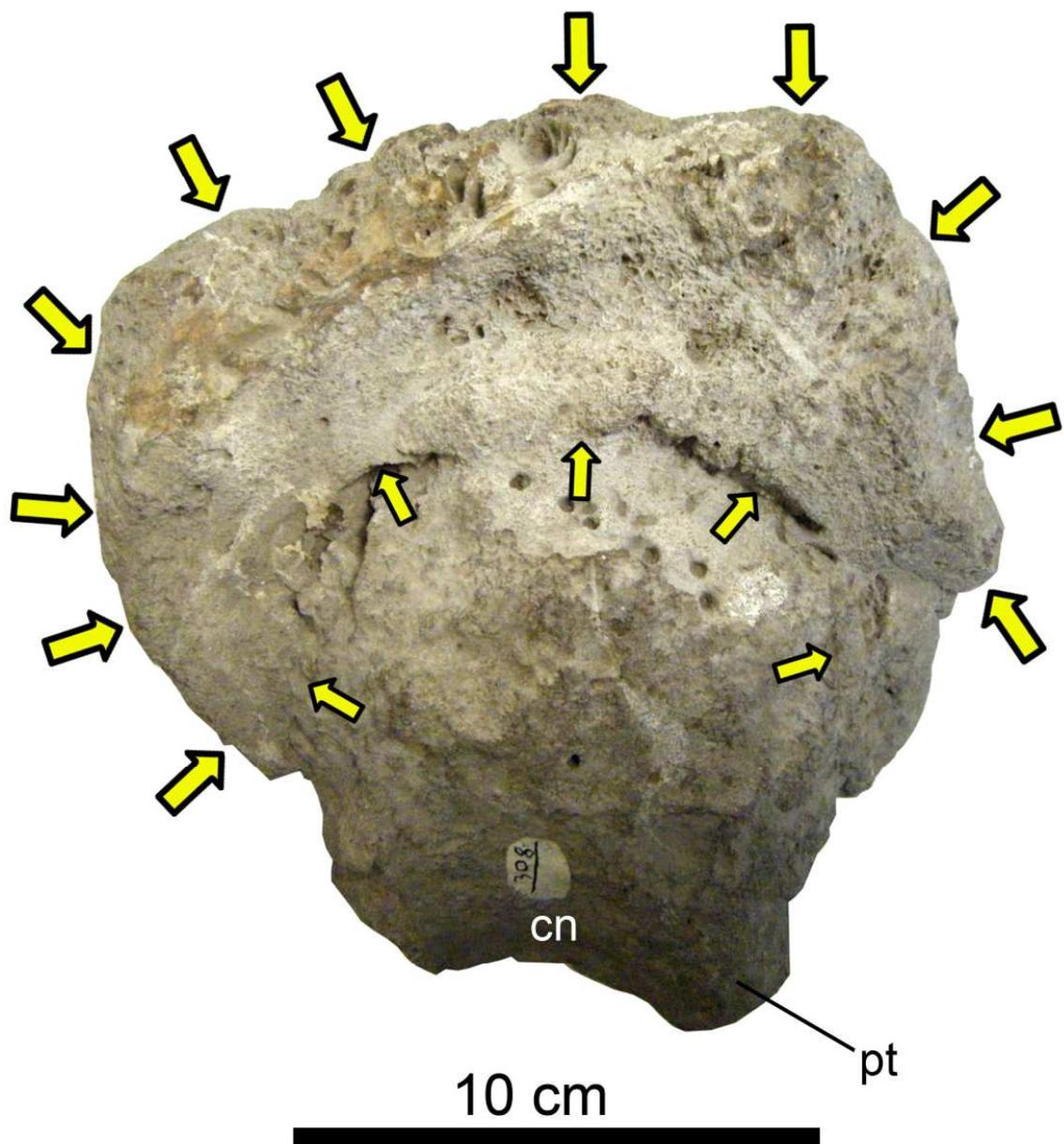


Figura 7.56. Cuerpo vertebral de la vértebra cervical del hadrosaurio Cañon del Oso en vista dorsal. Las flechas marcan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** cn, canal neural; pt, proceso transverso.



Figura 7.57. Texturas de la lesión de la vértebra cervical del Cañon del Oso en vista dorsal.

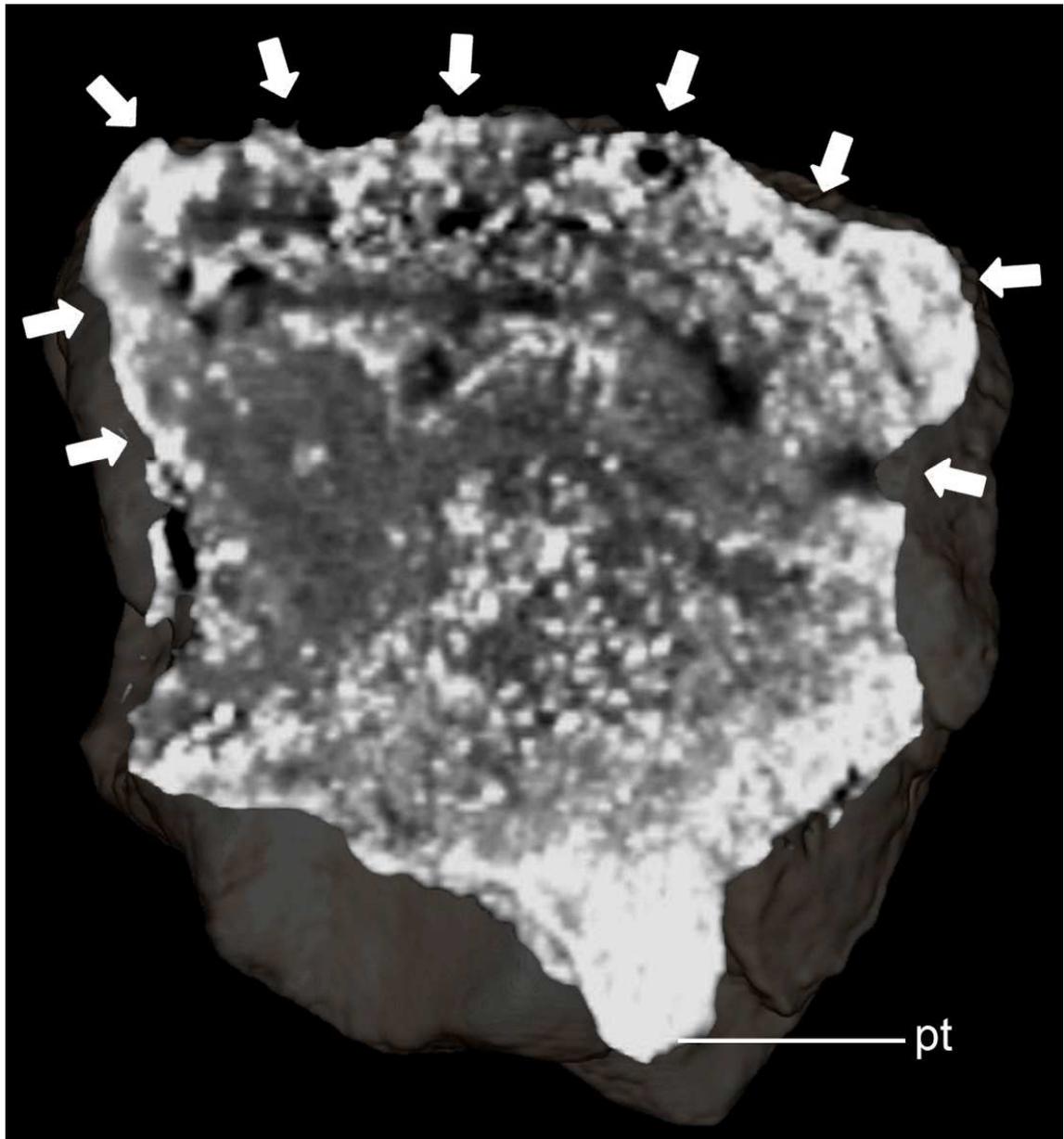


Figura 7.58. Tomografía computarizada de la vértebra cervical del hadrosaurio del Cañon del Oso en corte dorso-ventral. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** pt, proceso transverso.

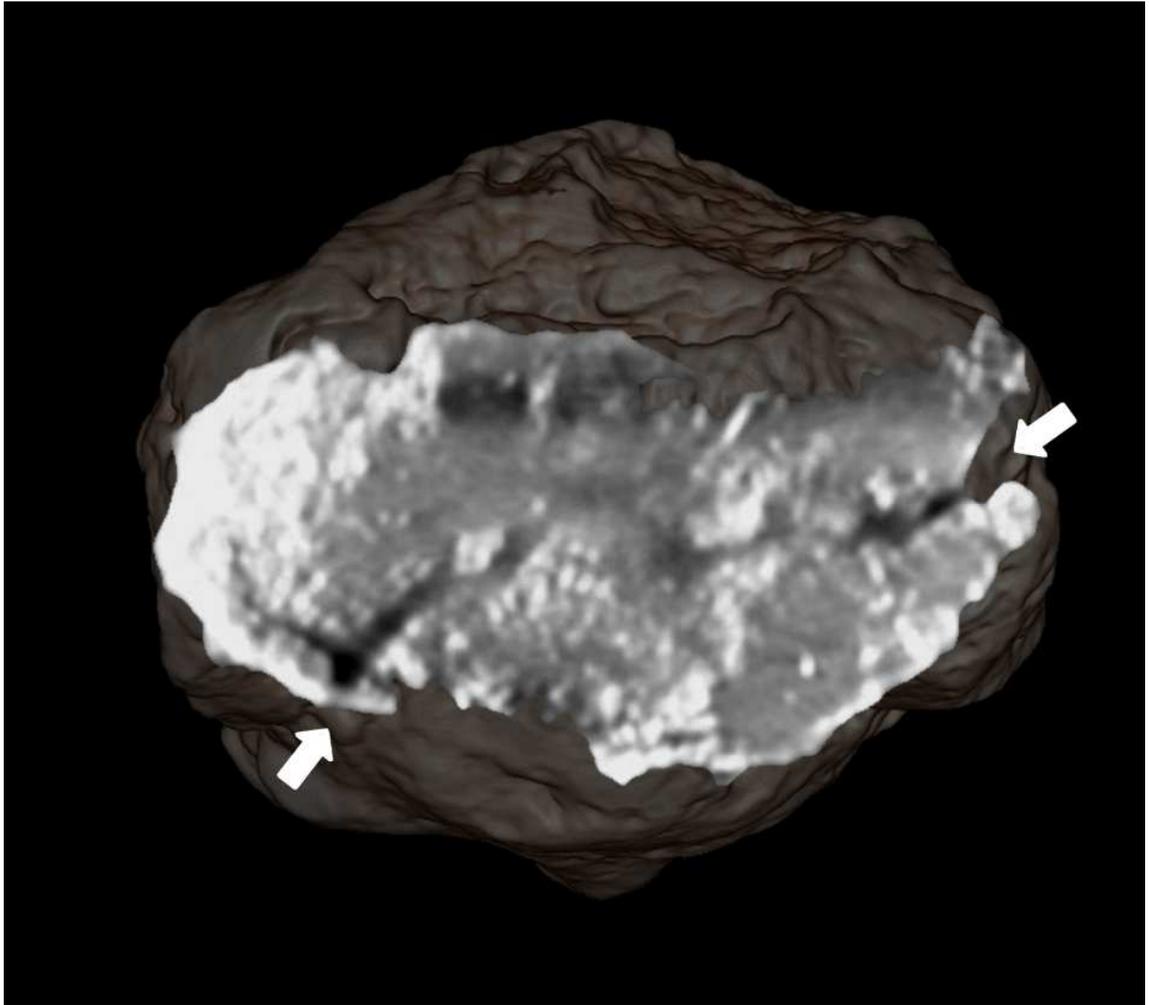


Figura 7.59. Tomografía computarizada de la vértebra cervical del hadrosaurio del Cañon del Oso en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan las entradas de un canal dentro de la lesión (del tejido de neoformación).

7.1.10. Hadrosauridae Las Garzas A.

Material: cuerpo vertebral torácico, arco neural y proceso transverso.

Rasgos tafonómicos: desarticulación, intemperismo, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad Las Garzas. Municipio Ocampo, Coahuila.

Edad geológica: Formación Aguja.

Material patológico: cuerpo vertebral torácico.

Colección paleontológica de resguardo: IGM, depositado temporalmente en la litoteca.

a. Cuerpo vertebral torácica.

Descripción macroscópica externa: en el cuerpo vertebral, en vista ventral se observa el borde lateral derecho de la cara articular caudal se anormalmente expandido hacia caudal, en comparación con el borde lateral izquierdo, delimitado por una fractura vertical (Figs. 7.60). En vista ventral, la línea de fractura continua hacia anterior, de manera paralela a la cresta ventral (Fig. 7.60) En vista lateral derecho el borde anómalo de la fosa, se encima hacia el costado del cuerpo vertebral, sin fusionarse, mostrando el borde de unión de los huesos como una elevación o sobrecrecimiento, a diferencia del costado izquierdo de apariencia normal (Fig. 7.61). La fosita o cara articular caudal anómala presenta una forma elíptica siendo más ancha que alta (en otras vértebras normales, la fosita es más alta que ancha; Fig. 7.62). En vista dorsal se alcanza a apreciar el canal neural afectado por el borde lateral derecho, presentando una posición diagonal hacia lateral derecha (Fig. 7.63). Normalmente este arco es recto respecto al eje del cuerpo vertebral (Fig. 7.63). En vista dorsal carece de la fractura longitudinal (Fig. 7.63).

Descripción macroscópica interna: la tomografía computarizada revela que en la vista dorsal, de este elemento óseo, se presenta una textura homogénea. Las zonas más radiolúcidas son fracturas diagenéticas que permitieron el reemplazamiento con nuevos minerales (Fig. 7.64).

En corte transversal se ve un patrón trabecular normal, a excepción de una zona más oscura, que representa una porción de reemplazamiento total del hueso por minerales metálicos de origen diagenético (Fig. 7.65-7.66). En el corte también se observa un patrón trabecular irregular, con espacios interóseos conectados entre sí en la porción más distal del borde anómalo.

Descripción microscópica: el hueso trabecular (normal) al interior de la vértebra, está formado por hueso laminar (Fig. 7.67), al igual que la región patológica. Las trabéculas patológicas carecen de orientación y los espacios interóseos son de forma circular y más pequeños (Fig. 7.68).

En uno de los bordes de la vértebra, se observa la continuación de la fractura del costado lateral derecho donde sólo afectó a la porción cortical de hueso laminar (Fig. 7.69).

Probables diagnósticos diferenciales: fractura traumática o trastorno del desarrollo.

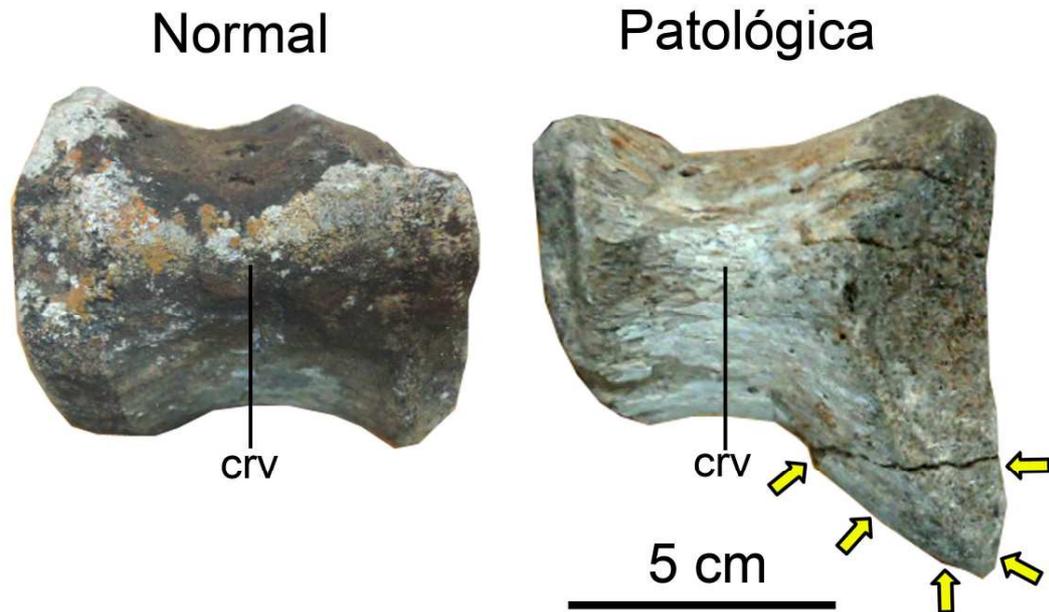
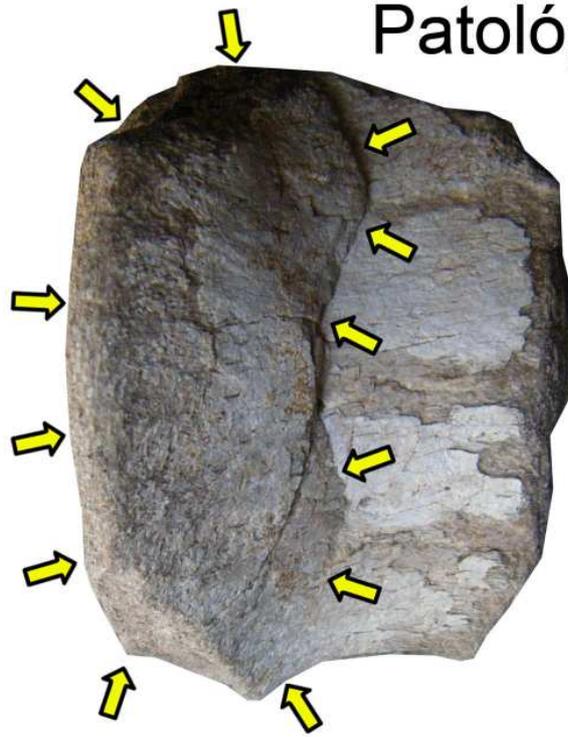


Figura 7.60. Comparación de cuerpos vertebrales torácicos en vista ventral de un hadrosaurio de Rincón Colorado (normal) y del hadrosaurio de Las Garzas A (patológico). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** crv, cresta ventral.

Normal



Patológico



5 cm

Figura 7.61. Cuerpo vertebral de la vértebra torácica Las Garzas A en vista lateral izquierda (normal, arriba) y lateral derecha (abajo). Las flechas delimitan la lesión.

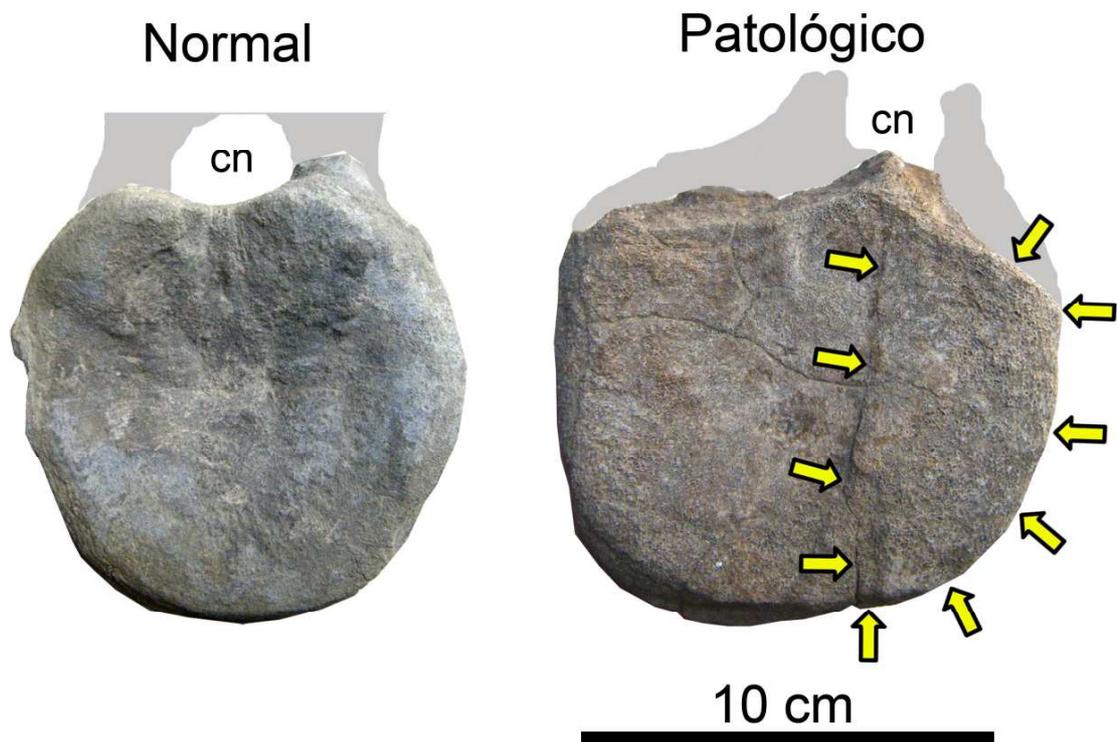


Figura 7.62. Comparación de cuerpos vertebrales de vértebras torácica en vista craneal de un hadrosaurio Rincón Colorado (normal) y del hadrosaurio Las Garzas A (patológico). La silueta gris representa los pedículos y las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cn, canal neural.

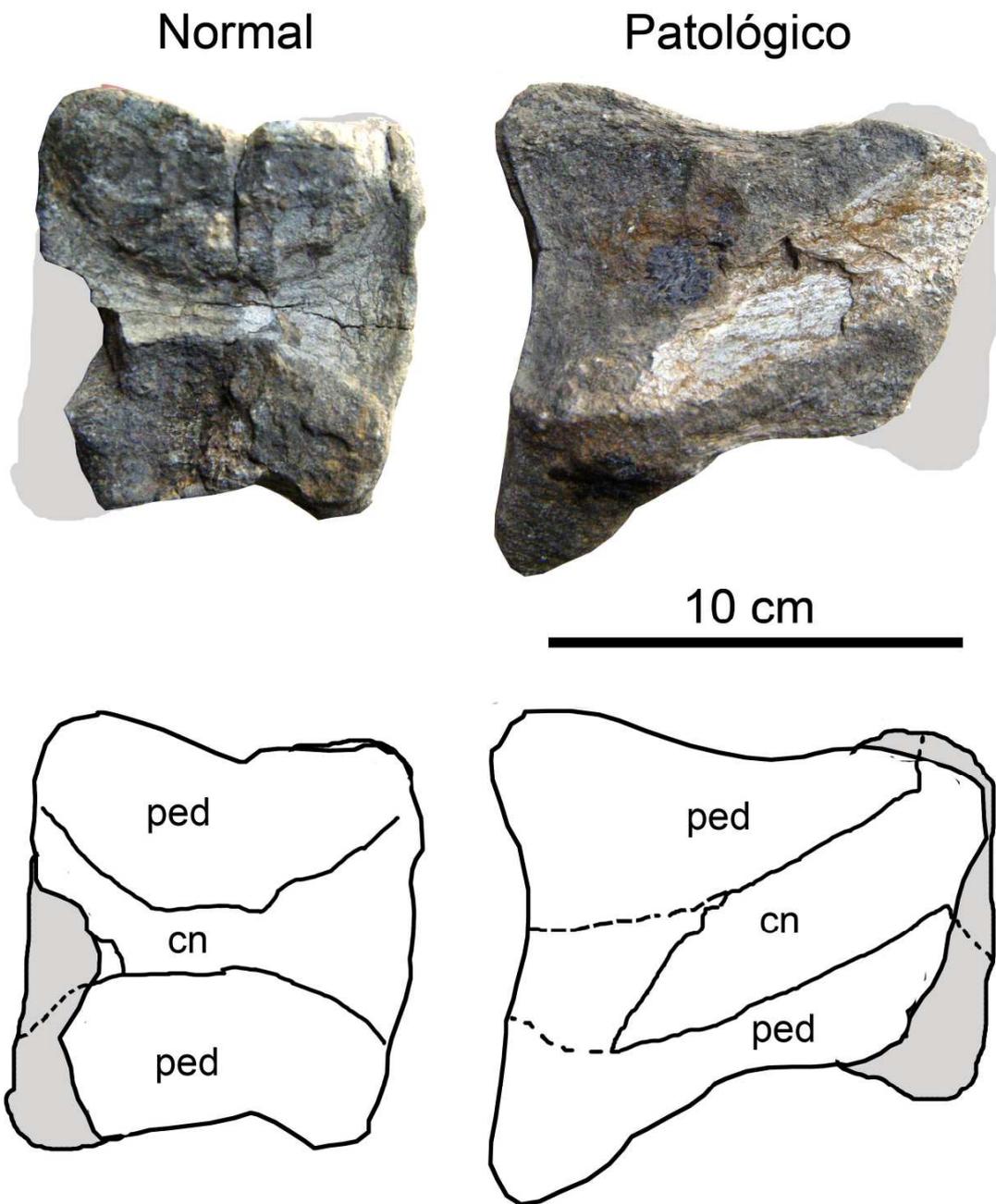


Figura 7.63. Comparación de los cuerpos vertebrales de las vértebras torácicas en vista dorsal de un hadrosaurio Rincón Colorado (normal) y del hadrosaurio Las Garzas A (patológica), en foto (arriba) y en diagrama (abajo). **Abreviaturas:** cn, canal neural; ped, pedículo.

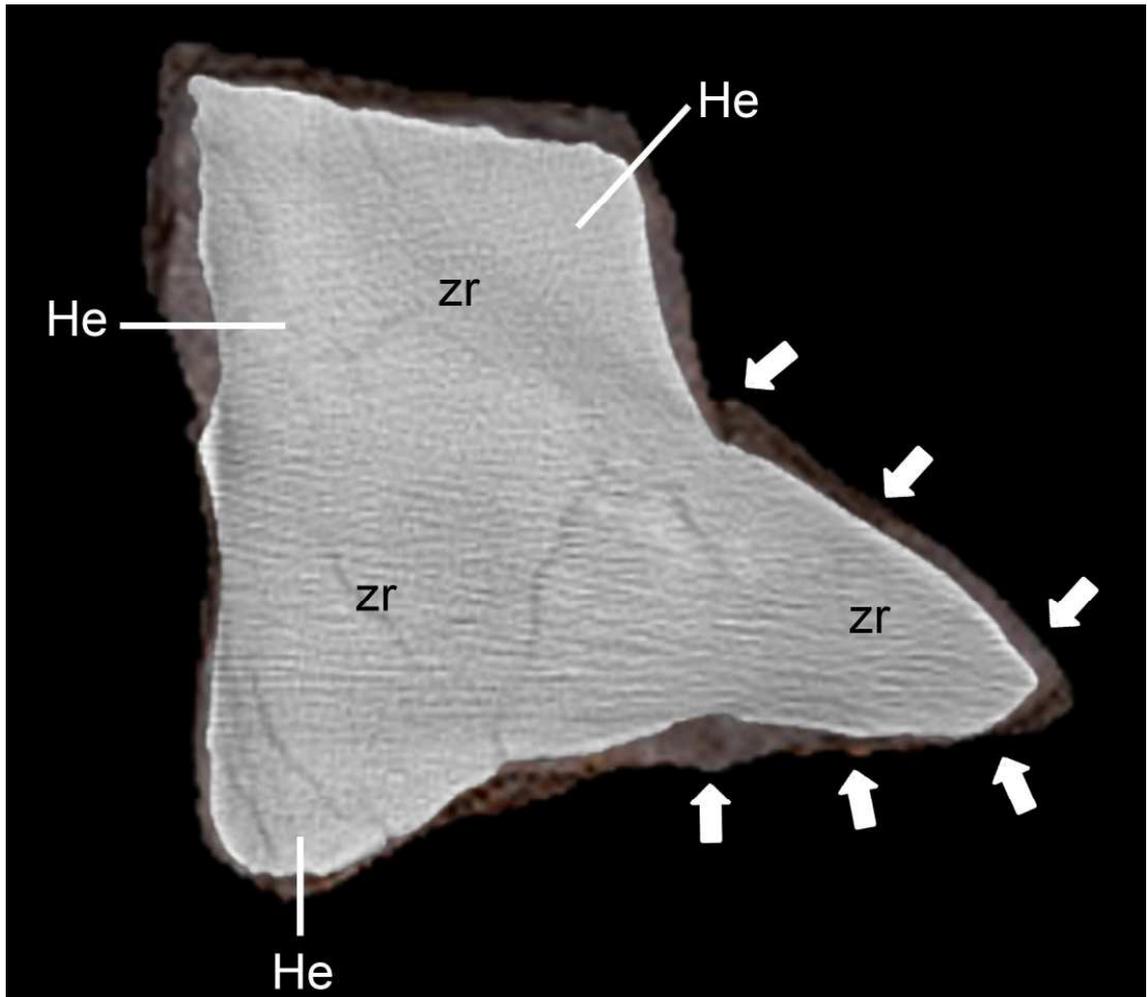


Figura 7.64. Tomografía computarizada del cuerpo vertebral de la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A en corte dorso-ventral. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** He, hueso esponjo; zr, zona de reemplazamiento diagenético.

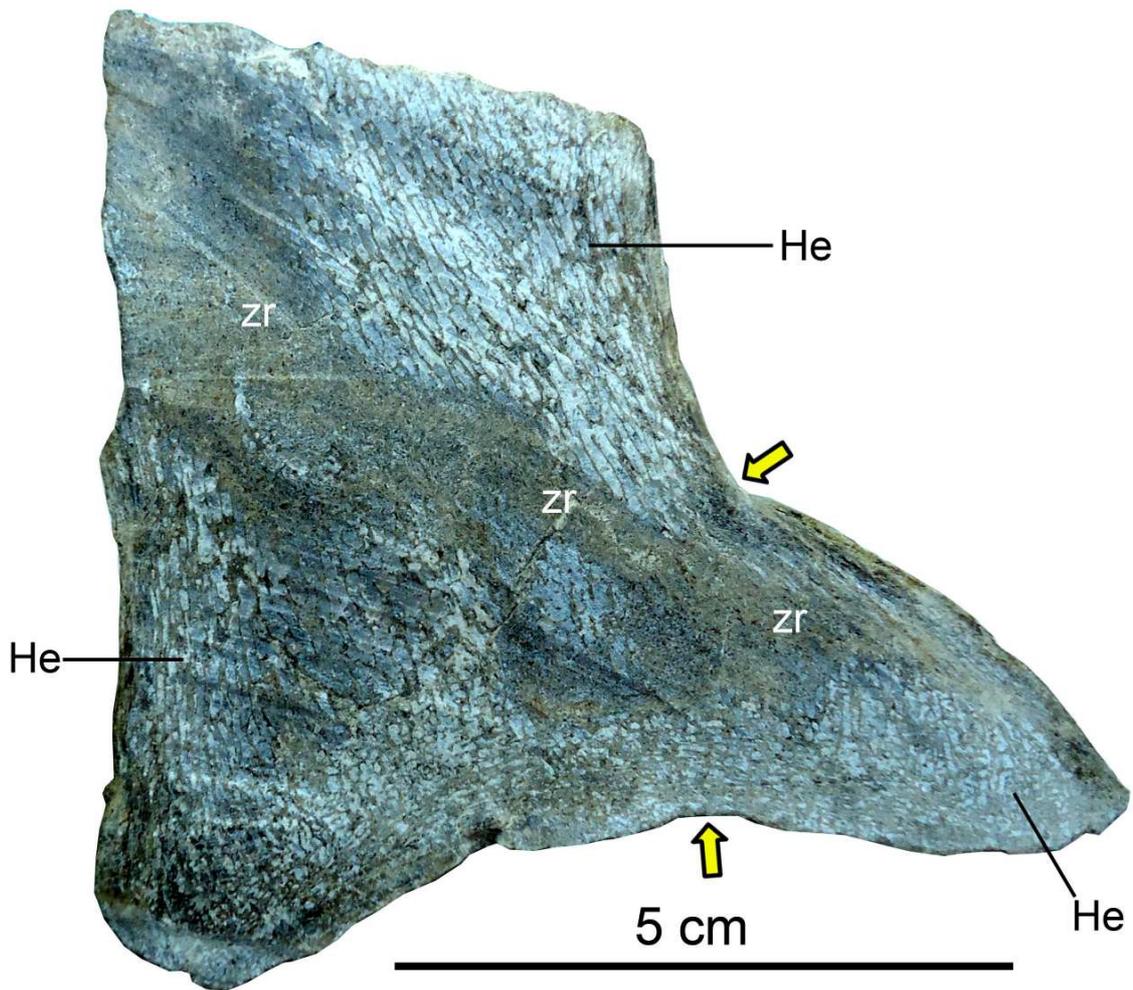


Figura 7.65. Corte longitudinal del cuerpo vertebral de la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A, donde se muestra su estructura interna. Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** He, hueso esponjo; zr, zona de reemplazamiento diagenético.

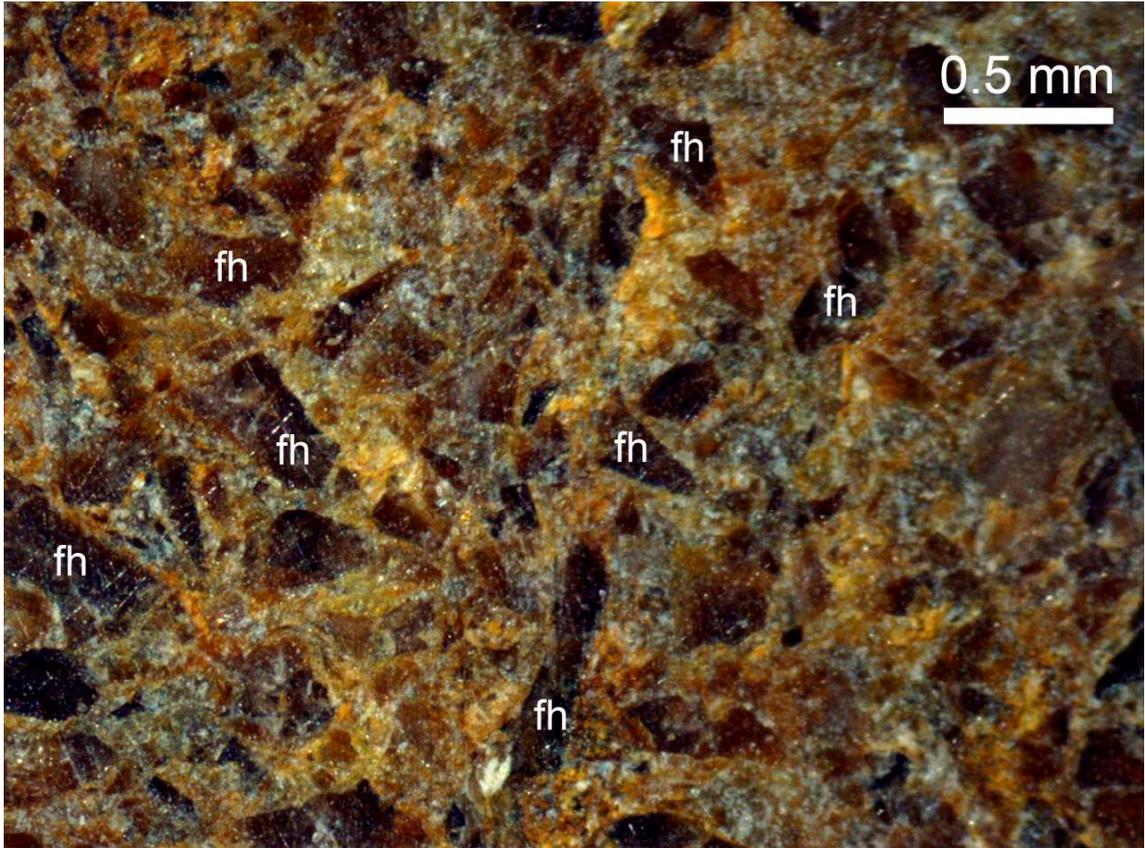


Figura 7.66. Histología de la zona de reemplazamiento diagenético de la vértebra torácica Las Garzas A. **Abreviaturas:** fh, fragmentos de hueso.

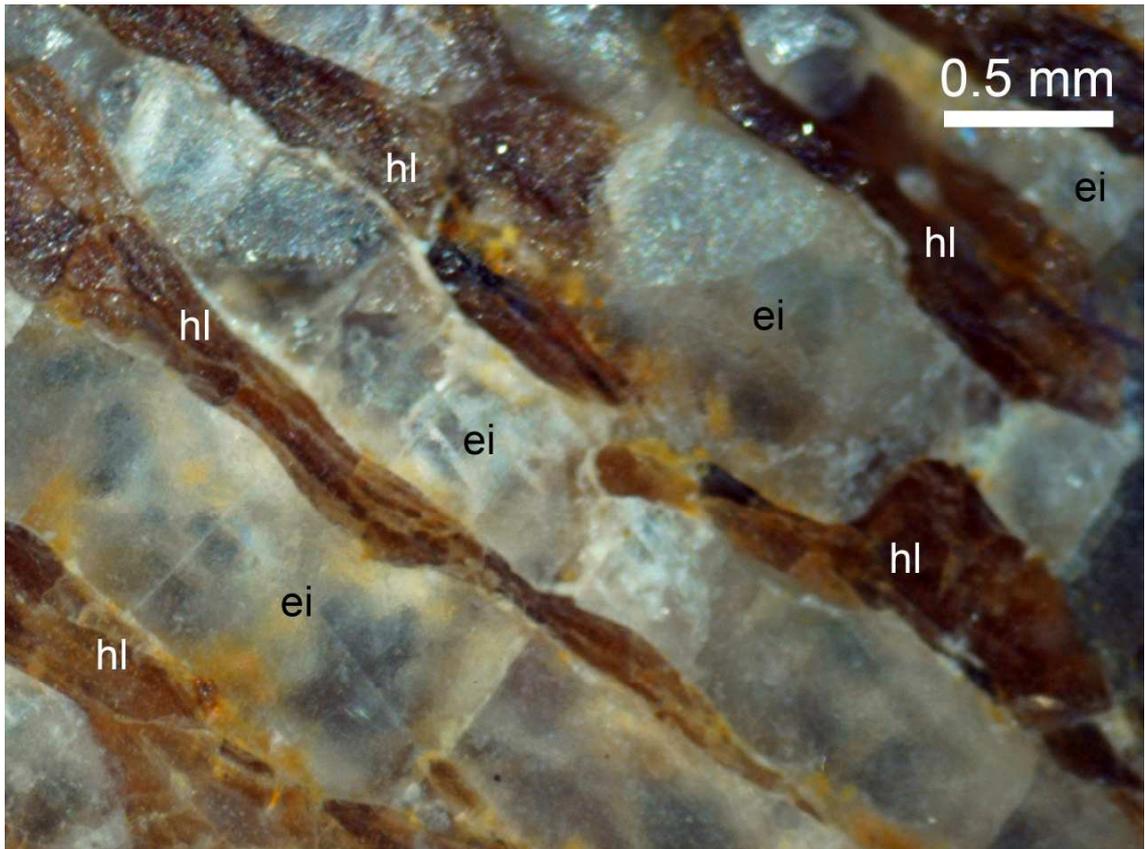


Figura 7.67. Histología laminar de las trabéculas normales de la vértebra torácica Las Garzas A.
Abreviaturas: ei, espacio interóseo; hl, hueso laminar.



Figura 7.68. Histología laminar de las trabéculas patológicas de la vértebra torácica Las Garzas
A. **Abreviaturas:** ei, espacio interóseo.

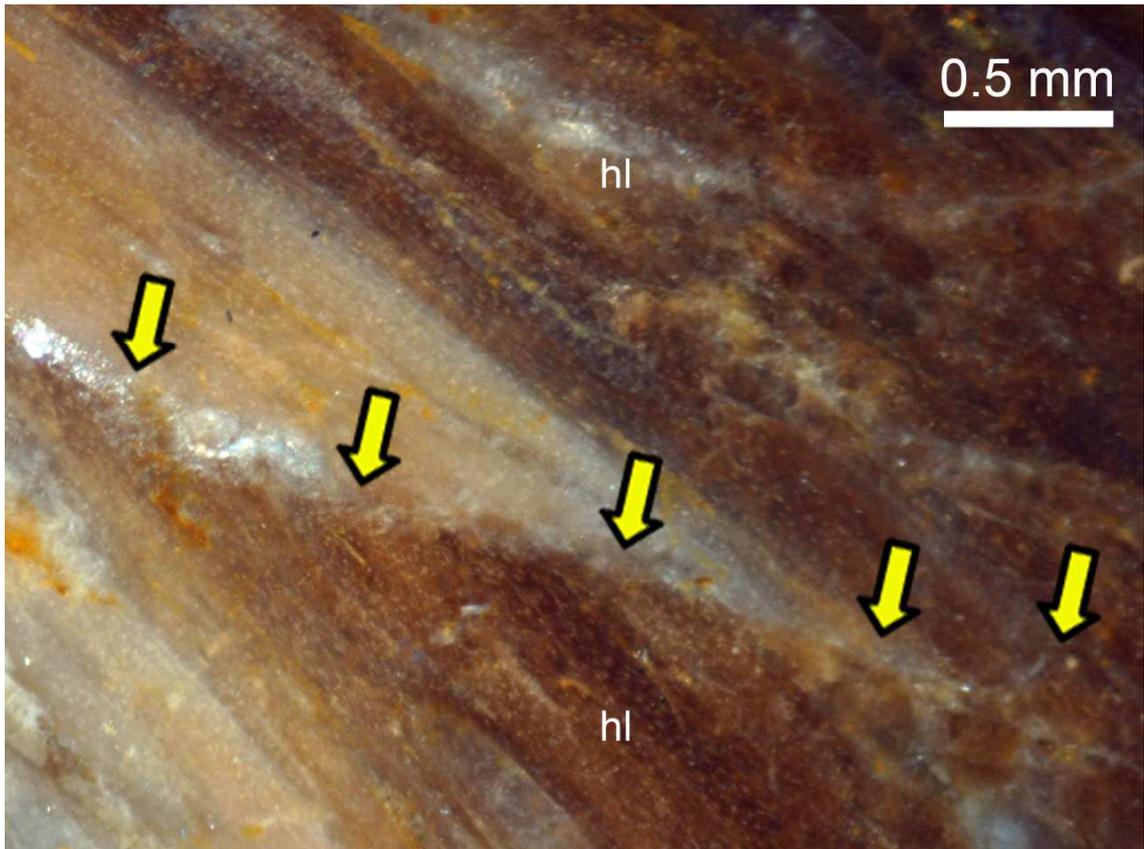


Figura 7.69. Histología laminar de las trabéculas normales en la región de la microfractura de la vértebra torácica Las Garzas A. Las flechas marcan la discontinuidad. **Abreviaturas:** ei, espacio interóseo.

7.1.11. Hadrosauridae Las Garzas B.

Material: varios fragmentos de huesos largos, vértebra caudal posterior y una falange 2 del dígito II.

Rasgos tafonómicos: desarticulación, intemperismo, abrasión, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad Las Garzas, Ocampo, Coahuila

Edad geológica: Formación Aguja

Material patológico: vértebra caudal posterior y una falange 2 del dígito II.

Colección paleontológica de resguardo: IGM, dentro del depositario temporal de la Litoteca.

a. Vértebra caudal posterior.

Descripción macroscópica externa: las lesiones se ubica en la fosa craneal y caudal del cuerpo vertebral, en forma de nodulaciones con bordes definidos de superficie lisa e irregular (Figs. 7.70-7.71). La nodulación craneal se encuentra en el borde dorsal de la fosa, tanto su diámetro mayor como menor miden 1.4 cm. La nodulación caudal es de forma ovalada y se localiza en la parte dorsal lateral derecha del borde de la fosa. Su diámetro mayor es de 1.3 cm y el menor de 0.8 cm.

Probables diagnósticos diferenciales: neoplasia benigna o enfermedad hiperostótica.

b. Falange 2, dígito II.

Descripción macroscópica externa: la lesión se localiza en la fosita articular de la falange 2, dígito II (Fig. 7.72). Hacia ventral-medial se observa una depresión profunda que carece de bordes definidos. Su diámetro es de 1 cm. por 0.7 cm. (Figs. 7.73-7.74).

Descripción macroscópica interna: la falange en la tomografía computarizada (Fig. 7.75) presenta una estructura interna homogénea y con algunos unos focos radiopacos, interpretados como zonas de recristalización de minerales durante la fosilización (de origen diagenético).

Probables diagnósticos diferenciales: osteomielitis, artropatía degenerativa, fractura traumática o enfermedad desconocida.

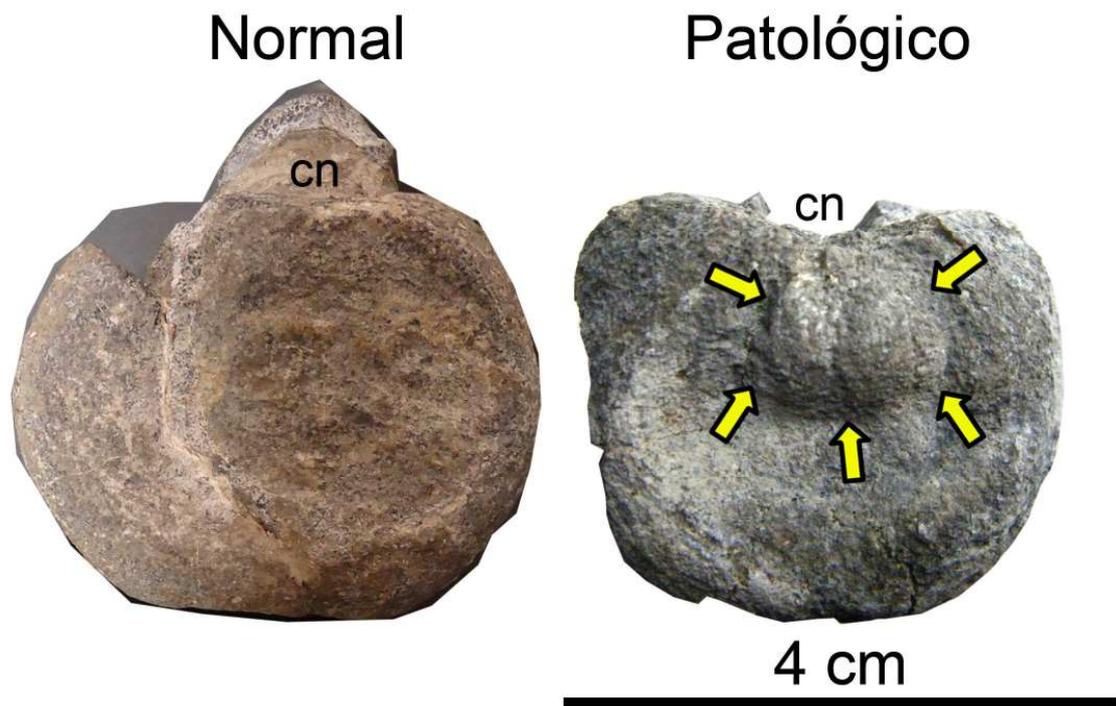


Figura 7.70. Comparación de vértebras caudales posteriores en vista craneal del hadrosaurio HB (normal) y del hadrosaurio Las Garzas B (patológico). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cn, canal neural.

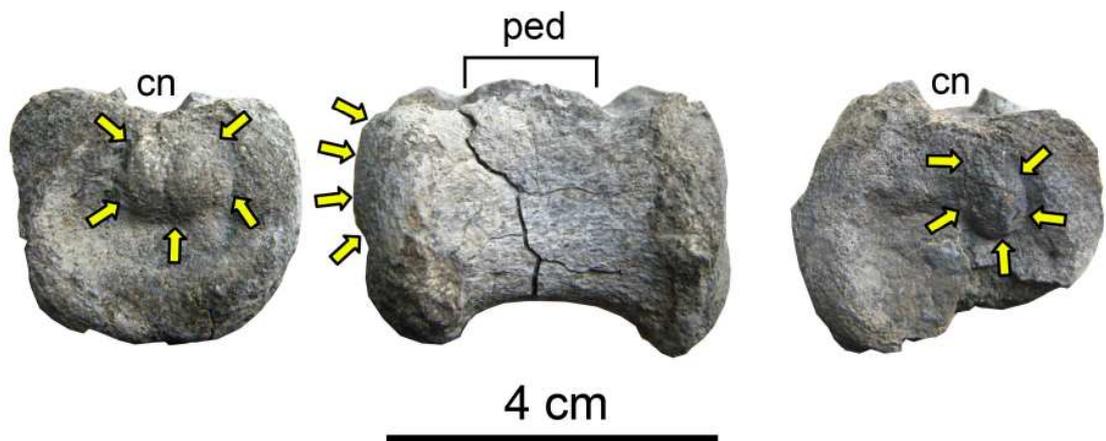


Figura 7.71. Cuerpo vertebral de la vértebra caudal del hadrosaurio Las Garzas B en vista craneal (derecha), lateral (en medio) y caudal (izquierda). Las flechas indican los bordes de las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural; ped, pedículos.

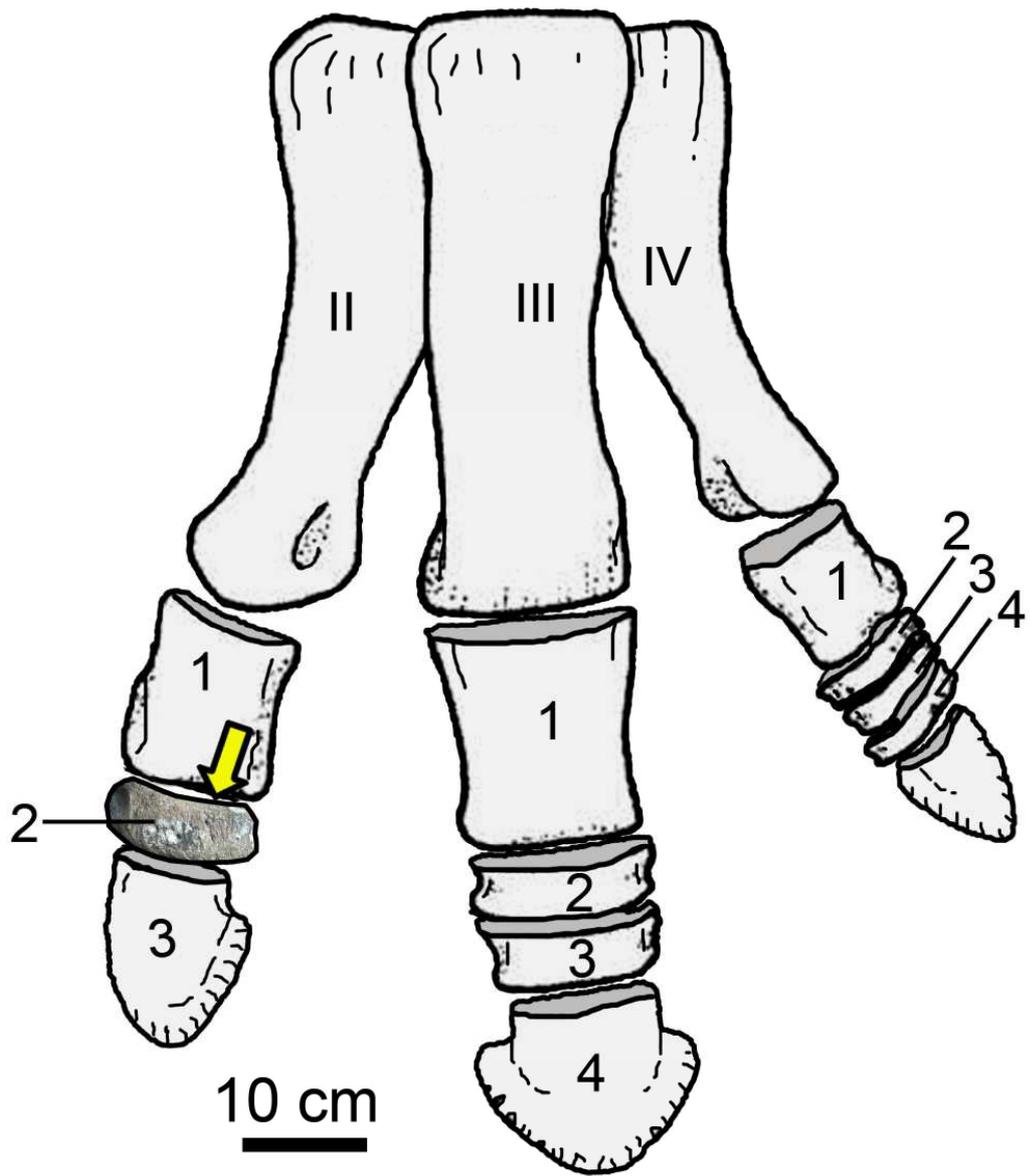


Figura 7.72. Diagrama de los huesos de la pata de hadrosaurio (modificado de Rothschild and Tanke, 2007) en vista dorsal, ubicando la falange del hadrosaurio Las Garzas B. La flecha indica la ubicación de la lesión.

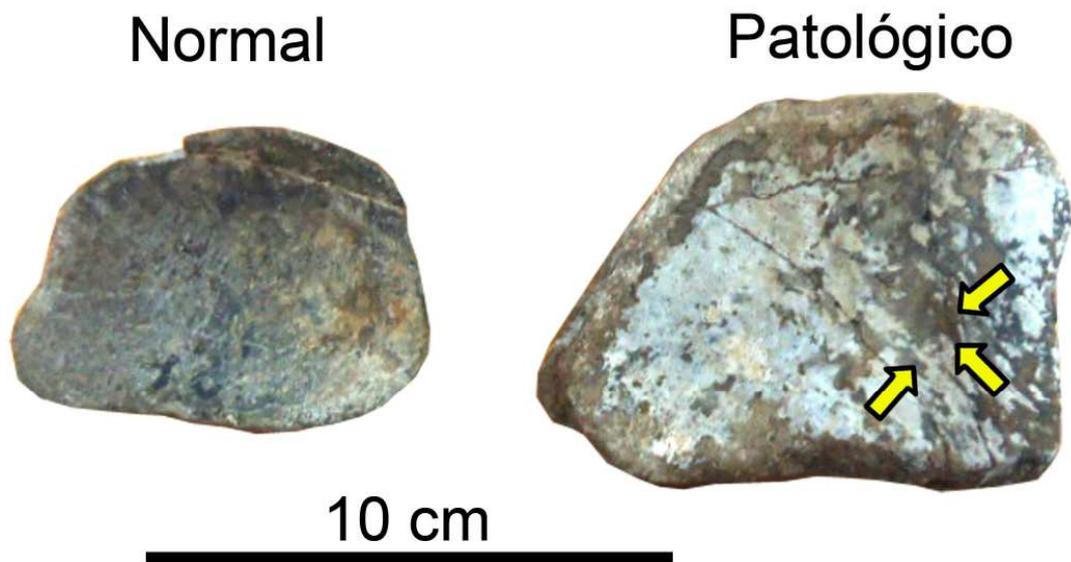


Figura 7.73. Comparación de la fosita de las falanges en vista proximal del hadrosaurio HB (normal) y del hadrosaurio Las Garzas B (patológico). Las flechas delimitan la lesión.

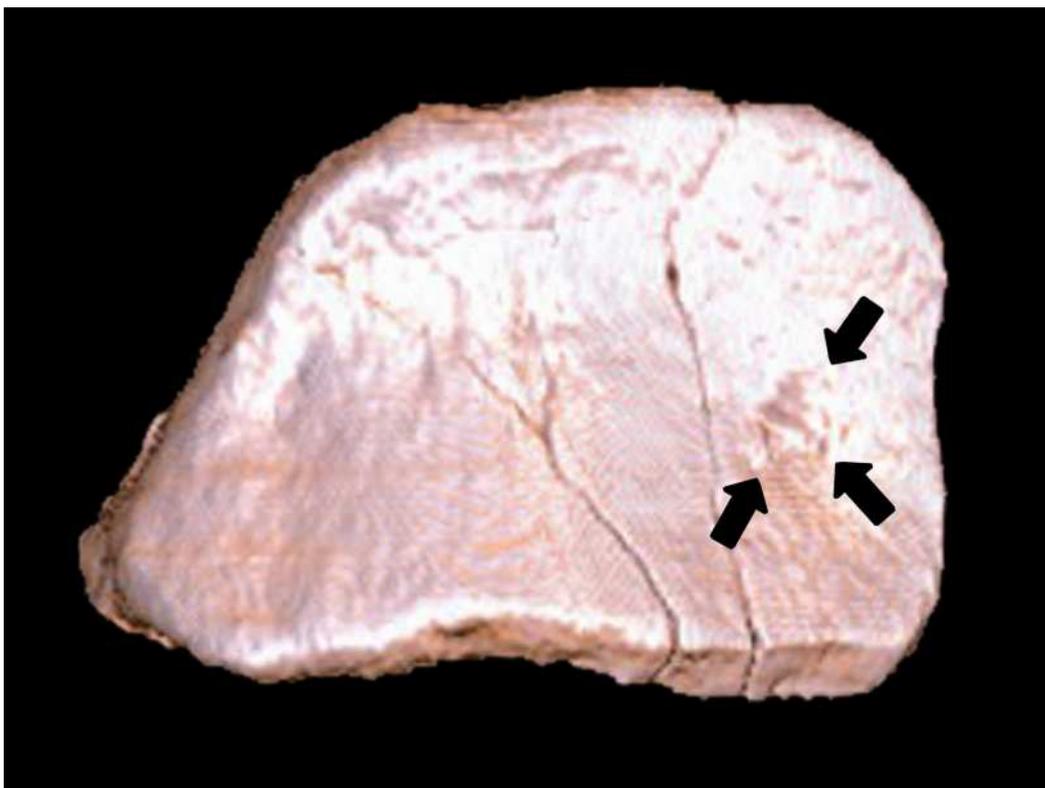


Figura 7.74. Reconstrucción a partir de la tomografía computarizada de la falange del hadrosaurio de Las Garzas B. Las flechas delimitan la lesión.



Figura 7.75. Tomografías computarizadas de la falange del hadrosaurio Las Garzas B en corte latero-medial. La flecha ubica la lesión. **Abreviaturas:** He, hueso esponjoso.

7.1.12. Hadrosauridae La Esperanza.

Material: vértebra caudal proximal

Rasgos tafonómicos: desarticulación, abrasión, disolución química, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad La Esperanza, Ocampo, Coahuila.

Edad geológica: Formación Aguja

Material patológico: vértebra caudal proximal.

Colección paleontológica de resguardo: IGM, dentro del depositario temporal de la Litoteca.

a. Vértebra caudal proximal.

Descripción macroscópica externa: la lesión se ubica en la postcigoapófisis (proceso articular caudal) derecha (Fig. 2.71-2.72). En donde debería de estar la faceta articular derecha, hay una gran depresión de apariencia apolillada (múltiples agujeros de forma ovalada rellenos de sedimentos finos; Fig. 2.73). Los bordes de la lesión son irregulares y mal definidos. Paralelo a esta lesión hay un surco que llega a un canal probablemente de origen tafonómico (Fig. 2.73).

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada la postcigoapófisis anómala, en su interior solo presenta una apariencia radiolúcida homogénea careciendo del borde radiopaco (el hueso compacto) (Fig. 2.74-2.75). De la imagen se puede interpretar, que la lesión afectó la cortical y al esponjoso. En una de las imágenes de las tomografías computarizadas, se ve un foco radiopaco en la parte central de la espina neural, el cual se formó por la recristalización de calcita (CaCO_3) en su interior (Fig. 2.76).

Probables diagnósticos diferenciales: espondiloartropatía en fase aguda o espondilitis infecciosa.

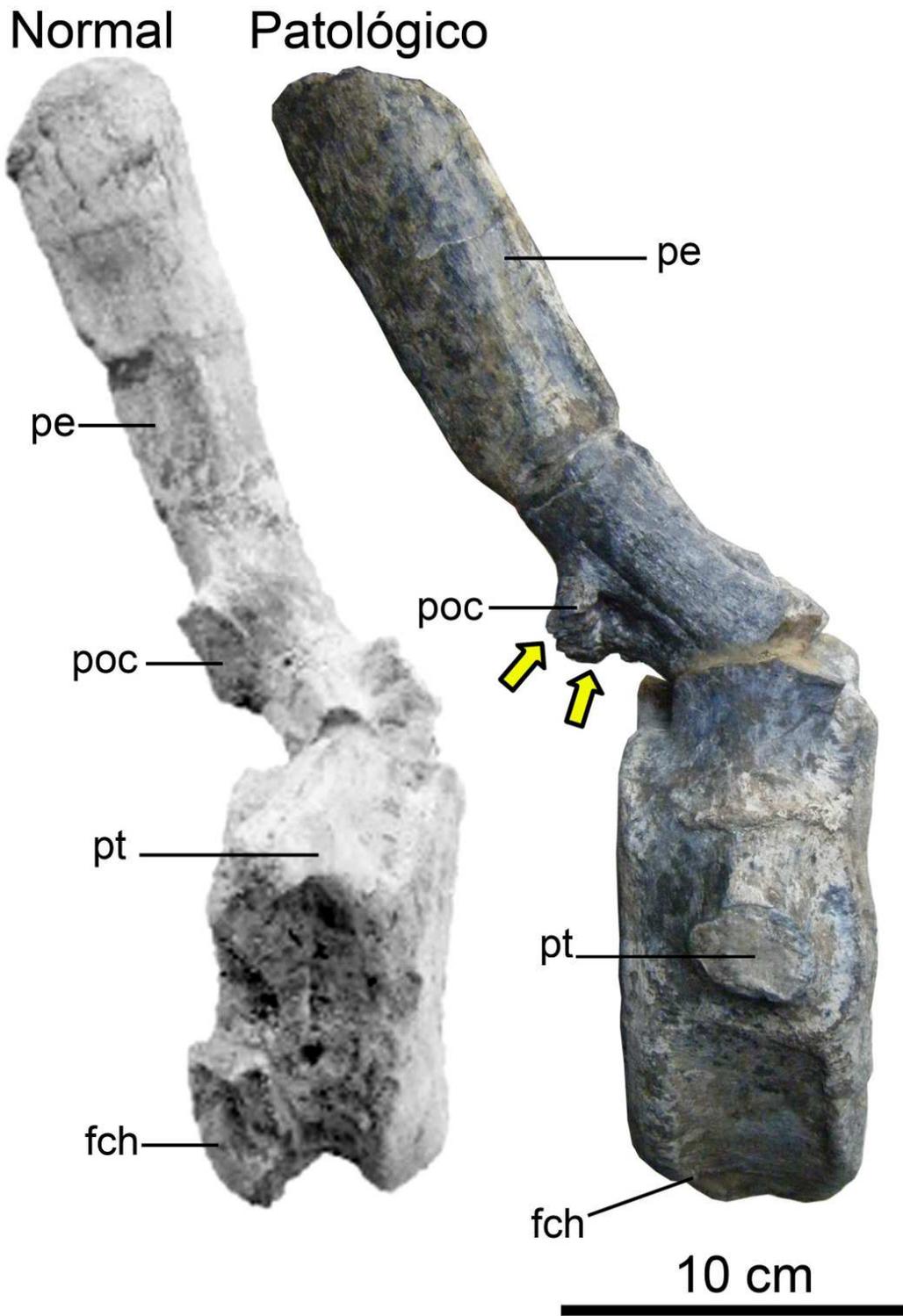


Figura 7.76. Comparación de vértebras caudales anteriores en vista lateral derecha de *Kritosaurus* sp. PASAC-1 (normal) y del hadrosaurio La Esperanza (patológico). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** fch, faceta para el chevrón; pe, proceso espinoso; poc, postcigoapófisis; pt, proceso transverso.

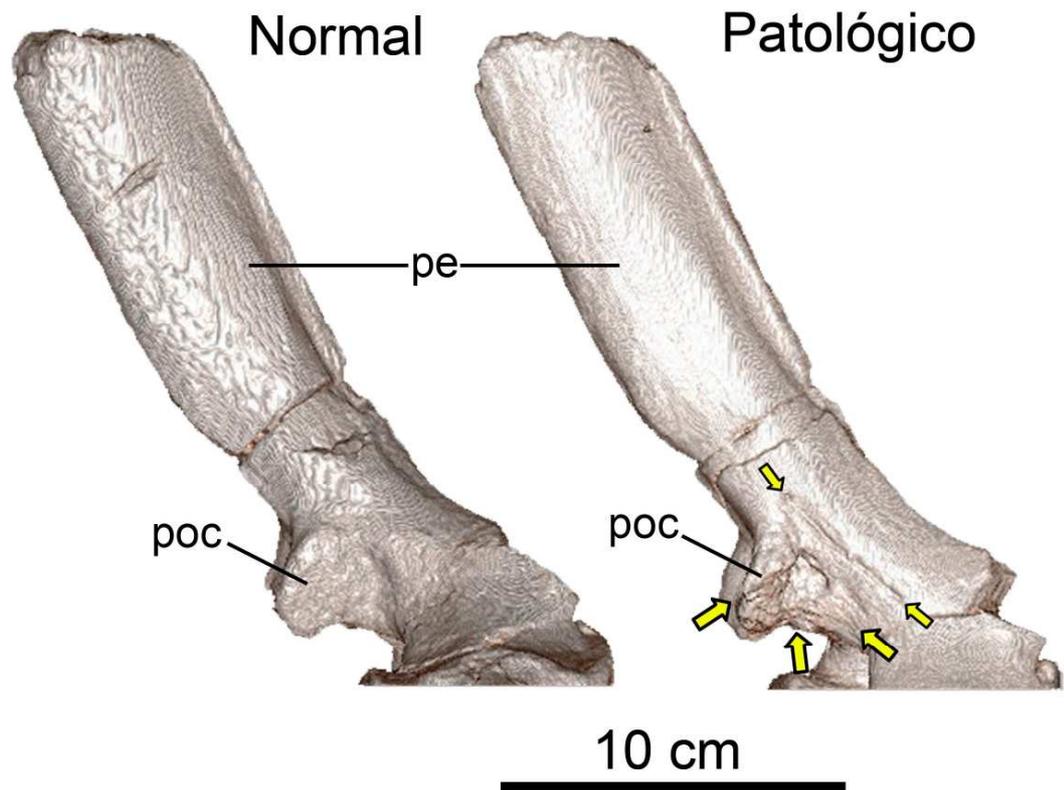


Figura 7.77. Comparación de la espina neural de la vértebra caudal patológica del hadrosaurio La Esperanza, en vista lateral izquierda (inversa) y en vista lateral derecha. Las flechas delimitan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso; poc, postcigomaapófisis.

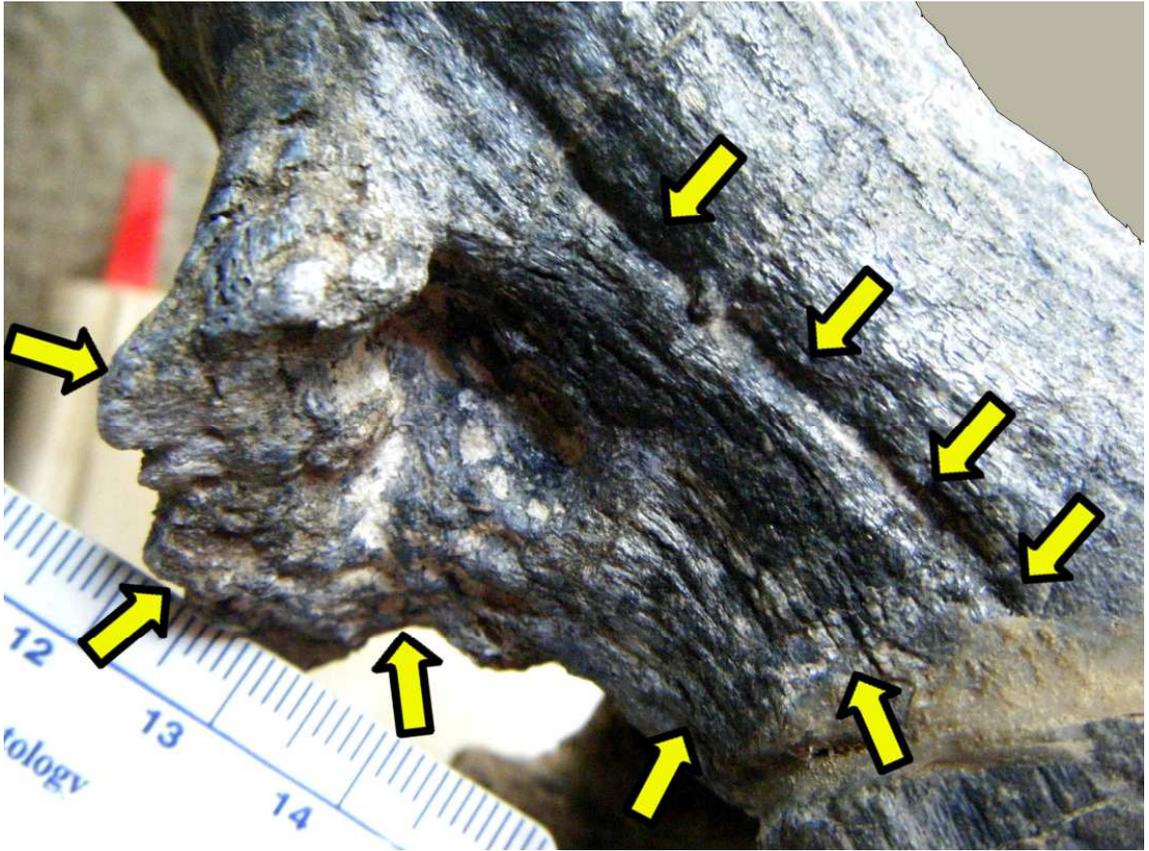


Figura 7.78. Acercamiento de la postcigoapófisis de la vértebra caudal anterior del hadrosaurio La Esperanza en vista lateral. Las flechas marcan los bordes de la lesión.

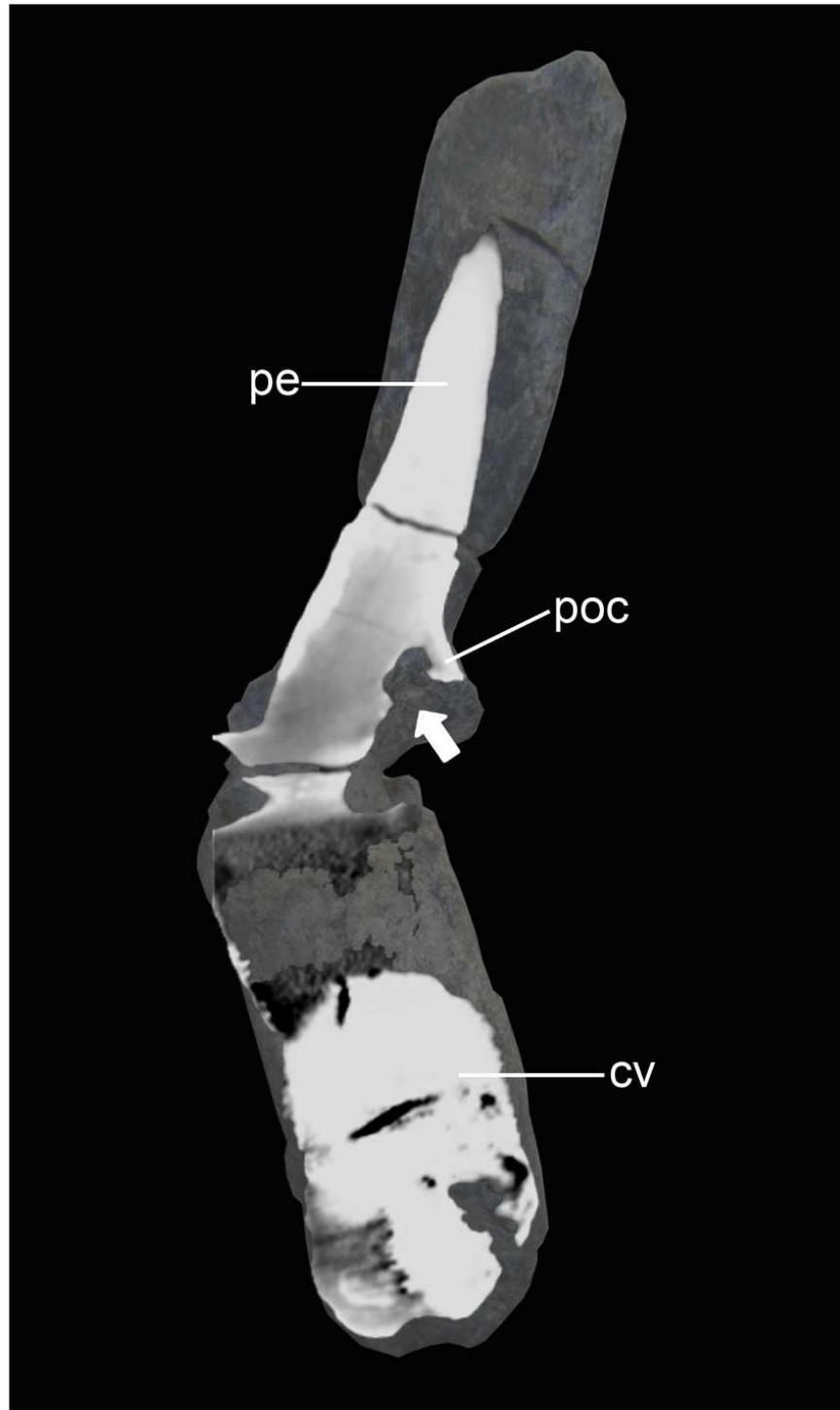


Figura 7.79. Tomografía computarizada de la vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza en corte lateral. La flecha marca la ubicación de la lesión. **Abreviaturas:** cv, cuerpo vertebral; pe, proceso espinoso; poc, postcigapófisis.

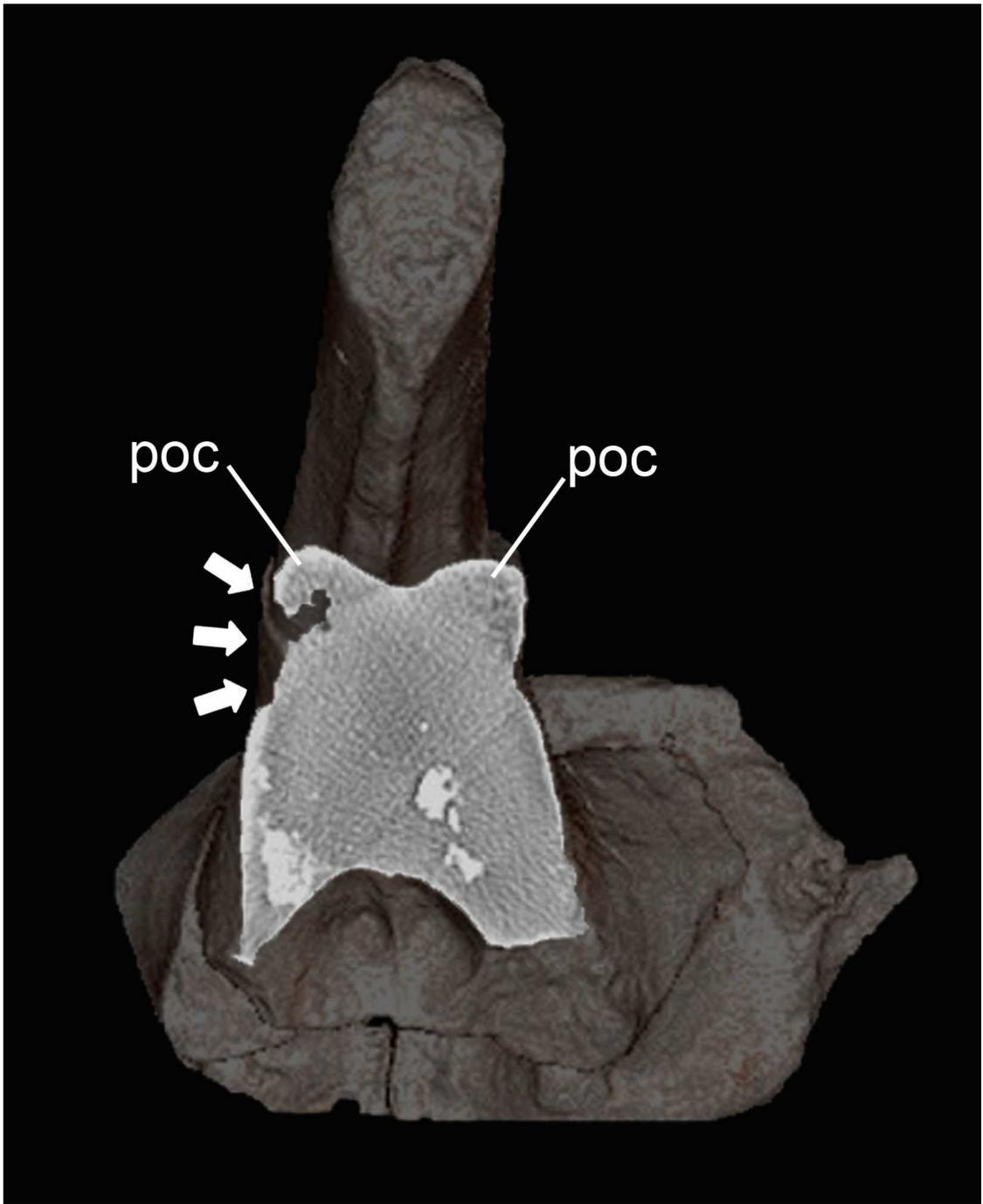


Figura 7.80. Tomografía computarizada de la vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza en corte dorso-ventral. Las flechas ubican la lesión. **Abreviaturas:** poc, postcigoapófisis.

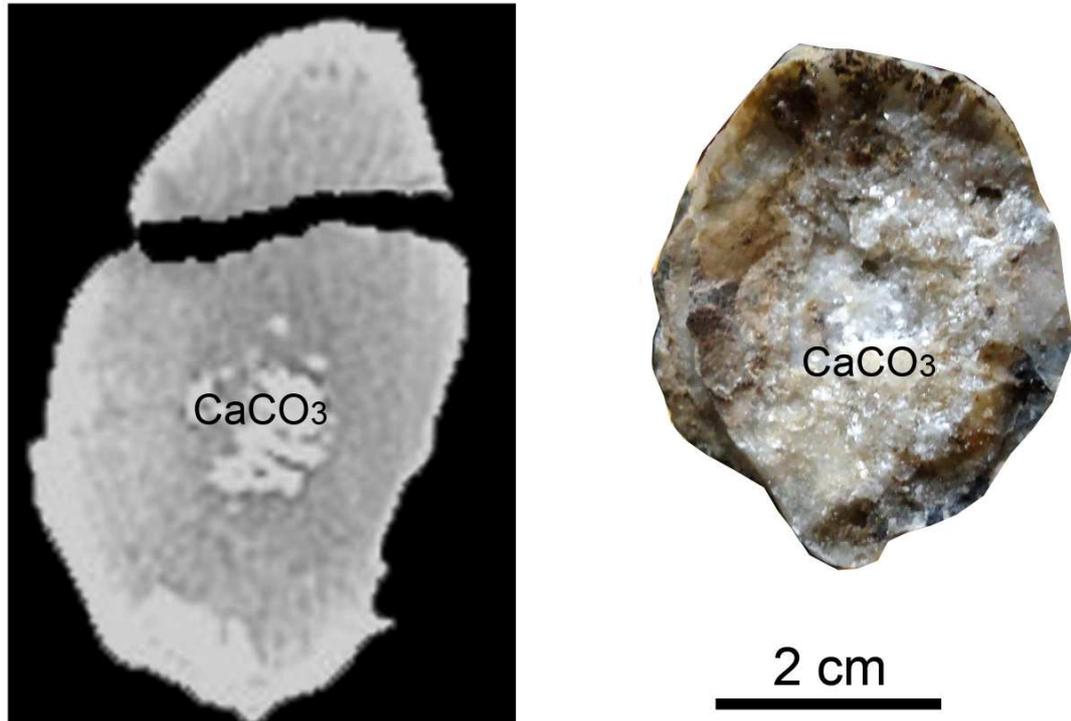


Figura 7.81. Comparación de la tomografía computarizada con una imagen real del corte transversal de la espina neural de la vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza. **Abreviaturas:** CaCO₃, carbonato de calcio diagenético.

7.1.13. Hadrosauridae El Alamito.

Material: vértebras cervicales, torácicas y caudales, procesos espinosos torácicos, costillas torácicas, ilión izquierdo, ambos pubis, ambos isquiones y un fragmento de tibia derecha (Fig. 7.82).

Rasgos tafonómicos: concreciones y nódulos, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad El Alamito, Fronteras, Sonora

Edad geológica: Grupo Cabullona

Material patológico: fragmento de cuerpo de costilla torácica (Fig. 7.82).

Colección paleontológica de resguardo: colección de Fronteras.

a. Fragmento de cuerpo de costilla.

Descripción macroscópica externa: en la superficie del cuerpo costal presenta un ligero borde elevado o cresta transversal, que recorre todo el diámetro de la pieza (Fig. 7.83). Su forma es irregular y ligeramente sinuosa (Fig. 7.84).

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada (Fig. 7.85) la delgada cresta es más radiodensa que la parte interna normal de la costilla, lo que podría interpretarse que la lesión forma un borde escleroso superficial.

Probables diagnósticos diferenciales: reacción perióstica “circunferencial”, fractura por sobrecargo o fractura traumática directa.



Figura 7.82. Reconstrucción del esqueleto del hadrosaurio El Alamito ubicando el hueso con lesión mediante una flecha. **Abreviaturas:** c, costilla.

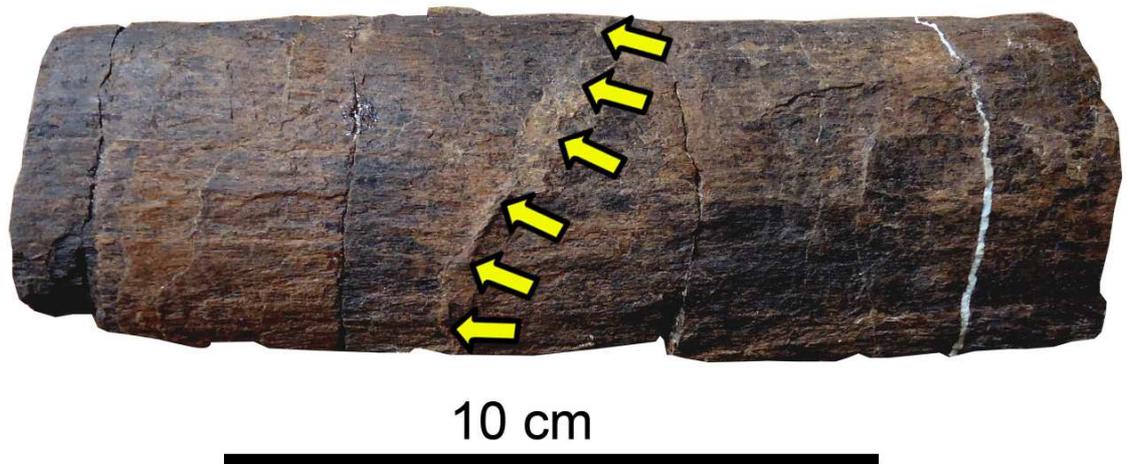


Figura 7.83. Cuerpo costal incompleto del hadrosaurio El Alamito. Las flechas indican el borde de la lesión.

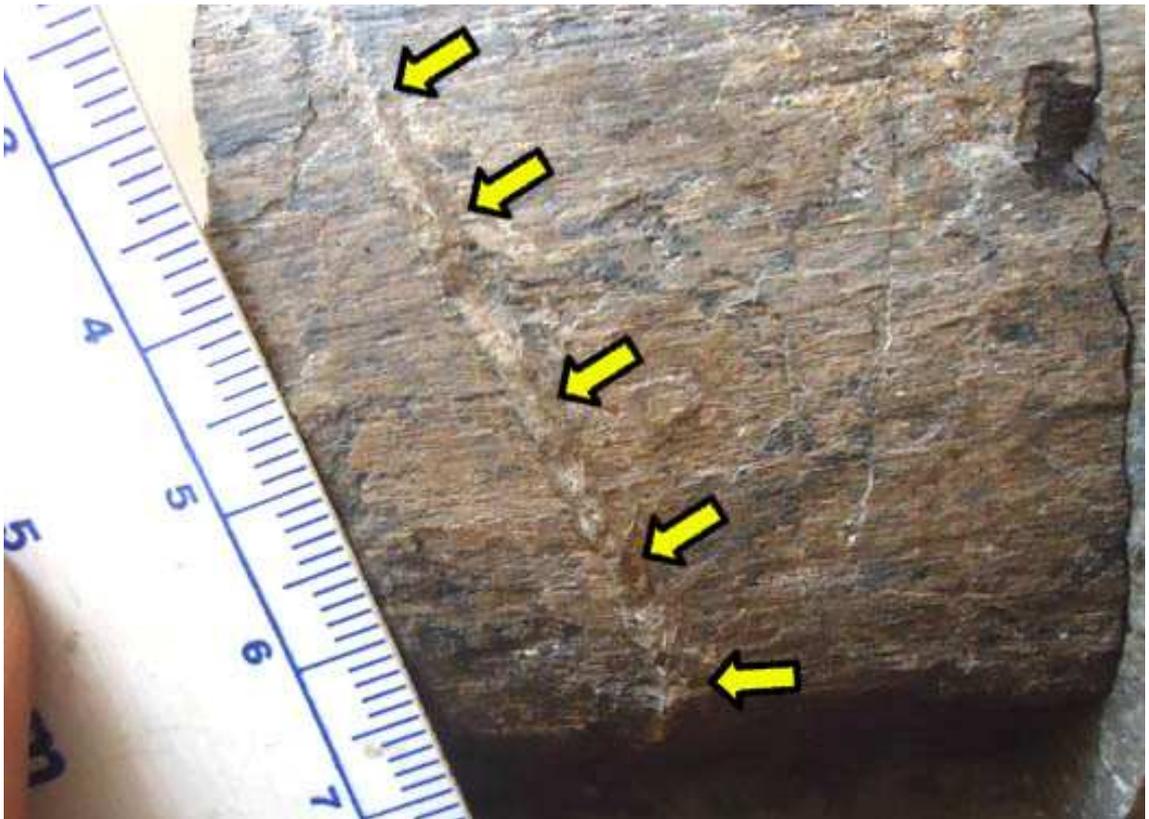


Figura 7.84. Acercamiento de la superficie del cuerpo costal incompleto del hadrosaurio El Alamito. Las flechas indican el borde de la lesión.

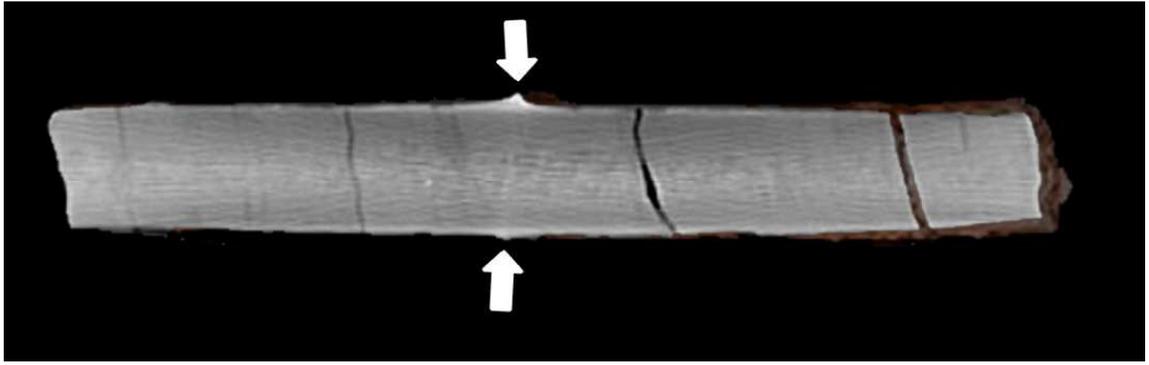


Figura 7.85. Tomografía computarizada del cuerpo costal del hadrosaurio El Alamito en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan la ubicación de la lesión.

7.1.14. *Latirhinus uitstlani* (IGM 6583).

Material: vértebras cervicales, torácicas y caudales, fragmento de húmero izquierdo, coracoide izquierdo, ambos húmeros, ulna izquierdo, metatarsos III y IV, ilión izquierdo y fragmento del derecho, isquion izquierdo, ambos fémures, ambas tibias, ambas fíbulas y astrágalo izquierdo (Fig. 7.86).

Rasgos tafonómicos: encostramiento biológico, fragmentación post-fosilización, deformación plástica.

Ocurrencia: localidad Presa San Antonio, Parras de la Fuente, Coahuila.

Edad geológica: Cerro del Pueblo

Material patológico: metacarpos III y IV, fíbula izquierda y tibia izquierda (Fig. 7.86).

Colección paleontológica de resguardo: IGM dentro del Museo del Instituto de Geología.

a. Metacarpos del dedo III y IV izquierdos.

Descripción macroscópica externa: en las diáfisis de los metacarpos, presentan una fusión de ambos huesos cerca de la porción distal (Fig. 7.87), en forma de un engrosamiento difuso. Su superficie es lisa hacia dorso-palmar derecha y latero-palmermente una superficie rugosa e irregular (Figs. 7.87-7.88). La cabeza de los metacarpos se encuentra comprimida dorso-palmarmente y la porción proximal presenta la morfología normal (forma tubular).

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada, en la porción central de la tumoración se ven dos fracturas completas (que también se observan en la superficie externa) y una incompleta hacia palmar proximal (Fig. 7.89). Internamente de la tumoración presenta una imagen radiolúcida homogénea. Hacia palmar de la tumoración, en la parte que corresponde al metacarpo IV, la imagen se vuelve más heterogénea presentando zonas radiopacas y lúcidas intercaladas que se distribuyen hacia distal (Fig. 7.90). Esto se interpreta como una zona de remodelación ósea formada por varias trabéculas de distinto tamaño. La fractura llega a perforar el interior de los dos metacarpos, teniendo una preferencia hacia el metatarso IV sin llegar al borde palmar (Fig. 7.91). En una de las imágenes tomográficas en vista transversal se observa que la fusión de los metacarpos inició desde palmar hacia dorsal (Fig. 7.92).

Probables diagnósticos diferenciales: sinostosis metacarpal congénita o sinostosis por fractura traumática directa.

b. Fíbula izquierda.

Descripción macroscópica externa: en el cuerpo de la fíbula, en su porción distal presenta un pequeño engrosamiento irregular hacia caudal,

provocando una desviación del extremo distal hacia craneal del maleólo lateral (Figs. 7.93-7.94).

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada (Fig. 7.95), se ve una zona radiolúcida muy homogénea que separa a la epífisis (de apariencia heterogénea) de la diáfisis (muy radiopaca) de forma transversal, como dos ramas que se entrecruzan (Fig. 7.95). Sus bordes son bien definidos y se encuentra invadiendo el interior del hueso.

En corte transversal (Figs. 7.96-7.97) se observa al interior una gran cantidad de hueso esponjoso, y a los bordes, de hueso compacto. El patrón de las formas de los espacios interóseos es homogéneo. El polo mayor de cada espacio interóseo se orienta hacia latero-medial. En el corte proximal (Fig. 7.96), hacia lateral, se ve un mayor engrosamiento del hueso compacto a diferencia del corte distal (Fig. 7.97), donde todas las zonas del hueso compacto tienen el mismo grosor.

Descripción microscópica: en la porción de hueso esponjoso, está formado por tejido laminar y en la porción cortical de una gran cantidad de osteones secundarios o hueso Haversiano (Fig. 7.98).

Probables diagnósticos diferenciales: fractura traumática directa con deformación secundaria u osteogénesis imperfecta.

c. Tibia izquierda.

Descripción macroscópica externa: en la epífisis distal, el maleólo lateral presenta un engrosamiento cráneo-caudal del borde lateral (Fig. 7.99). Hacia la superficie articular distal, el maleólo lateral forma dos procesos (incompletos) separados por un surco (Fig. 7.100). En vista caudal se observa un tercer proceso con ápice redondeado (Fig. 7.100). Hacia caudo-distal se observa una neoformación (cubierta por una delgada capa de sedimento) que invade parte del maleólo medial y se expande a la parte craneal de la epífisis (Fig. 7.100). El borde del maleólo lateral presenta un doblez anómalo hacia craneal (Figs. 7.100-7.101).

Descripción macroscópica interna: en la tomografía computarizada (Fig. 7.102), tanto la epífisis distal y proximal presentó interferencia en la imagen radiológica, probablemente debido, a la gran cantidad de minerales metálicos en su interior, por lo cual no se obtuvo ningún dato importante.

Probables diagnósticos diferenciales: osteocondrosis (exostosis) o artropatía degenerativa.

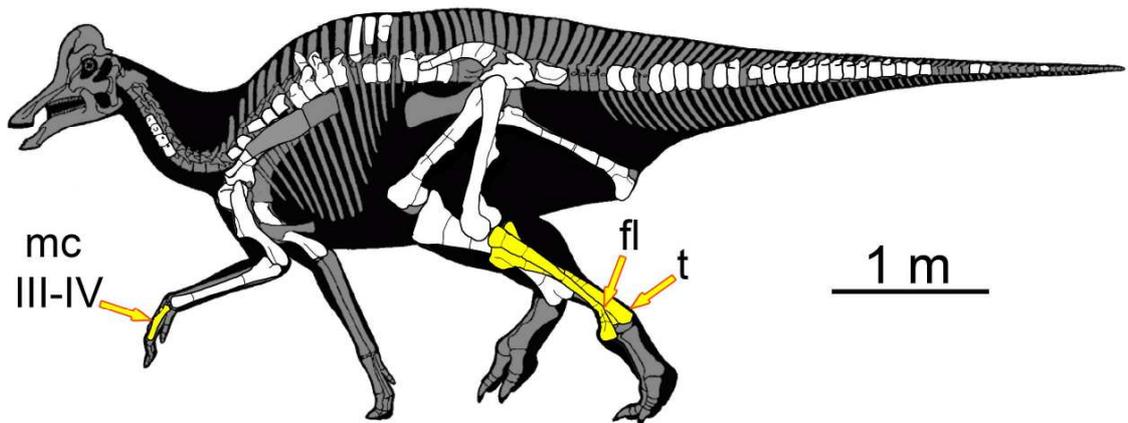


Figura 7.86. Nueva reconstrucción del esqueleto de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Las flechas ubican los huesos con lesiones. **Abreviaturas:** fl, fíbula; mc III-IV, metacarpos III y IV; t, tibia.

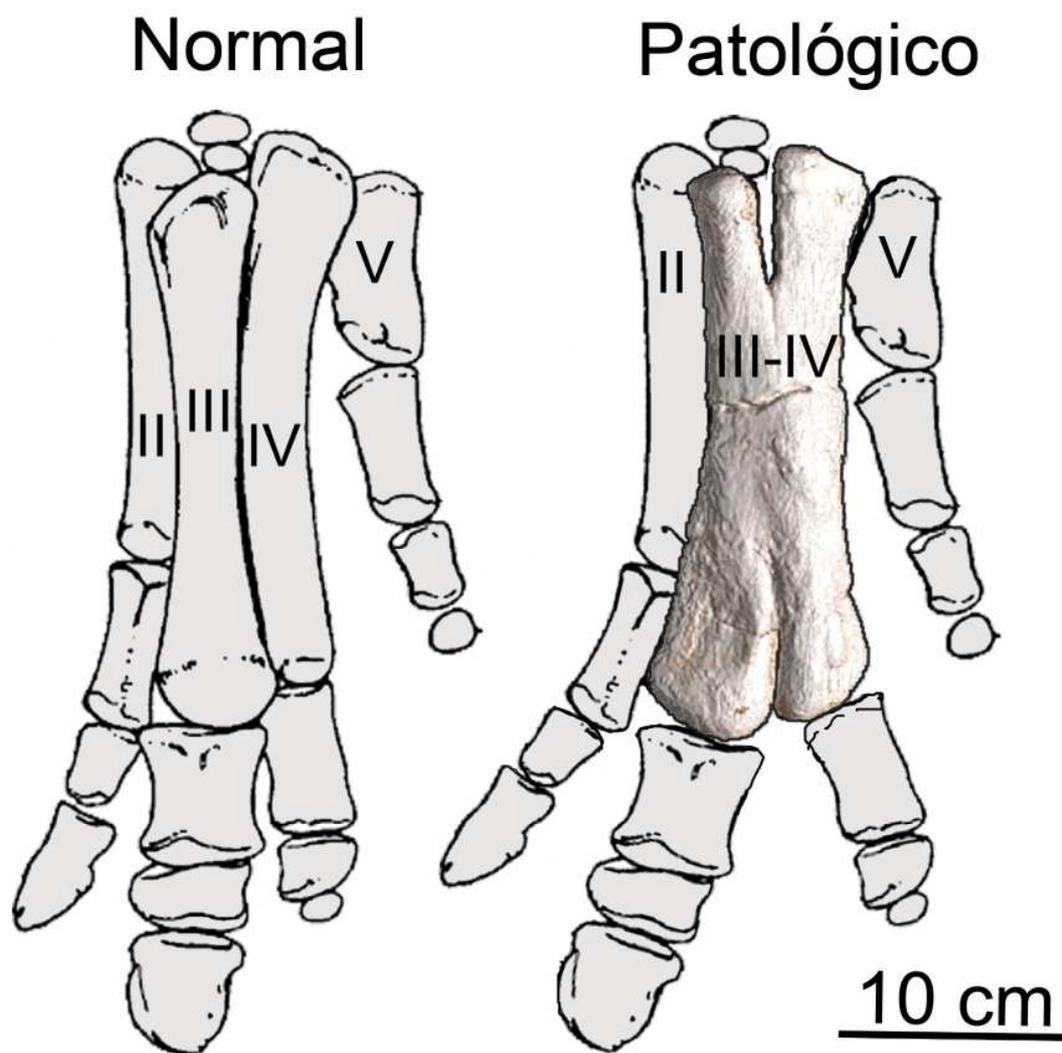


Figura 7.87. Comparación de los huesos de la palma en vista dorsal de *Gryposaurus incurvimannus* normal (tomado de Brown, 1912) y de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Los huesos lesionados se muestran mediante una reconstrucción de la tomografía computarizada.

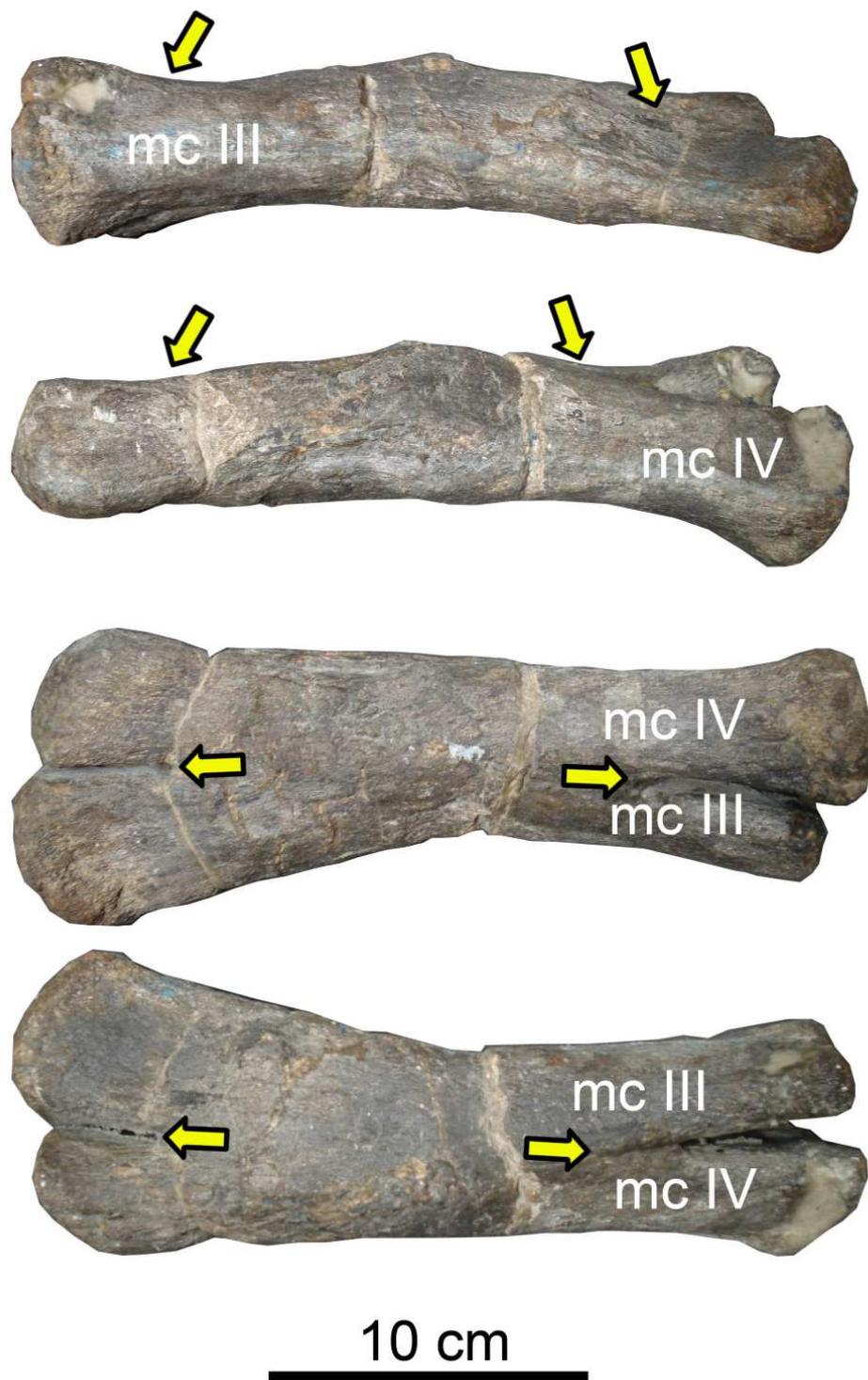


Figura 7.88. Metacarpos III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en vista lateral izquierda (arriba), lateral derecho (arriba en medio), palmar (abajo en medio) y dorsal (abajo). Las flechas indican los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.

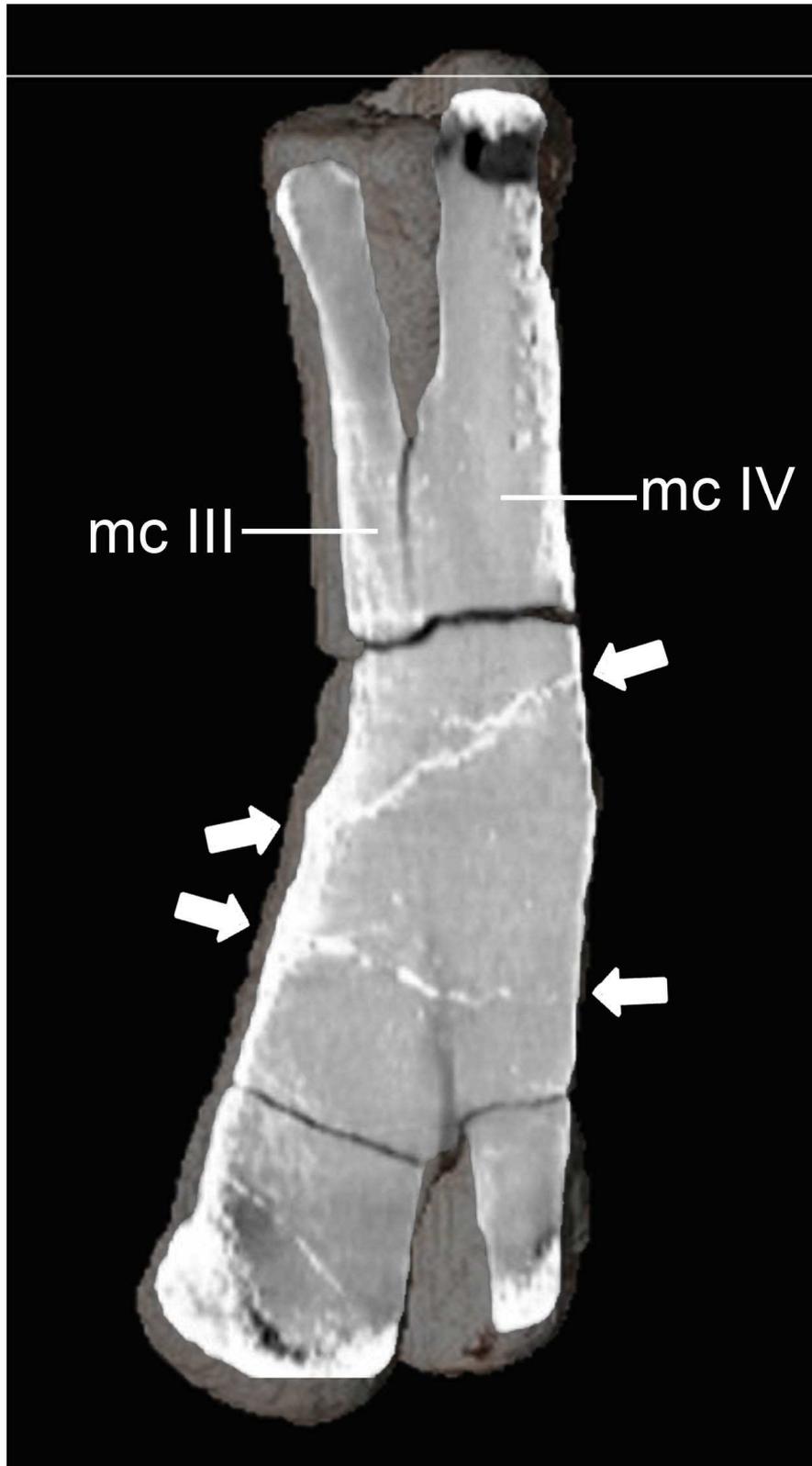


Figura 7.89. Tomografía computarizada de los metacarpo III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en corte dorso-palmar. Las flechas ubican lesiones internas. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.

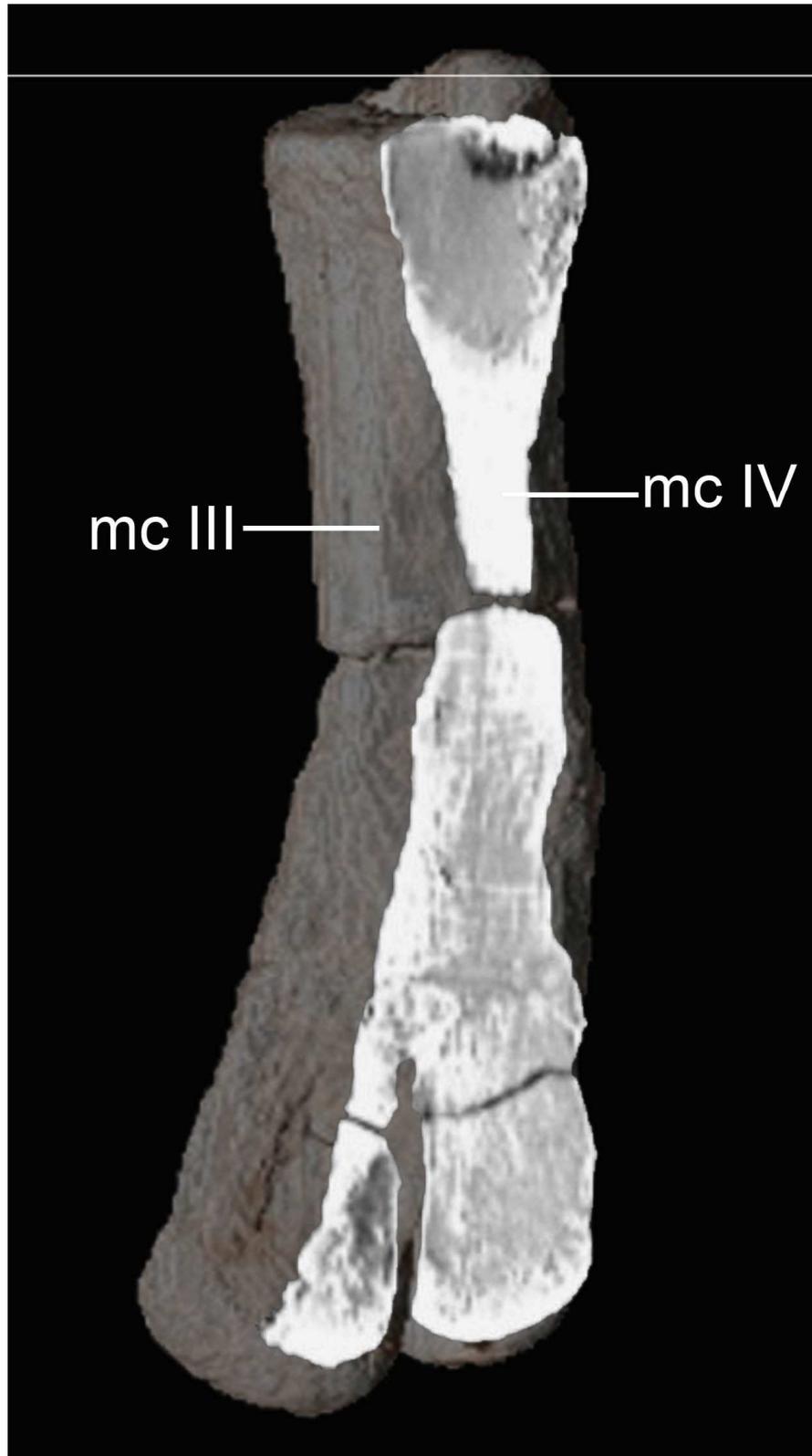


Figura 7.90. Tomografía computarizada de los metacarpo III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en corte dorso-palmar (más palmar que él anterior). **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.

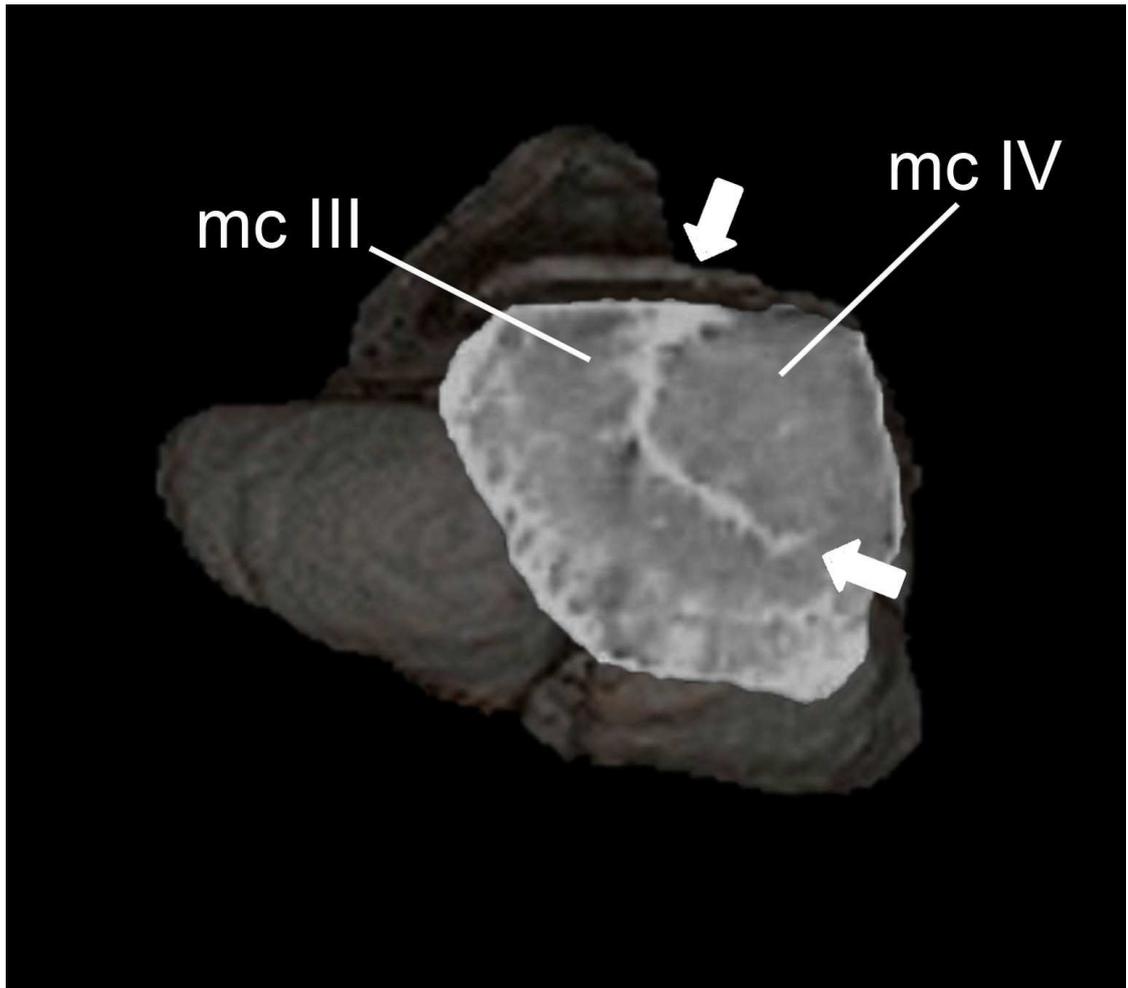


Figura 7.91. Tomografías computarizadas corte proximal-distal del metacarpo III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Corte muestra el borde distal de la lesión. Las flechas delimitan la lesión interna. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.

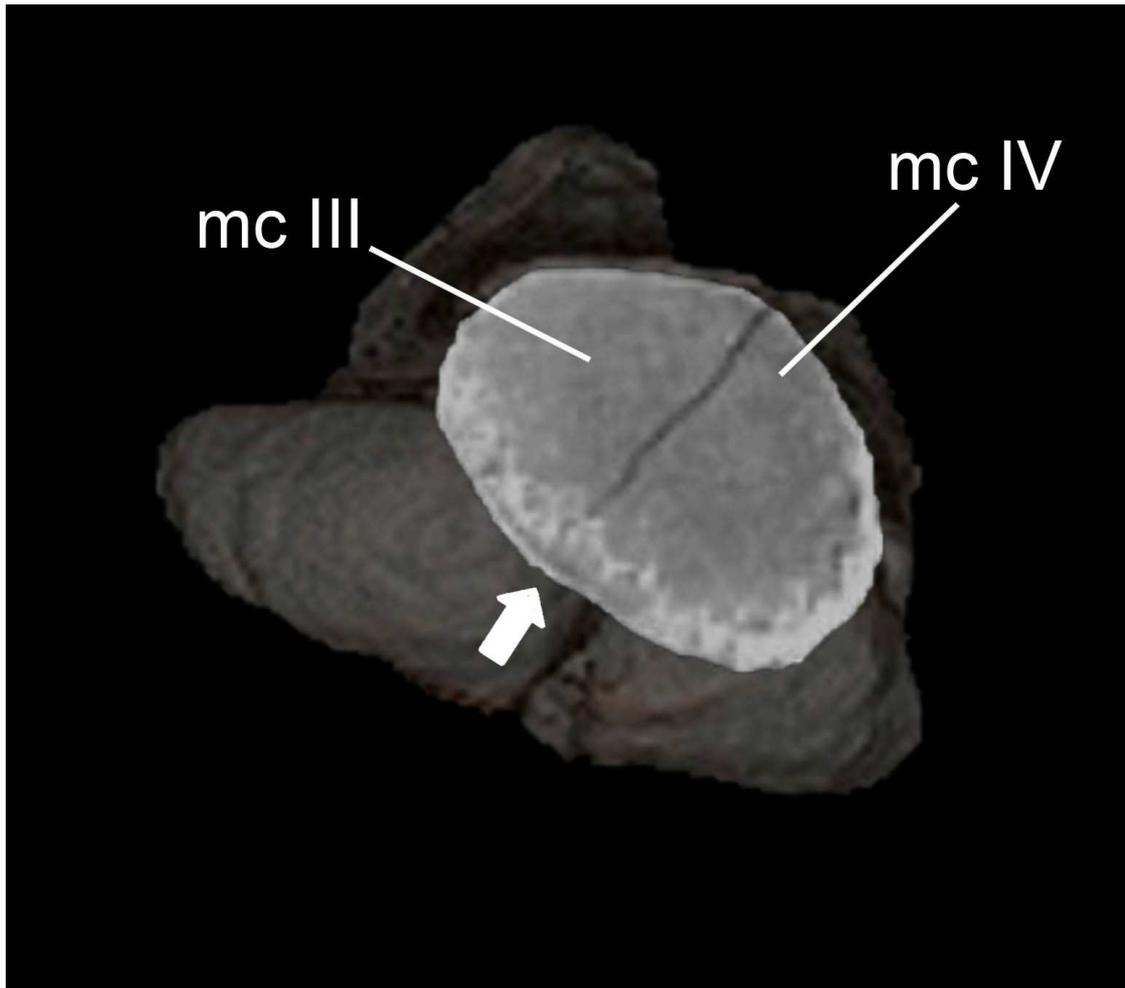


Figura 7.92. Tomografías computarizadas corte proximal-distal del metacarpo III y IV de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Corte muestra el borde proximal de la lesión. La flecha ubica el borde palmar de la lesión. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.

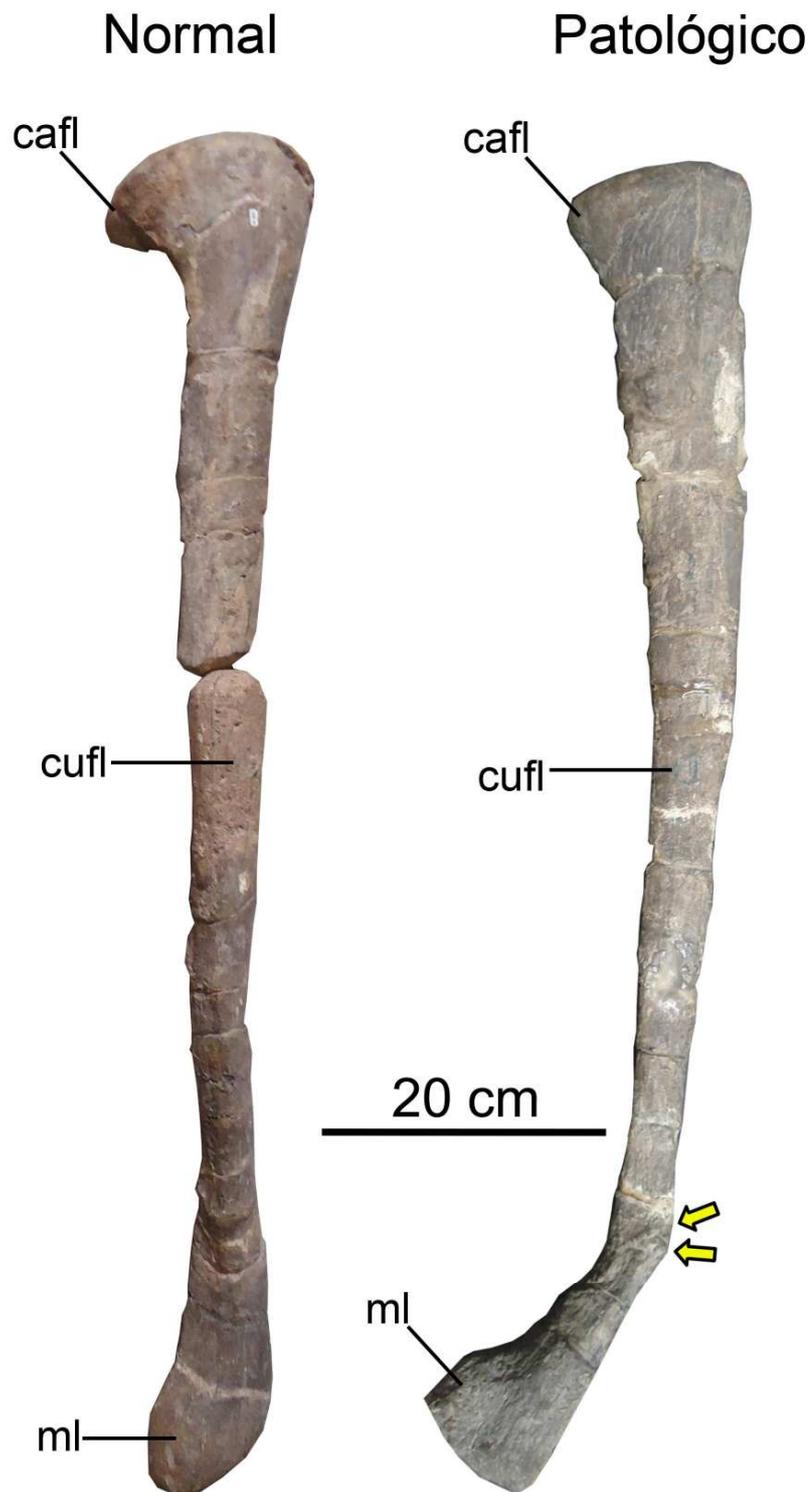


Figura 7.93. Comparación de la fíbula derecha (normal inversa) y la izquierda (patológica) de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Las flechas indican los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** cafl, cabeza de la fíbula; cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maléolo lateral.

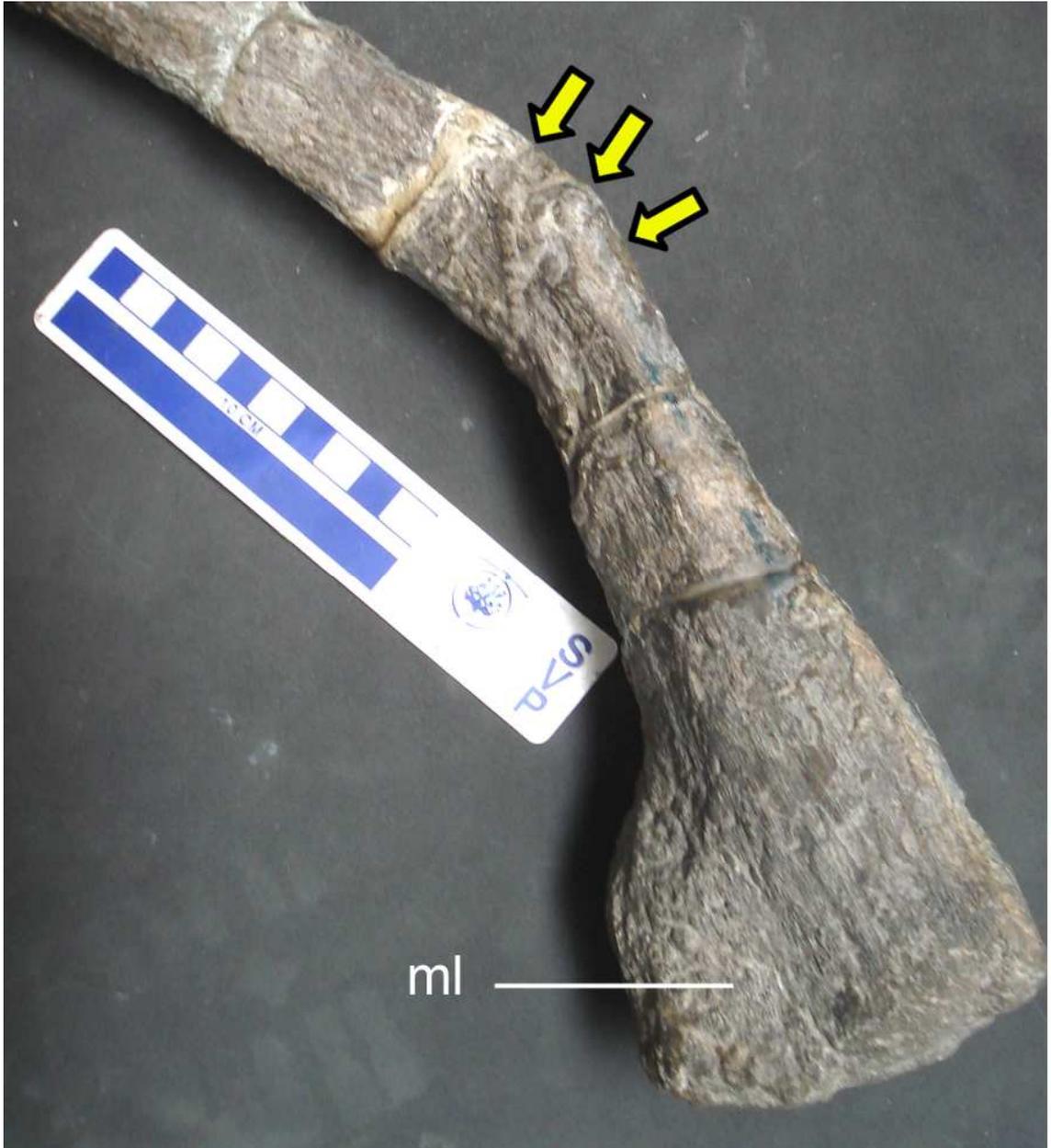


Figura 7.94. Acercamiento de la región lesionada del extremo distal de la fíbula izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). La flecha indica el borde de la lesión. **Abreviaturas:** ml, maléolo lateral.



Figura 7.95. Tomografía computarizada de la porción distal de la fíbula izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en corte latero-medial. Las flechas marcan una lesión interna. **Abreviaturas:** cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maléolo lateral.

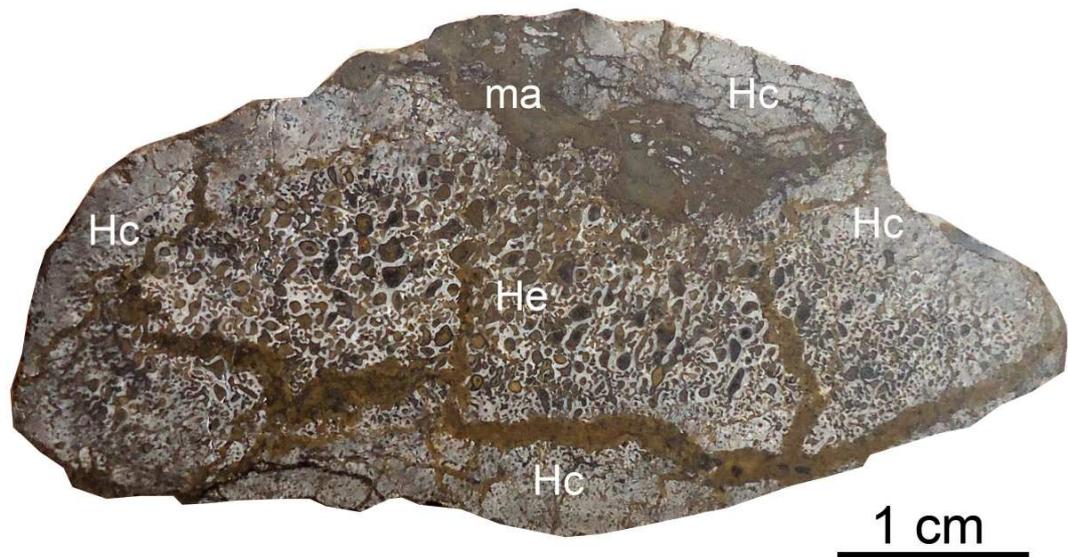


Figura 7.96. Corte transversal proximal de la lesión de la fíbula izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ma matriz rocosa.

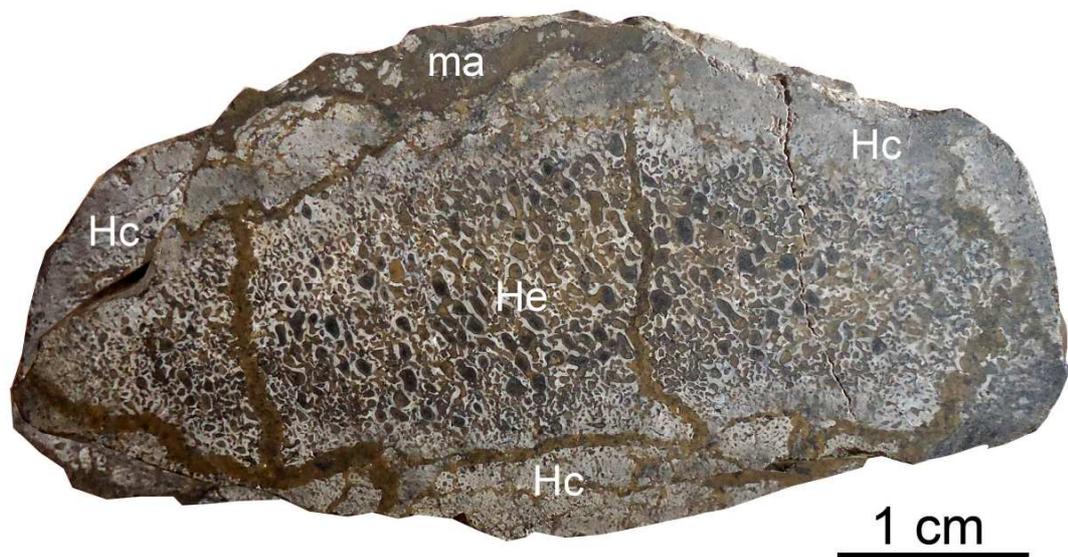


Figura 7.97. Corte transversal distal de la lesión de la fíbula izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ma matriz rocosa.

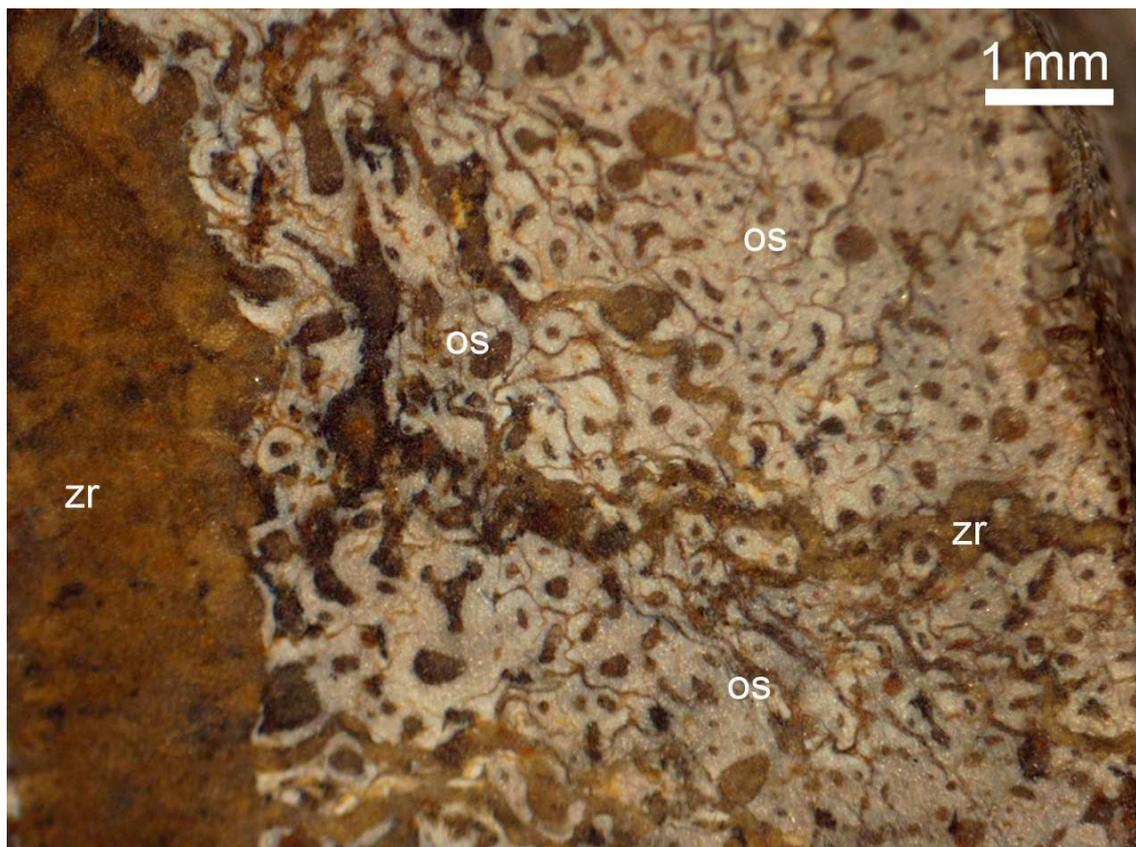


Figura 7.98. Histología de hueso Haversiano de la cortical de la fíbula izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). **Abreviaturas:** os, osteones secundarios; zr, zona de remplazamiento diagenético.

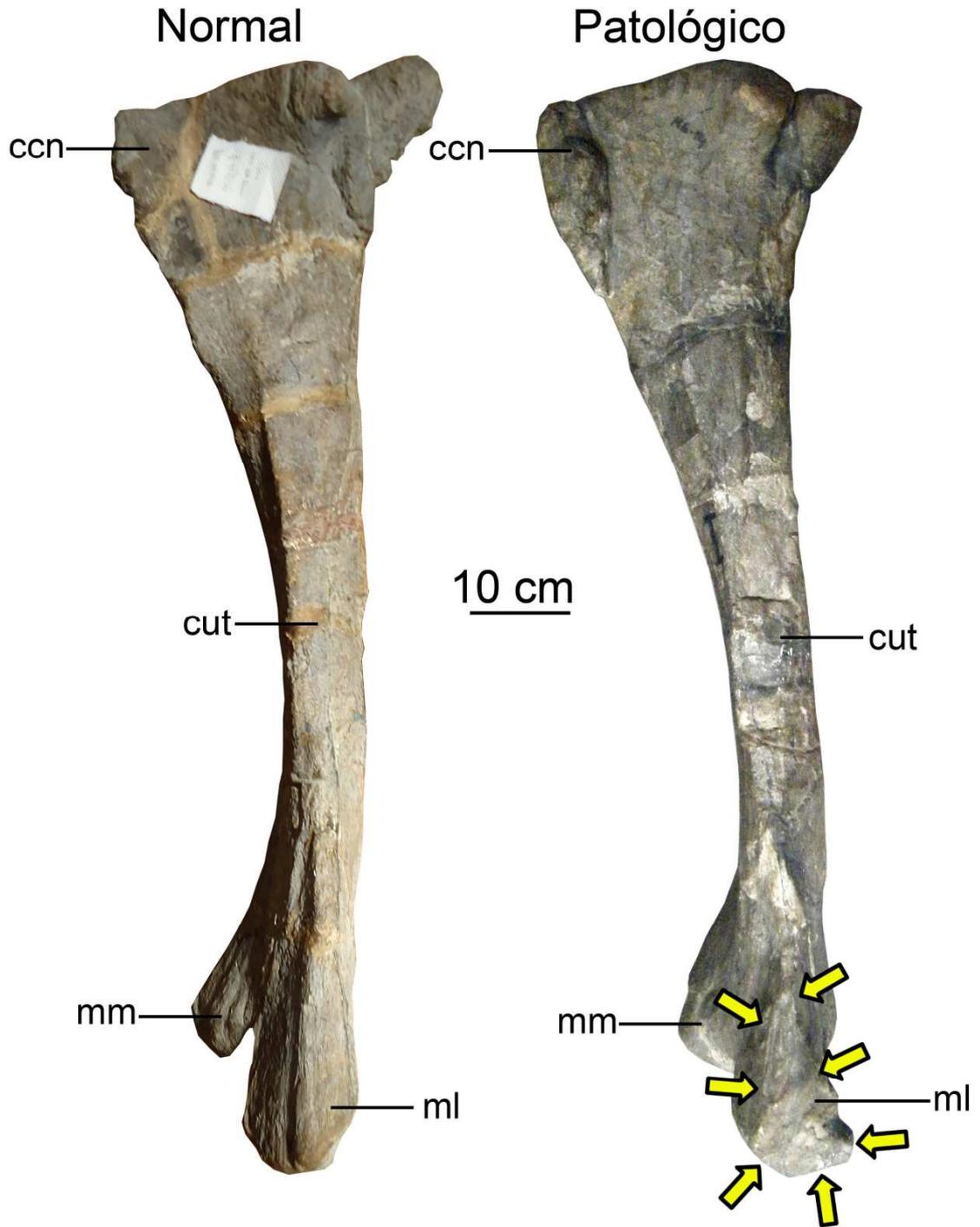


Figura 7.99. Comparación de las tibia derecha (normal inversa) e izquierda (patológica) de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583), ambos en vista lateral. Las flechas delimitan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** ccn, cresta cnemial; cut, cuerpo de la tibia; ml, maléolo lateral; mm, maléolo medial.

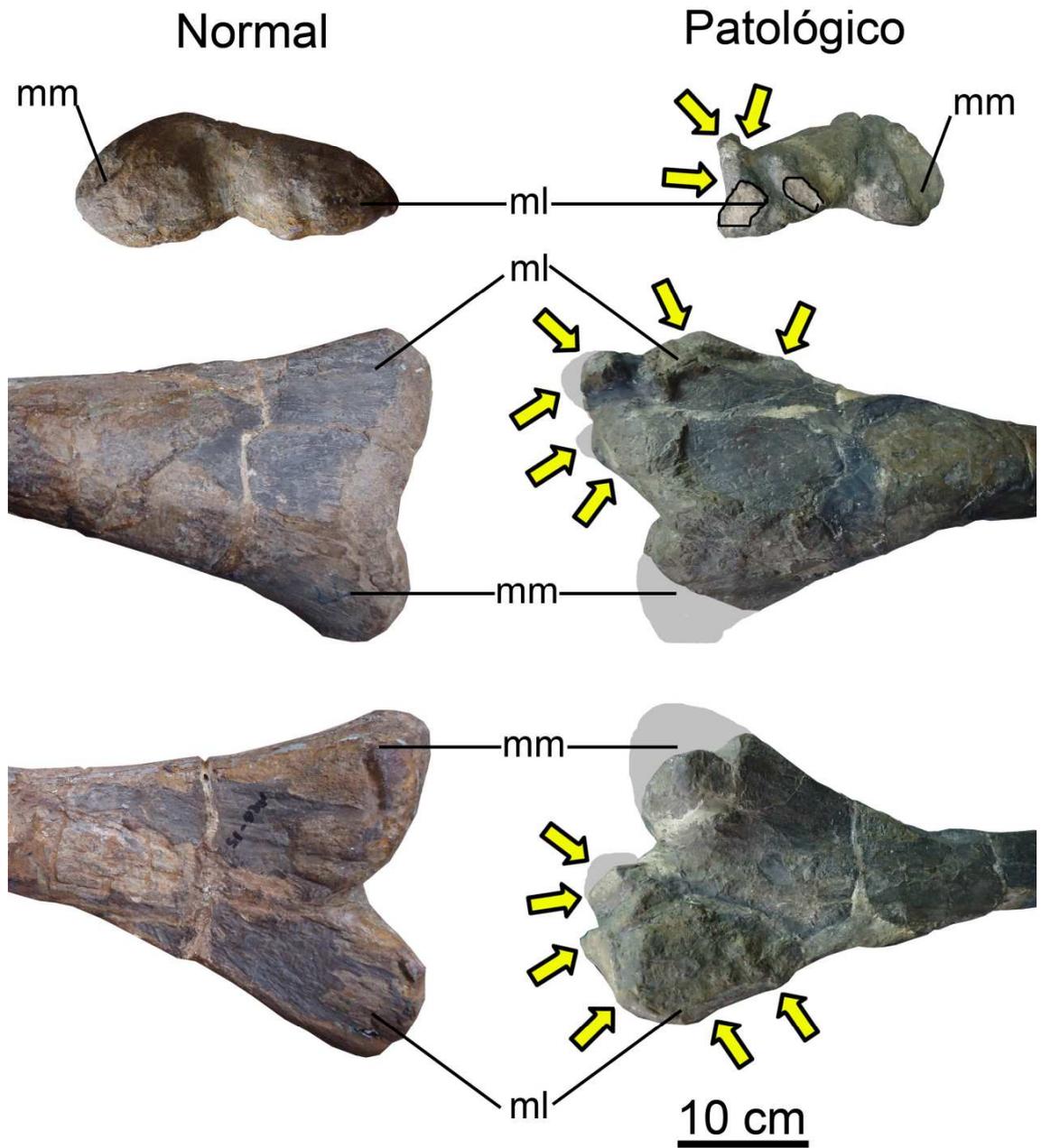


Figura 7.100. Comparación de la porción distal de la tibia derecha (normal) e izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en vista distal (arriba), caudal (en medio), craneal (abajo). Las flechas indican los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** ml, maléolo lateral; mm, maléolo medial.



Figura 7.101. Acercamiento del maléolo lateral de la tibia izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583). Las flechas marcan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** cut, cuerpo de la tibia; ml, maléolo lateral.

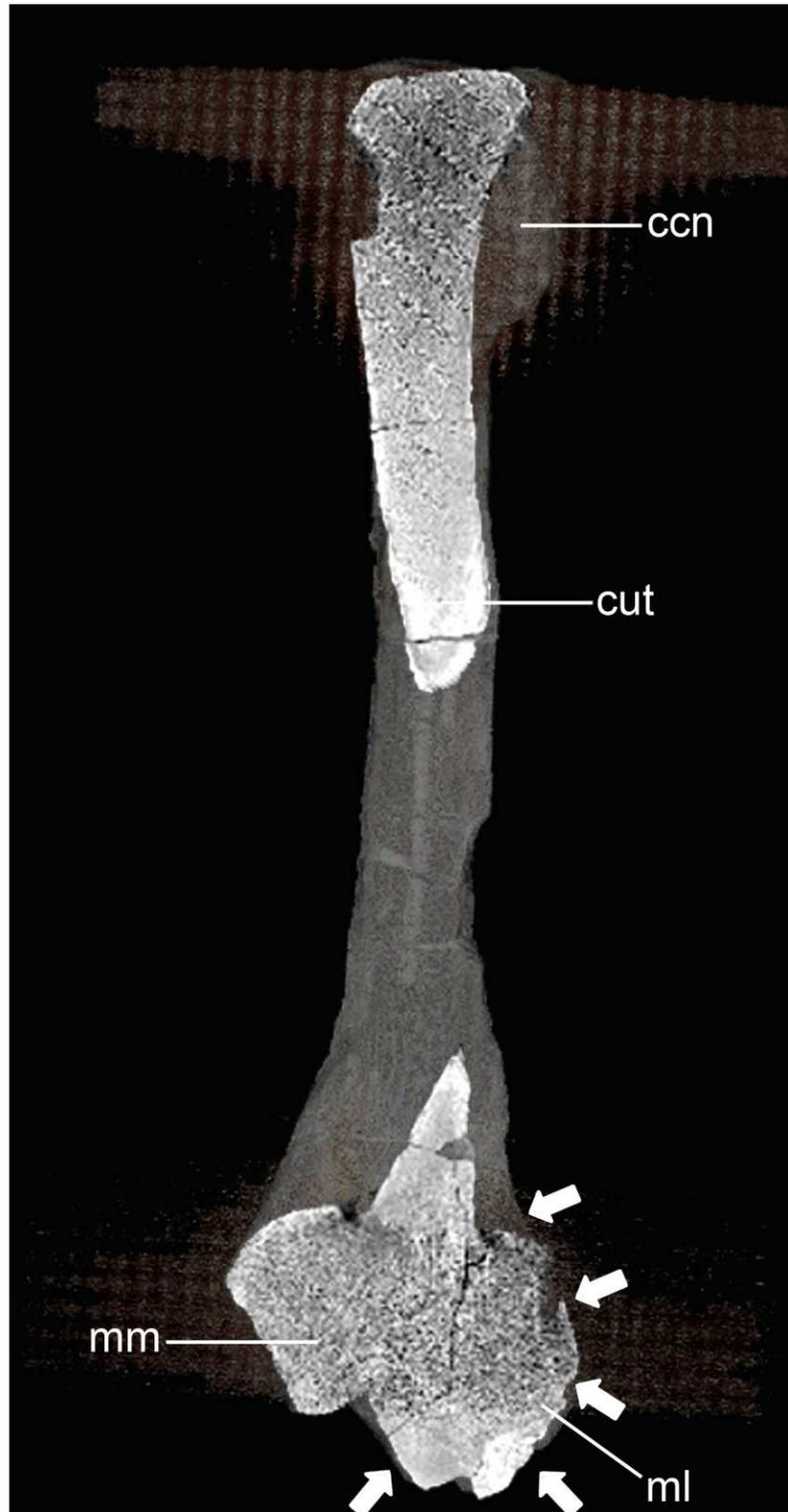


Figura 7.102. Tomografía computarizada de la tibia izquierda de *Latirhinus uistlani* (IGM 6583) en corte cráneo-caudal. Las flechas marcan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** cc, cresta cnemial; cut, cuerpo de la tibia; ml, maléolo lateral; mm, maléolo medial.

7.1.15. *Kritosaurus* sp. (IGM 6685).

Material: ambos premaxilares, predentario y ambos dentarios (Fig. 7.103).

Rasgos tafonómicos: abrasión, encostramiento biológico, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad Presa San Antonio, Parras de la Fuente, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: dentario derecho (Fig. 7.103).

Colección paleontológica de resguardo: IGM, dentro del Museo María del Carmen Perilliat.

a. Dentario derecho.

Descripción macroscópica externa: hacia la porción rostral del dentario derecho, en la parte ventral-lateral se ven dos proyecciones ovoides de superficie irregular, uno hacia el extremo rostral y otro hacia caudal (Figs. 7.104-7.105). El crecimiento anómalo ubicado en el extremo craneal tiene 1.9 cm de alto (Fig. 7.106), mientras que aquel ubicado caudalmente es de tan solo 1.6 cm de alto (Fig. 7.107).

Probables diagnósticos diferenciales: neoplasia benigna (osteoma o fibroma osificante).

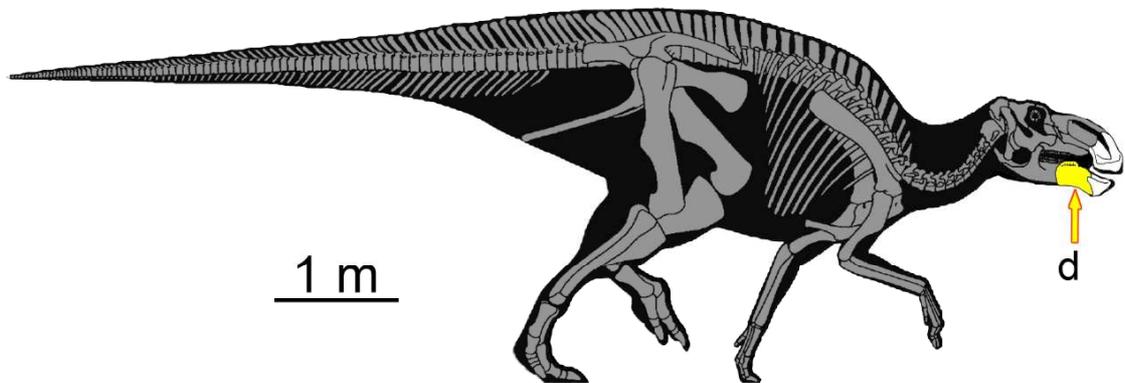


Figura 7.103. Reconstrucción del esqueleto de *Kritosaurus* sp. (IGM 6685), indicando con una flecha el hueso patológico. **Abreviaturas:** d, dentario.

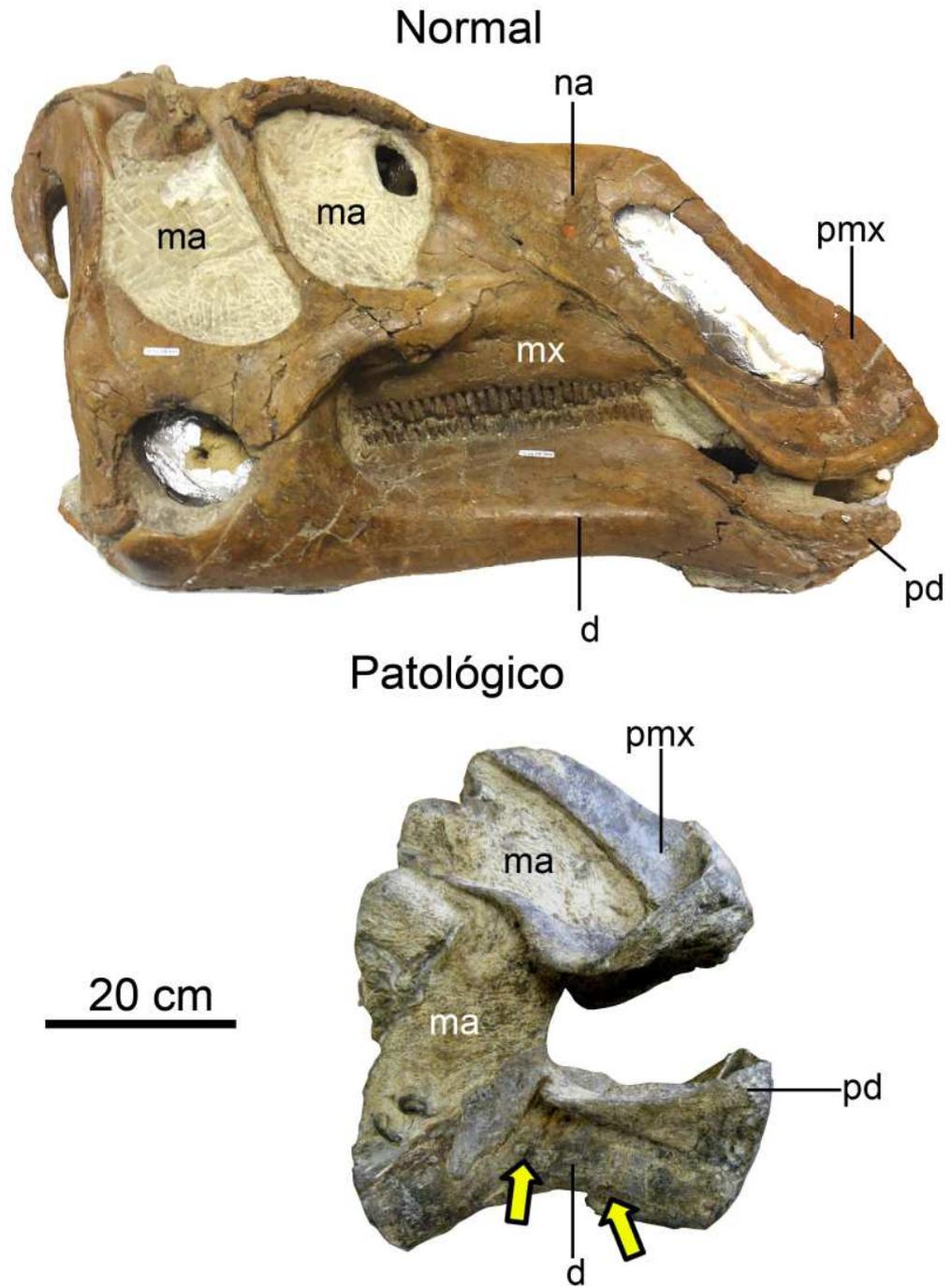
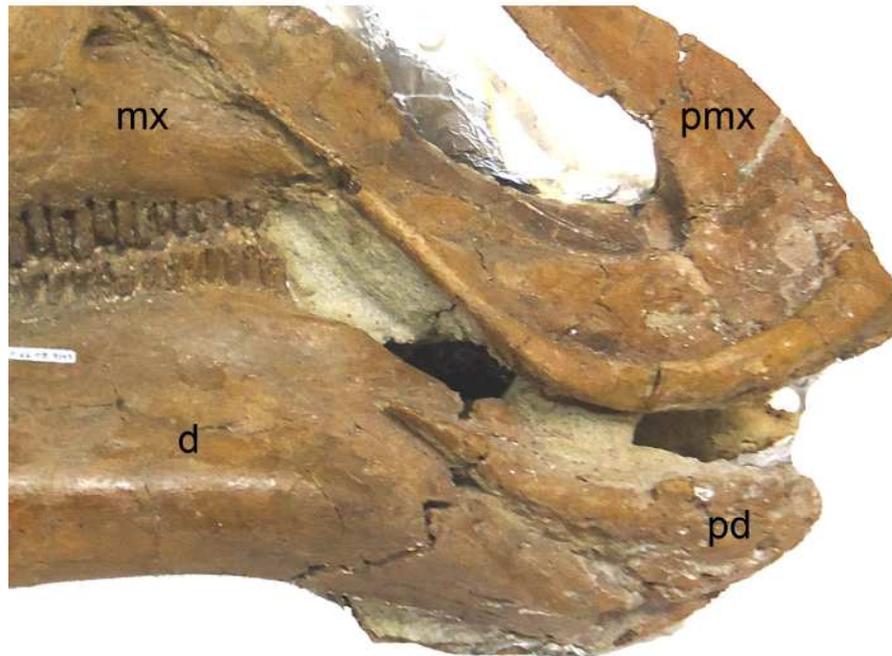


Figura 7.104. Comparación del cráneo completo de *Gryposaurus incurvimanus* (TMP 1980.022.0001) y la región rostral de *Kritosaurus* sp. (IGM 6685) en vista lateral. Las flechas marcan la localización de las lesiones. **Abreviaturas:** d, dentario; ma, matriz rocosa; mx, maxilar; na, nasal; pd, predentario; pmx, premaxilar.

Normal



Patológico

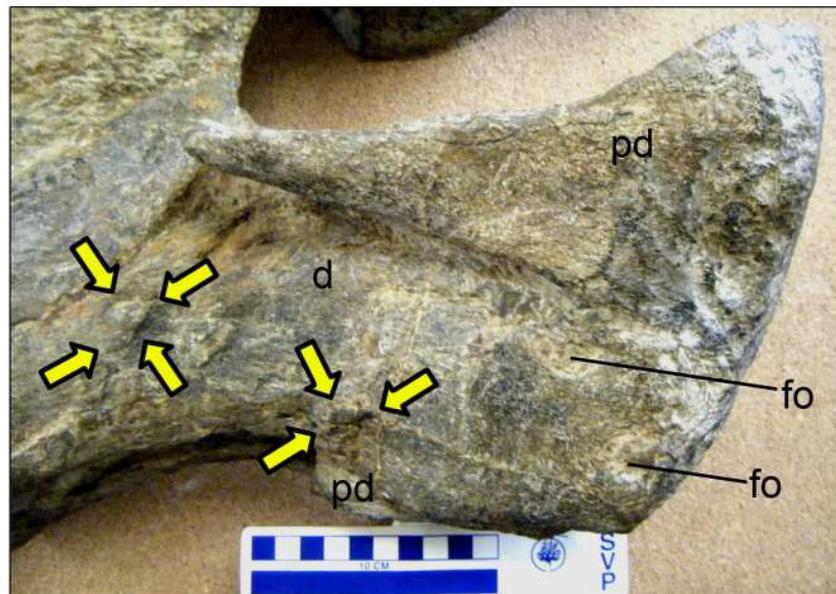


Figura 7.105. Comparación de la textura del dentario de *Gryposaurus incurvimannus* (TMP 1980.022.0001) y de *Kritosaurus* sp. (IGM 6685) en vista lateral. Las flechas delimitan las lesiones. **Abreviaturas:** d, dentario; fo, forámen; mx, maxilar; pd, predentario; pmx, premaxilar.

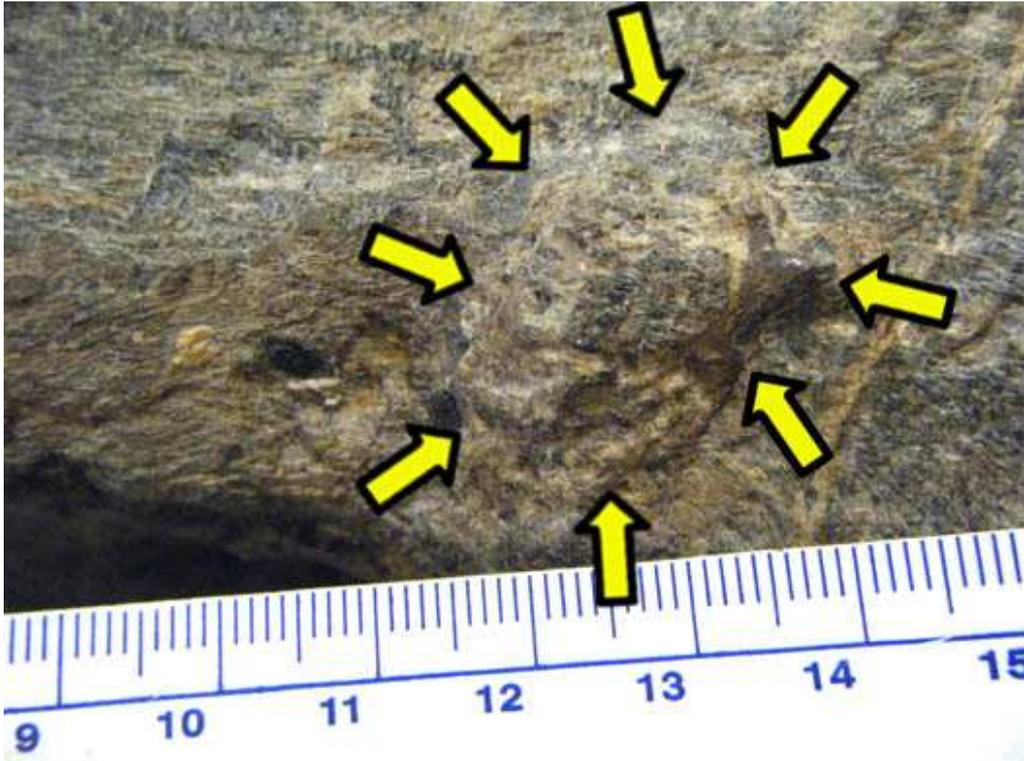


Figura 7.106. Acercamiento de la lesión dorso-caudal del dentario de *Kritosaurus* sp. (IGM 6685). Las flechas marcan los bordes de la Lesión.

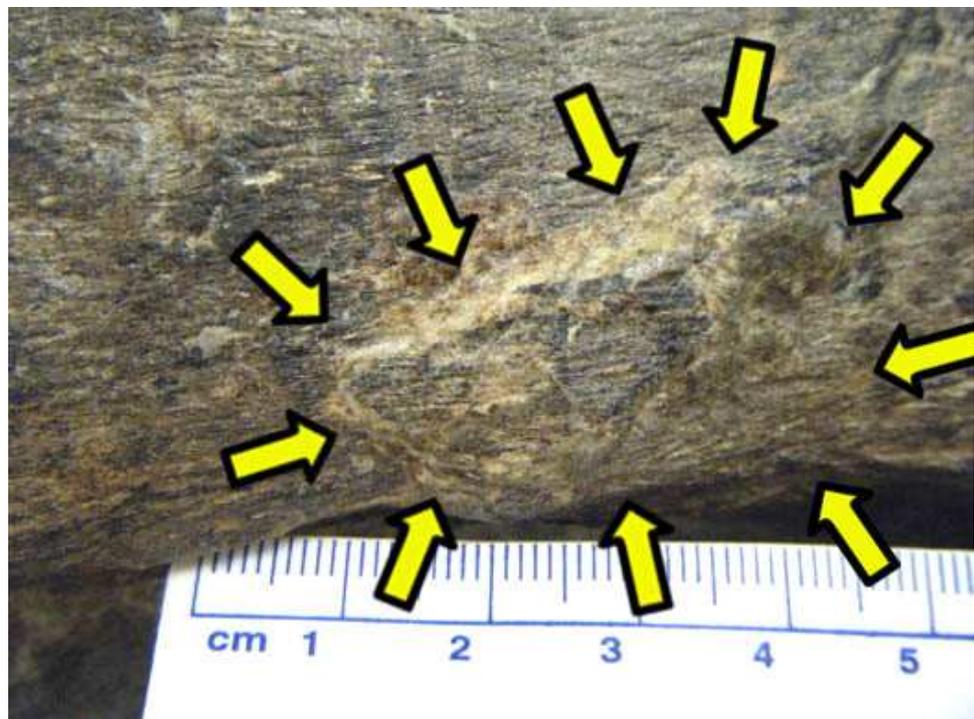


Figura 7.107. Acercamiento de la lesión rostro-ventral del dentario de *Kritosaurus* sp. (IGM 6685). Las flechas marcan los bordes de la lesión.

7.1.16. *Velafrons coahuilensis* (CPC-59).

Material: ambos maxilares, ambos cuadrados, lagrimal izquierdo, ambos premaxilares, nasal derecho, ambos parietales, ambos escamosos, ambos frontales, yugal derecho, dentario derecho, vértebras cervicales, torácicas, sacras y caudales, costillas torácicas y cervicales, chevrones, ambos coracoides, escápula derecha, ambos húmeros, ambas ulnas, ambos radios, metacarpos, falanges, unguales manuales, ilión derecho, ambos isquiones, ambos pubis, ambos fémures, ambas tibias, astrágalo izquierdo, metatarsos, falanges y unguales pedales (Fig. 7.108).

Rasgos tafonómicos: encostramiento biológico, concreciones, fragmentación post-fosilización, deformación plástica.

Ocurrencia: localidad Cerro de los dinosaurios cantera 7a, General Cepeda, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: arcos neurales sacros (Fig. 7.108).

Colección paleontológica de resguardo: CPC, dentro del MUDE.

a. Arcos neurales de vértebras sacras.

Descripción macroscópica externa: en la región dorsal del arco neural se observa la unión de ambos procesos espinosos y del proceso transversal izquierdo (Fig. 7.109). La extensión de la fusión dorso-ventralmente es de 7 cm de altura. Los dos procesos espinosos presentan una curvatura muy cerrada hacia dorso-caudal. En vista lateral izquierda presentan los dos procesos transversos normales (Fig. 7.110) y en lateral derecha solo presenta un proceso transverso. La falta del este proceso probablemente se deba a cuestiones tafonómicas.

Probable diagnóstico diferencial: espondiloartropatía en fase crónica.

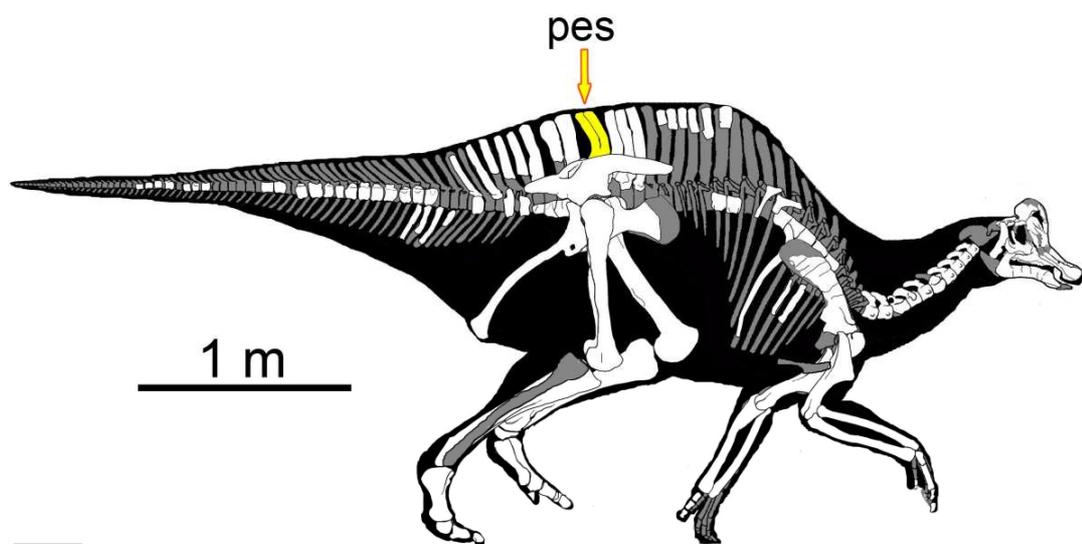


Figura 7.108. Reconstrucción del esqueleto de *Velafrons coahuilensis* (CPC-59) ubicando con una flecha los huesos patológicos. **Abreviaturas:** pes, procesos espinosos sacros.

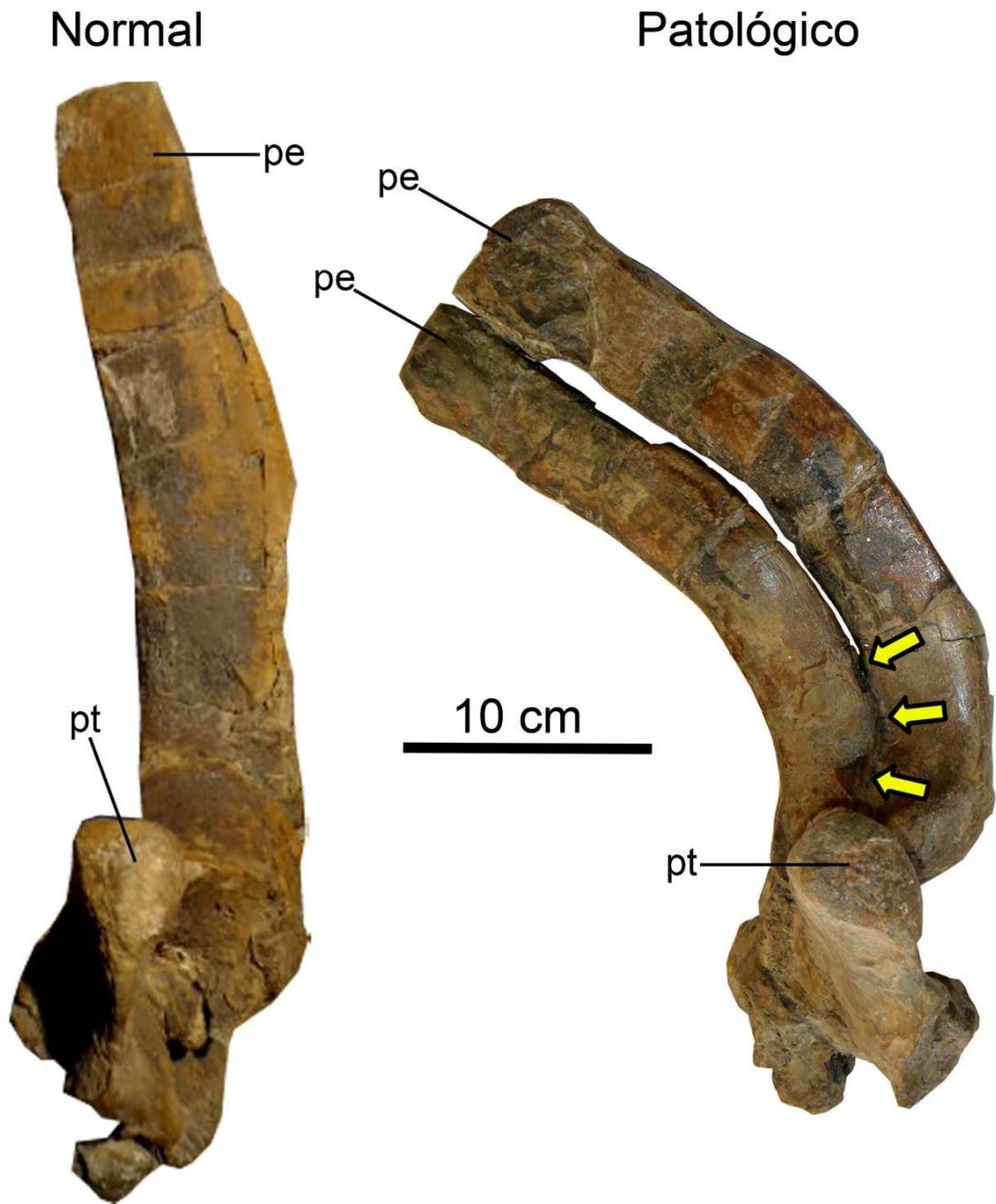


Figura 7.109. Comparación de procesos espinoso sacros normal y patológico de *Velafrons coahuilensis* (CPC-59) en vista lateral derecha. Las flechas marcan la ubicación de la lesión. **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso; pt, proceso transversal.

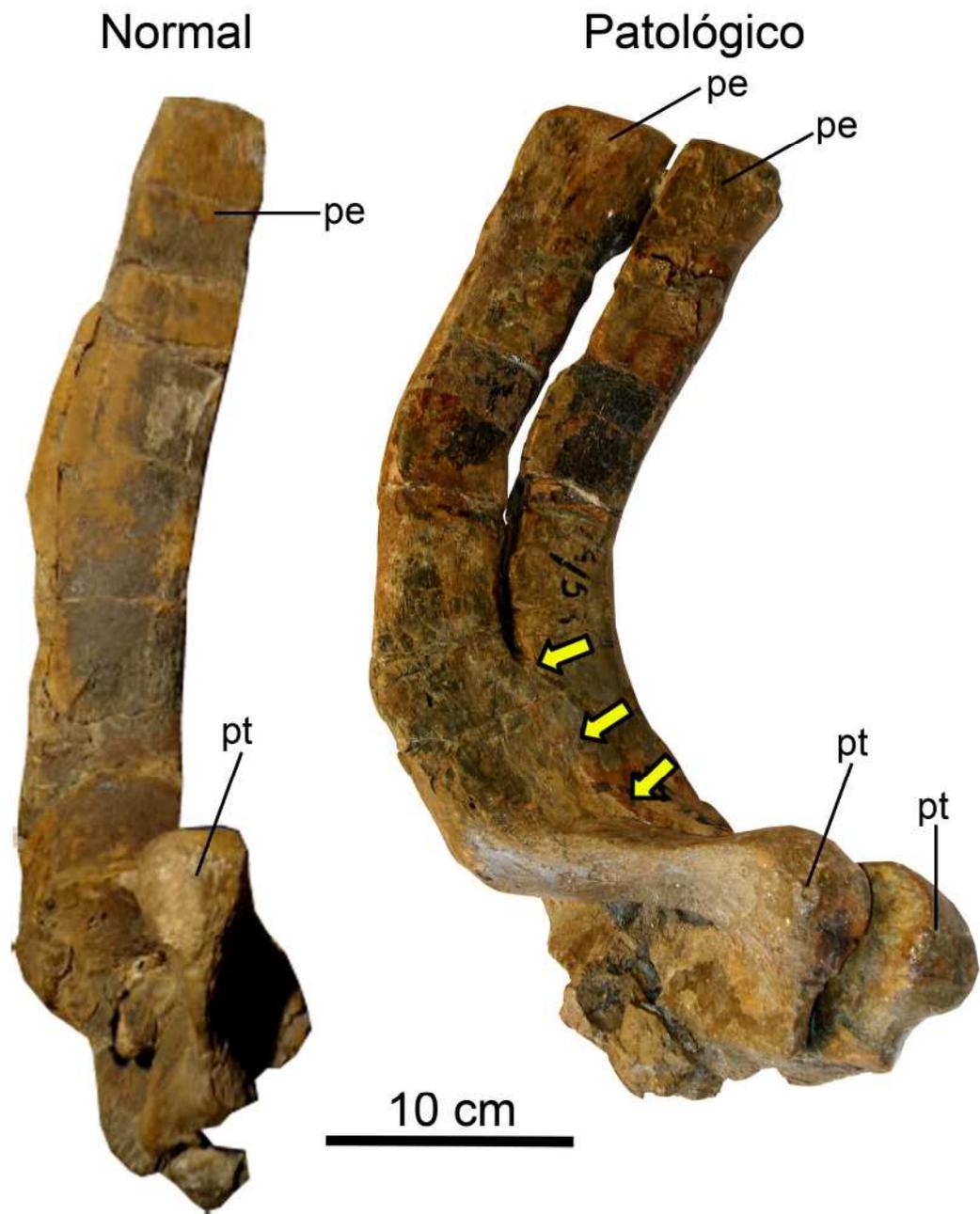


Figura 7.110. Comparación de procesos espinoso sacros normal y patológico de *Velafrons coahuilensis* (CPC-59) en vista lateral izquierda. Las flechas marcan la ubicación de la lesión. **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso.

7.1.17. *Magnapaulia laticaudus* (LACM 17715/ sin IGM).

Material: premaxilar, maxilar, yugal, vértebra cervical y sacras, escápula, coracoide derecho, húmero derecho, ambos isquiones, fémur derecho, ambas tibias y un metatarso (Fig. 7.111).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad El Rosario, Ensenada, Baja California.

Edad geológica: Formación El Gallo.

Material patológico: húmero izquierdo (Fig. 7.111).

Colección paleontológica de resguardo: sólo el húmero está depositado en el IGM, dentro Museo María del Carmen Perrilliat y todo lo demás en la colección del LACM, (en EUA.).

a. Húmero izquierdo.

Descripción macroscópica externa: en el cuello del húmero, en su borde cráneo-lateral, presenta dos depresiones amplias, poco profundas, límites definidos (Fig. 7.112). La depresión craneal es de 0.9 por 0.8 cm de diámetro y la depresión lateral-caudal de 1.8 por 1.1 cm (Fig. 7.113). En su interior presentan un patrón formado por capas concéntricas hasta llegar al fondo de la lesión.

Probables diagnósticos diferenciales: osteomielitis, neoplasia, trastorno vascular (secundario a un aneurisma), lesión por avulsión o enfermedad desconocida.

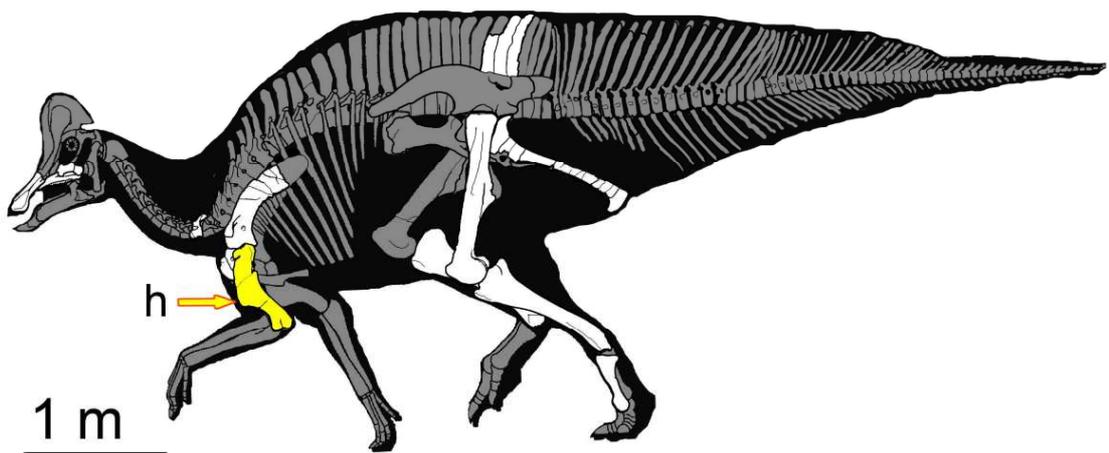


Figura 7.111. Reconstrucción del esqueleto de *Magnapaulia laticaudus* (LACM 17715), ubicando con una flecha el hueso patológico. **Abreviaturas:** h, húmero.

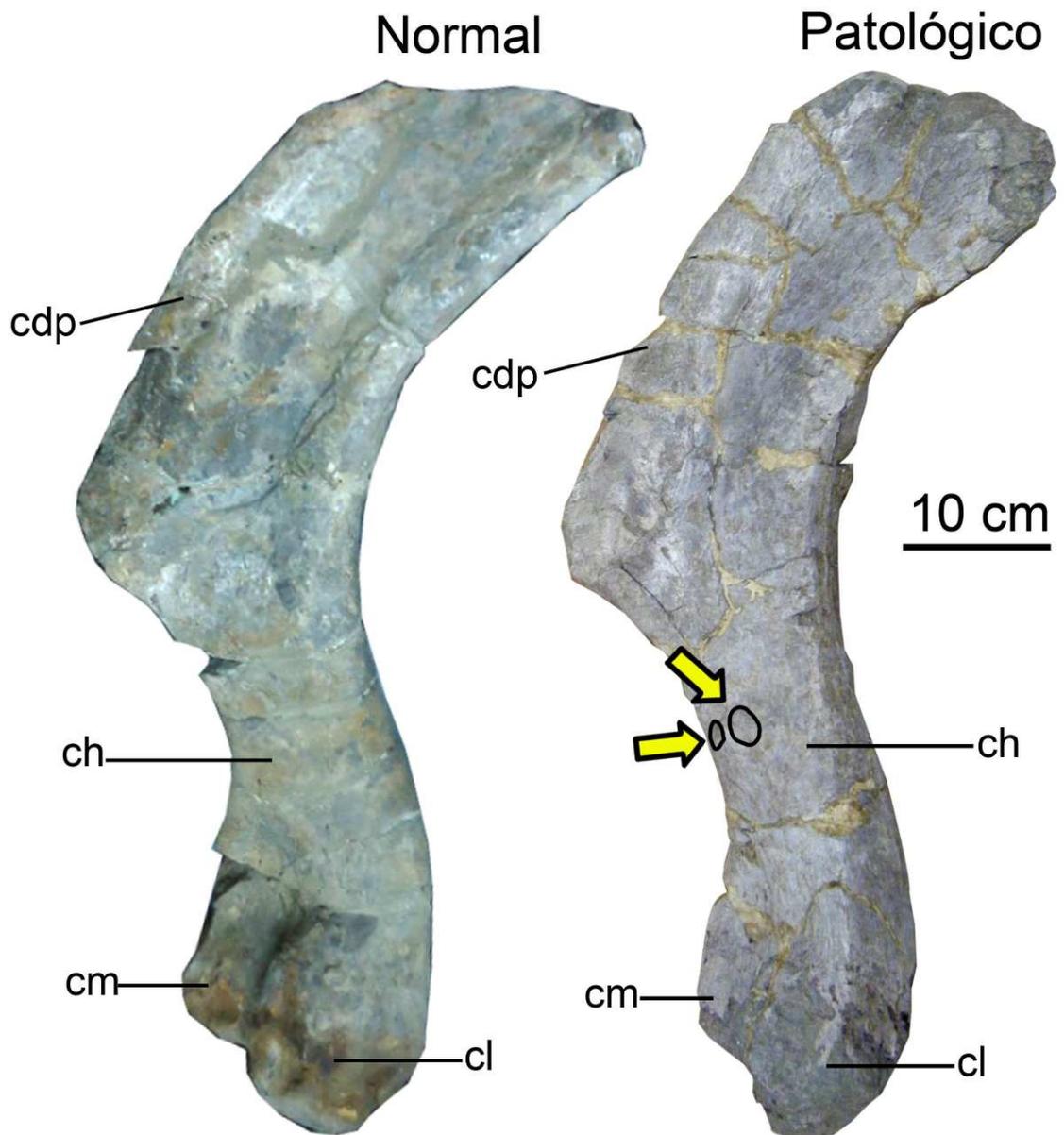


Figura 7. 112. Comparación del húmero del hadrosaurio BENC 18/1-0901 (normal) y el húmero de *Magnapaulia laticaudus* LACM 17715 (patológico) en vista lateral. Las flechas y los círculos delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cdp, cresta delto-pectoral; ch, cuello del húmero; cl, cóndilo lateral; cm, cóndilo medial.

Normal



Patológico

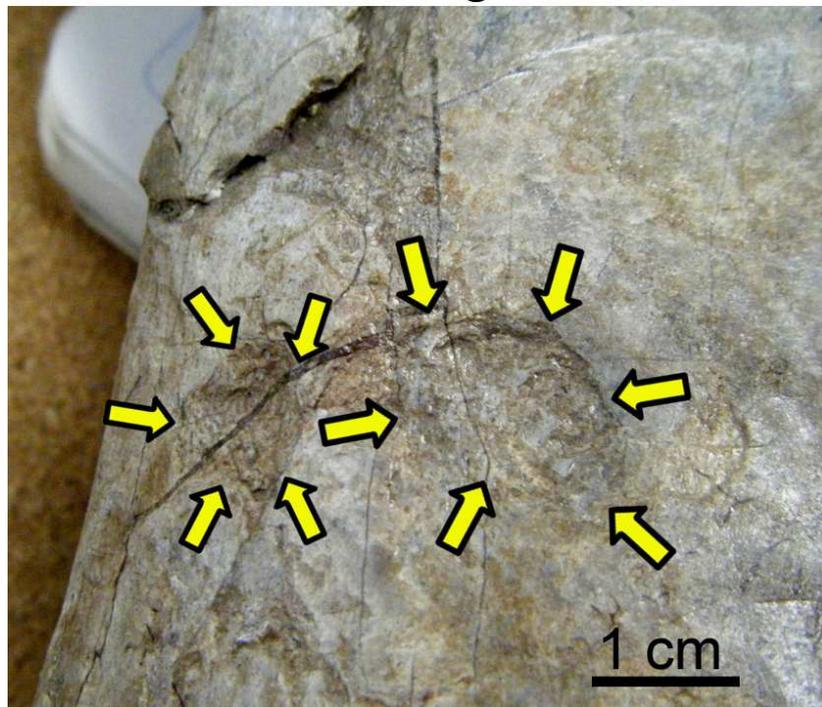


Figura 7.113. Comparación de la superficie lateral del cuello del húmero de *Magnapaulia laticaudus* del ejemplar LACM 17712 (normal) y el ejemplar LACM 17715 (patológico), ambos en vista lateral. Las flechas marcan los bordes de las lesiones.

7.1.18. *Magnapaulia laticaudus* (LACM 20874/ sin IGM).

Material: premaxilar, maxilar, yugal, vértebra cervical y sacras, escápula, coracoides derecho, húmero derecho, ambos isquiones, fémur derecho, ambas tibias y un metatarso (Fig. 7.114).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, fragmentación post-fosilización, deformación plástica.

Ocurrencia: localidad El Rosario, Ensenada, Baja California.

Edad geológica: Formación El Gallo.

Material patológico: pubis izquierdo (Fig. 7.114).

Colección paleontológica de resguardo: ambos pubis y el ilion se encuentran depositados en el IGM, dentro del Museo María del Carmen Perrilliat y todo el material faltante en la colección de LACM (en EUA).

a. Pubis izquierdo.

Descripción macroscópica externa: en el borde dorsal de la paleta prepúbica (Fig. 2.109), presenta en su vista lateral una neoformación ovoide, chata y lisa de 0.6 cm de altura y de 1.1 cm por 1.8 cm de diámetro. (Fig. 2.110-2.111). Presenta una deformación del proceso postpúbico de probable origen tafonómico (deformación plástica)

Probables diagnósticos diferenciales: neoplasia benigna (osteoma o fibroma osificante).

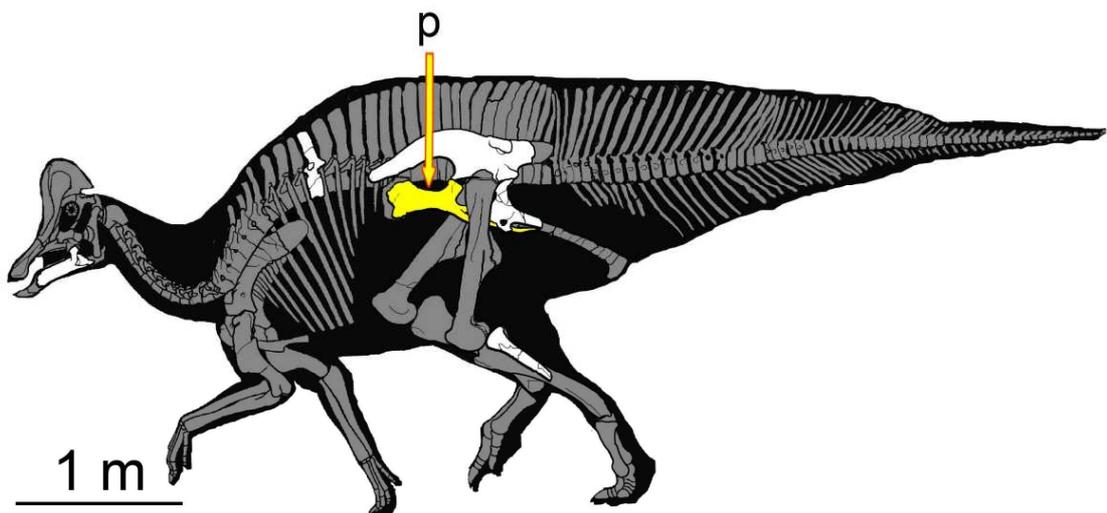


Figura 7.114. Reconstrucción del esqueleto de *Magnapaulia laticaudus* (LACM 20874), ubicando con una flecha el hueso patológico. **Abreviaturas:** p, pubis.

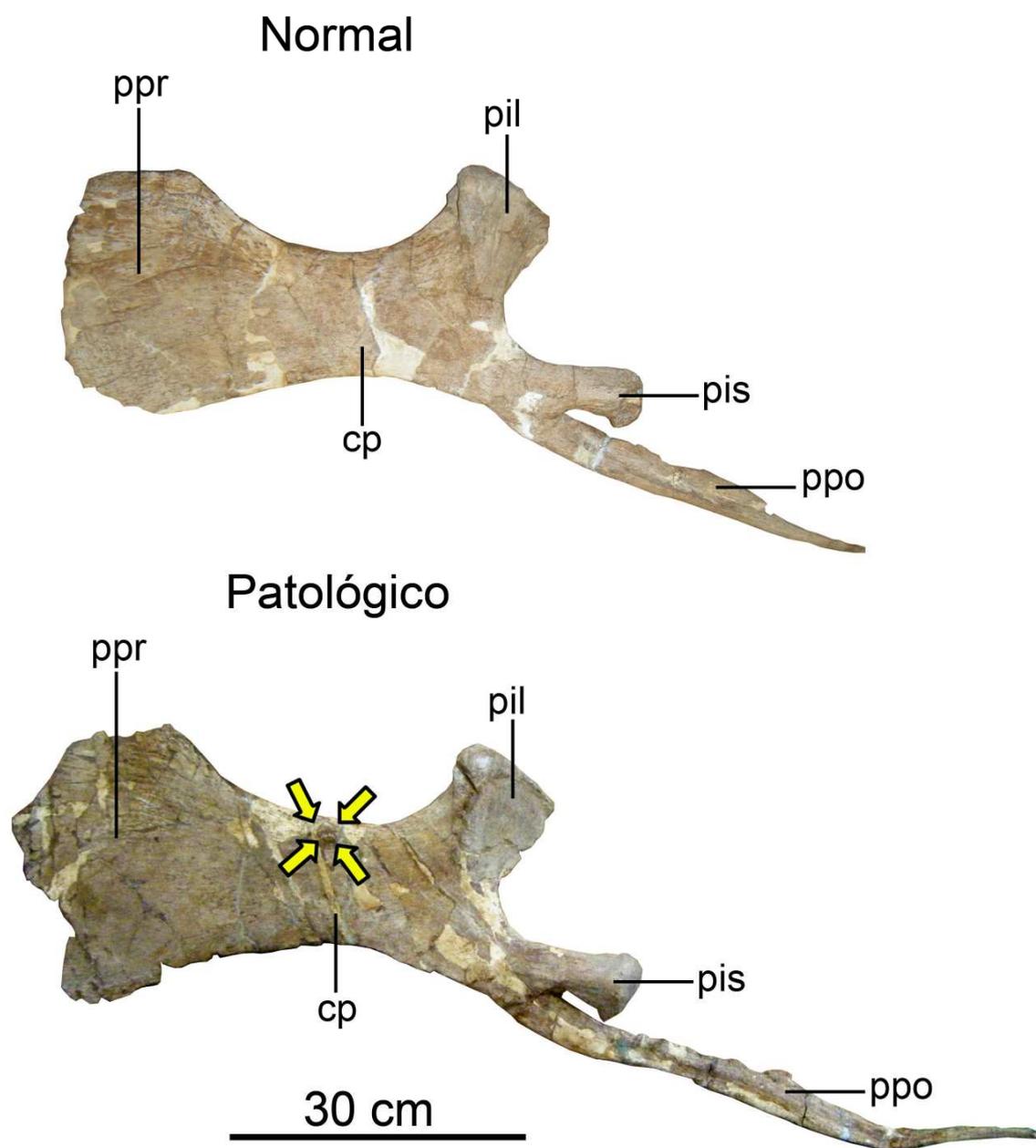


Figura 7.115. Comparación de los pubis de *Magnapaulia laticaudus* LACM 20874 derecho (normal inverso) e izquierdo (patológico). Las flechas marcan la lesión. **Abreviaturas:** cp, cuello púbico; pil, pedúnculo iliaco; pis, pedúnculo isquiático; ppo, proceso postpúbico; ppr, proceso prepúbico.

Normal



Patológico



Figura 7.116. Comparación del borde dorsal del cuello púbico de los pubis de *Magnapaulia laticaudus* LACM 20874 derecho (normal) y el izquierdo (patológico). Las flechas marcan la lesión.

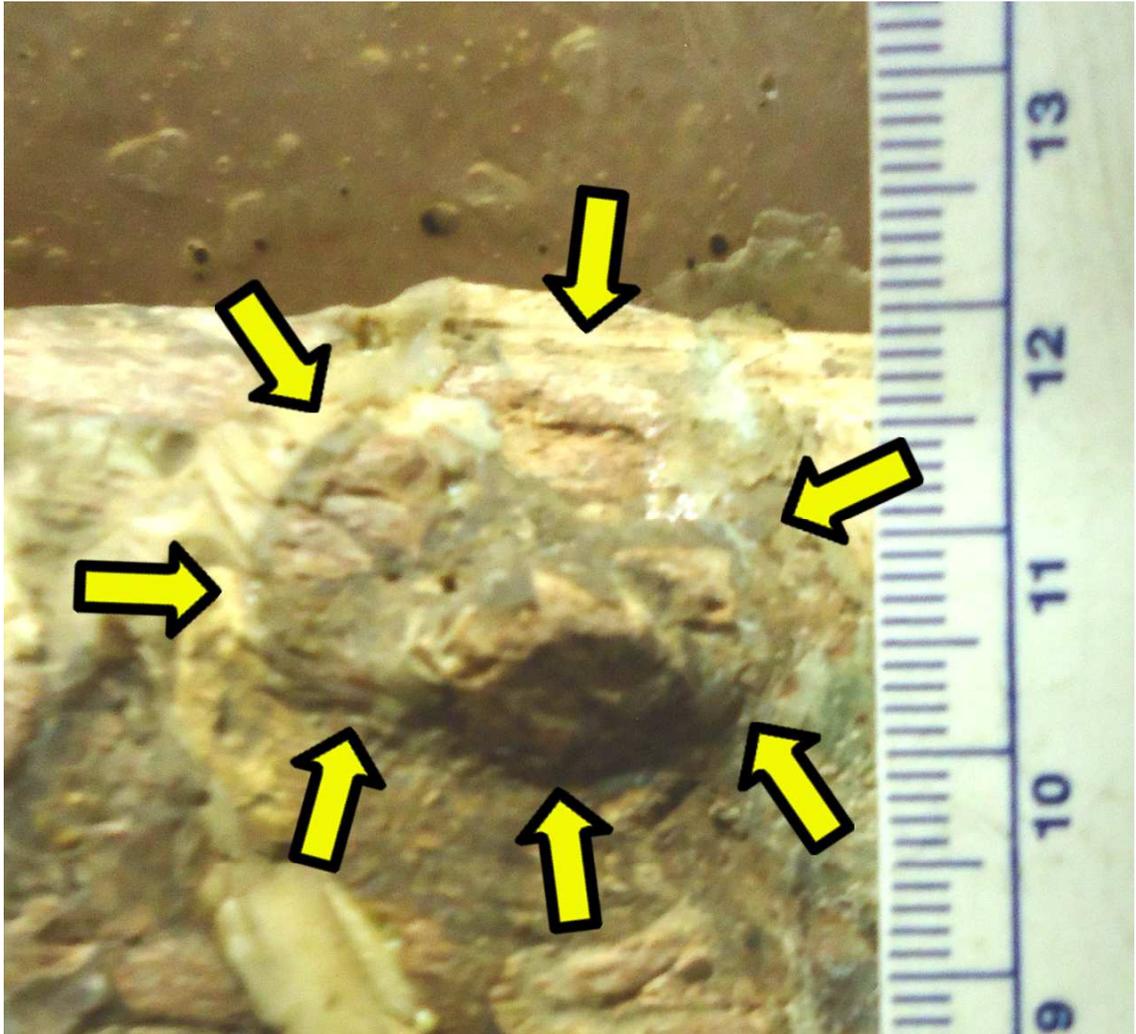


Figura 7.117. Acercamiento de la lesión del borde dorsal del cuello púbico de *Magnapaulia laticaudus* LACM 20874 del pubis izquierdo. Las flechas delimitan la lesión.

7.2. PATOLOGÍAS EN CERATOPSIA.

7.2.1. *Coahuilaceratops magnacuerna* (CPC-276).

Material: rostral, premaxilar izquierdo, ambos nasales, maxilar derecho, prementario, dentario izquierdo, ambos cuernos posorbitales, escamosos derecho, ambos parietales, metacarpo y metatarsos (Fig. 7.118).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, abrasión, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad Porvenir de Jalpa, Saltillo, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: cuadrado derecho (Fig. 7.118).

Colección paleontológica de resguardo: CPC, dentro del MUDE.

a. Escamoso derecho.

Descripción macroscópica externa: en la superficie medial del escamoso derecho, en su porción rostral, se observa un nódulo ovoide de superficie irregular, ligeramente elevado de 2.5 cm de diámetro menor por 3.3 cm de diámetro mayor (Fig. 7.119). La textura irregular de la lesión está formada por hueso esponjoso. Sus bordes son difusos ya que la superficie del hueso en esa zona presenta la misma textura que la lesión focal, ocasionado por la pérdida de hueso compacto (Fig. 7.120-7.121).

Probables diagnósticos diferenciales: neoplasia benigna (osteoma o fibroma osificante).

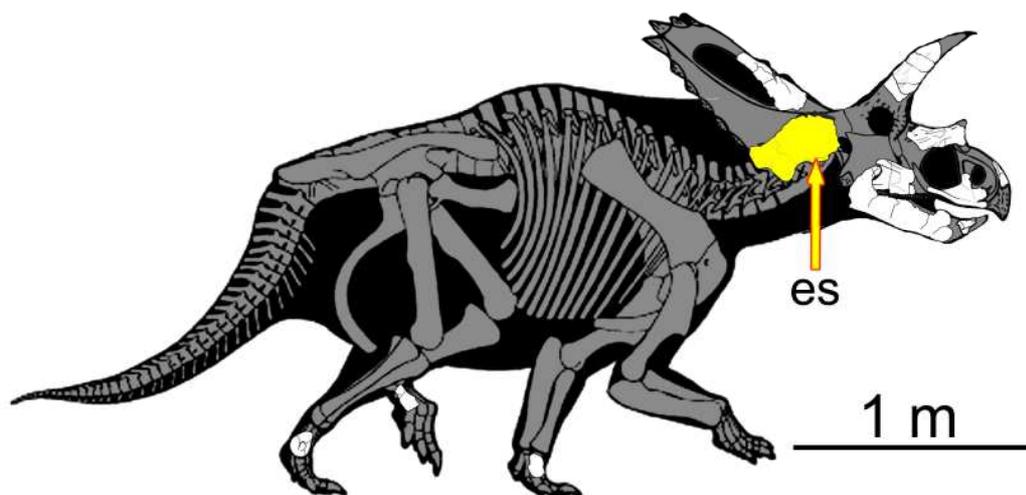


Figura 7.118. Reconstrucción del esqueleto de *Coahuilaceratops magnacuerna* (CPC-276), ubicando con una flecha el hueso patológico. **Abreviaturas:** es, escamoso.

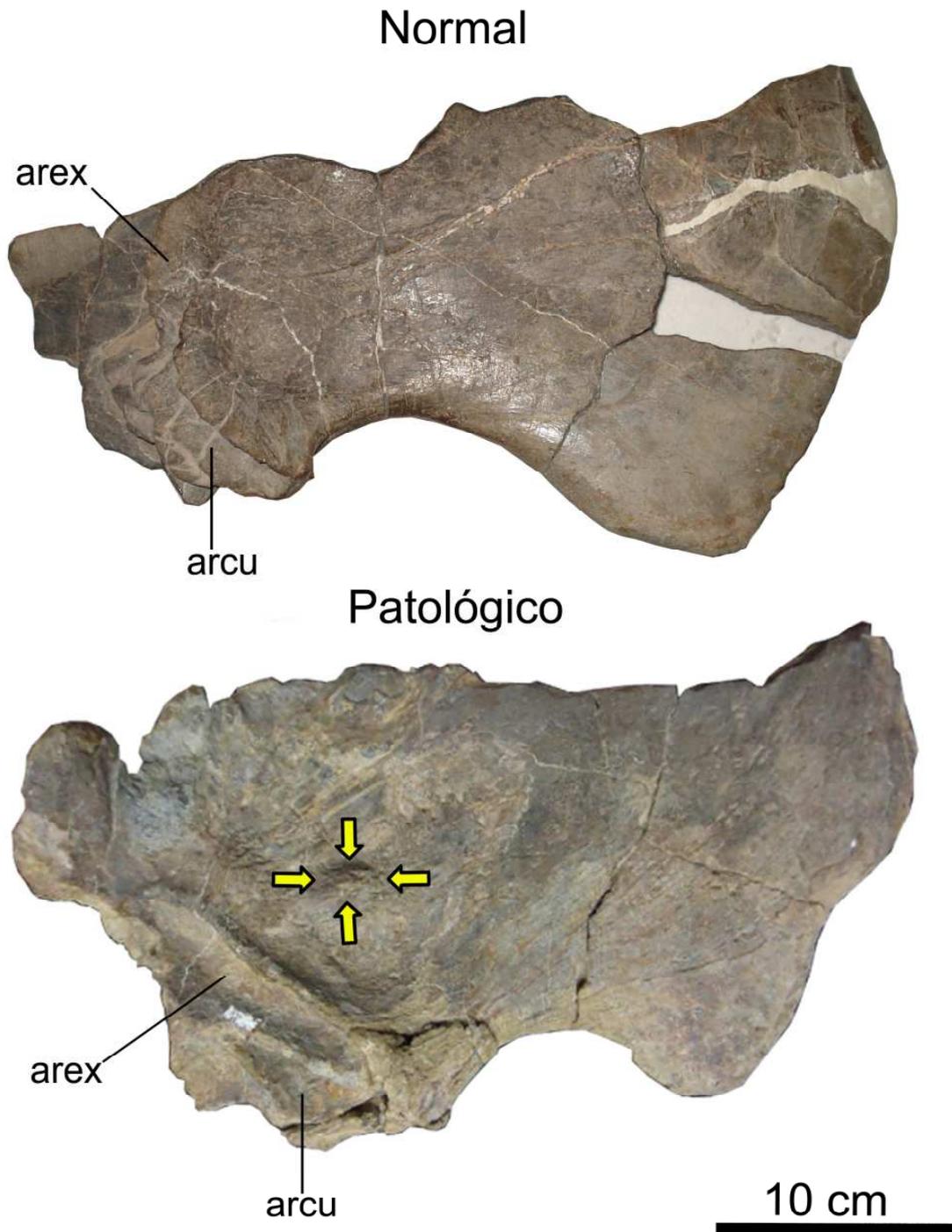


Figura 7.119. Comparación del escamoso derecho del ceratópsido de Ocampo (normal) y el escamoso derecho de *Coahuilaceratops magnacuerna* CPC-276 (patológico), ambos en vista medial. Las flechas marcan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** arcu, articulación para el cuadrado; arex, articulación para el exoccipital.

Normal



Patológico

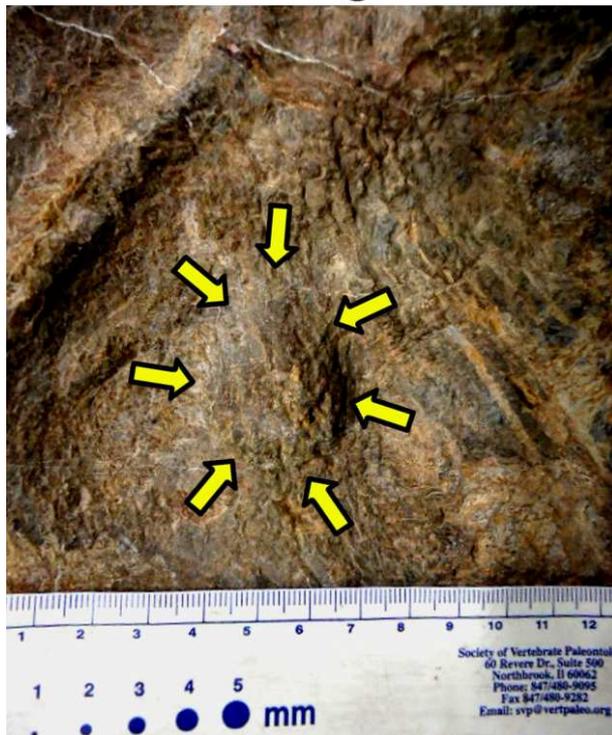


Figura 7.120. Comparación de la textura del escamoso derecho de *Coahuilaceratops magnacuerna* (CPC-276) en vista lateral (normal) y vista medial (patológico). La flecha marcan los bordes de la lesión.

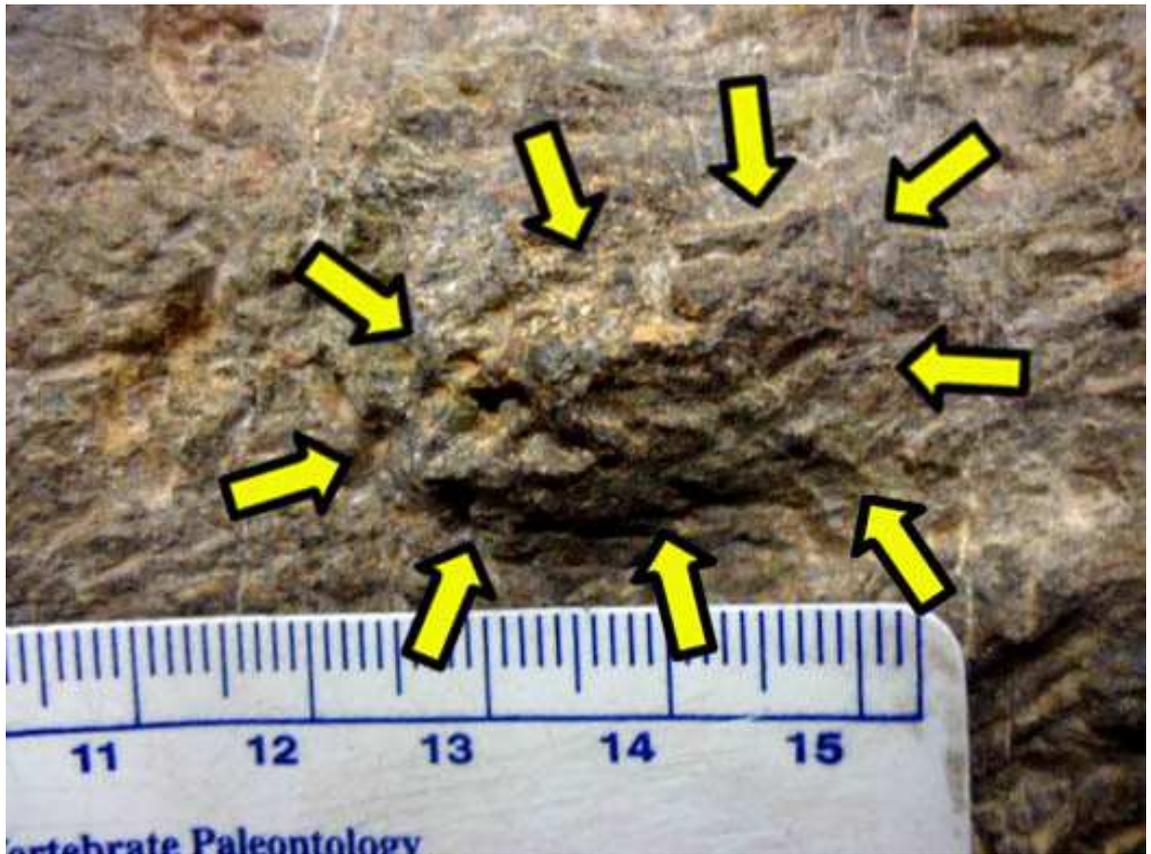


Figura 7.121. Acercamiento de la lesión del escamoso derecho de *Coahuilaceratops magnacuerna* (CPC-276) en vista medial. Las flechas marcan los bordes de la lesión.

7.2.2. *Coahuilaceratops magnacuerna* (CLEón-1).

Material: ambos cuernos posorbitales, vértebras cervicales y torácicas (Fig. 7.122).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, abrasión, fragmentación post-fosilización.

Ocurrencia: localidad Porvenir de Jalpa, Saltillo, Coahuila.

Edad geológica: Formación Cerro del Pueblo.

Material patológico: cuerno posorbital (Fig. 7.122).

Colección paleontológica de resguardo: en la colección CLeón.

a. Cuerno posorbital formado por dos fragmentos.

Descripción macroscópica externa: en el fragmento más distal conservado del cuerno posorbital (Fig. 7.223), cerca del extremo distal se observa el desplazamiento de un fragmento del hueso del cuerno hacia el exterior (lo que pudo haber provocado la deformación del mismo).

Descripción macroscópica interna: el fragmento desplazado presenta una mayor cantidad de hueso esponjoso, con espacios interóseos de tamaños muy diversos y algunos de ellos se extienden casi hasta el borde externo, interrumpiendo el hueso compacto (Fig. 7.224). La región cortical del fragmento desplazado se encuentra unida a la misma zona del cuerno normal. En la porción normal los espacios interóseos son pocos y muy pequeños (Fig. 7.224).

Probable diagnóstico diferencial: fractura traumática directa de unión retardada.



Figura 7.122. Reconstrucción del esqueleto de *Coahuilaceratops magnacuerna* (CLEón-1) ubicando el hueso patológico mediante una flecha. **Abreviaturas:** po, cuerno posorbital.

Normal



Patológico

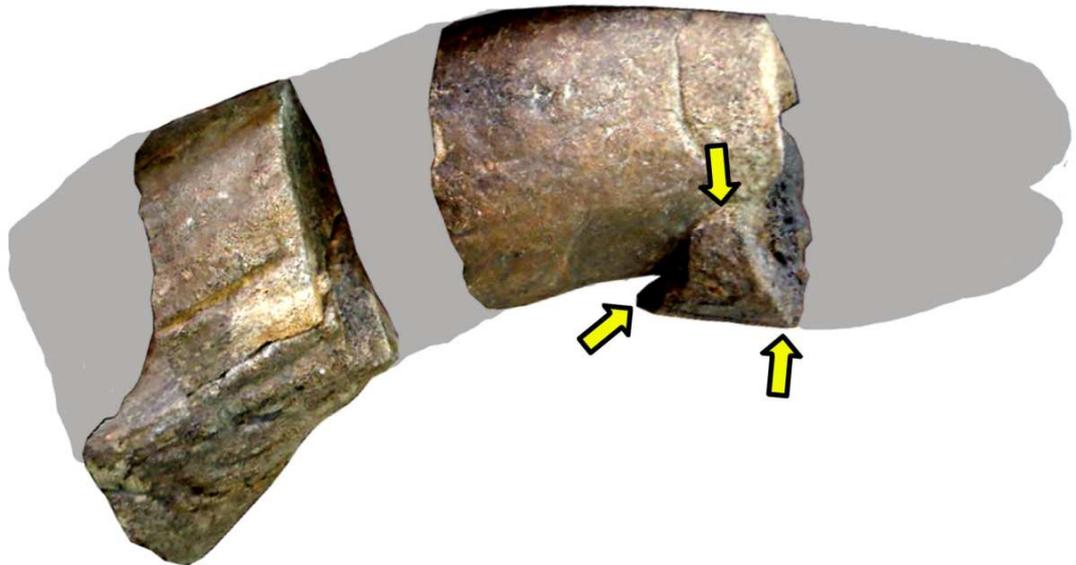


Figura 7.123. Comparación de cuernos posorbitales de *Coahuilaceratops magnacuerna* CLéon-2 (normal) y el de CLéon-1 (patológico). Las flechas marcan los bordes de la lesión.

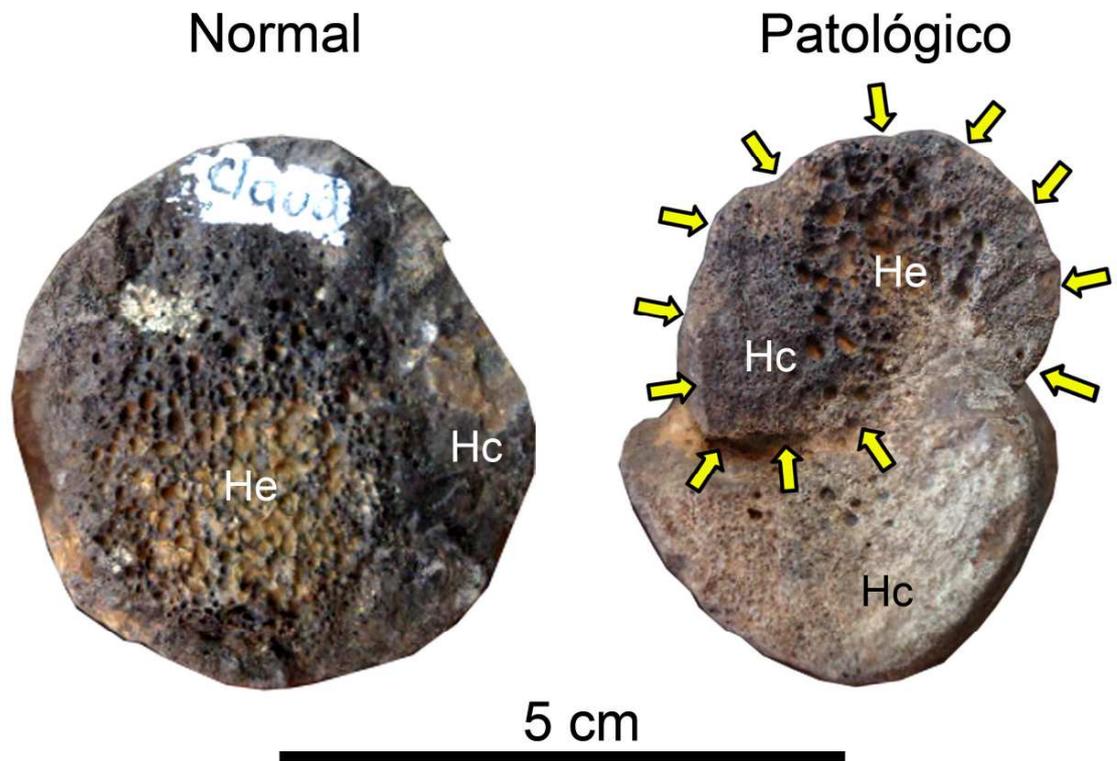


Figura 7.124. Comparación de la estructura interna del cuerno posorbital de *Coahuilaceratops magnacuerna* (Cleón-1) de la porción proximal (normal) y la porción distal (patológico). Las flechas marcan los bordes de la lesión. **Abreviaturas:** Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso.

7.3. PATOLOGÍAS EN THEROPODA.

7.3.1. *Labocania anomala* (IGM 5307).

Material: frontal izquierdo, maxilar izquierdo, ambos isquiones, dentario derecho, cuadrado izquierdo, ilión, metatarsos, falange, pubis, fragmentos de huesos largos (Fig. 7.126).

Rasgos tafonómicos: desarticulación, fragmentación *post-mortem*, abrasión, intemperismo, bioerosión, fragmentación post-fosilización, erosión.

Ocurrencia: localidad Arroyo del Rosario, Ensenada, Baja California.

Edad geológica: Formación La Bocana Roja.

Material patológico: cuadrado izquierdo incompleto (Fig. 7.126).

Colección paleontológica de resguardo: IGM, dentro del Museo María del Carmen Perrilliat.

a. Cuadrado derecho incompleto en la porción rostral.

Descripción macroscópica externa: En la región articular medial caudal del cuadrado derecho (Fig. 7.127), presenta una superficie con varias depresiones irregulares y pequeñas estrías hacia dorsal, todas dentro de una gran depresión (Figs. 7.128-7.129). La depresión más ventral presenta unos bordes ligeramente elevados y de textura lisa.

Probables diagnósticos diferenciales: lesión por avulsión, osteomielitis o artropatía degenerativa.



Figura 7.125. Reconstrucción del esqueleto de *Labocania anomala* (IGM 5307), ubicando el hueso patológico mediante una flecha. **Abreviaturas:** cu, cuadrado.

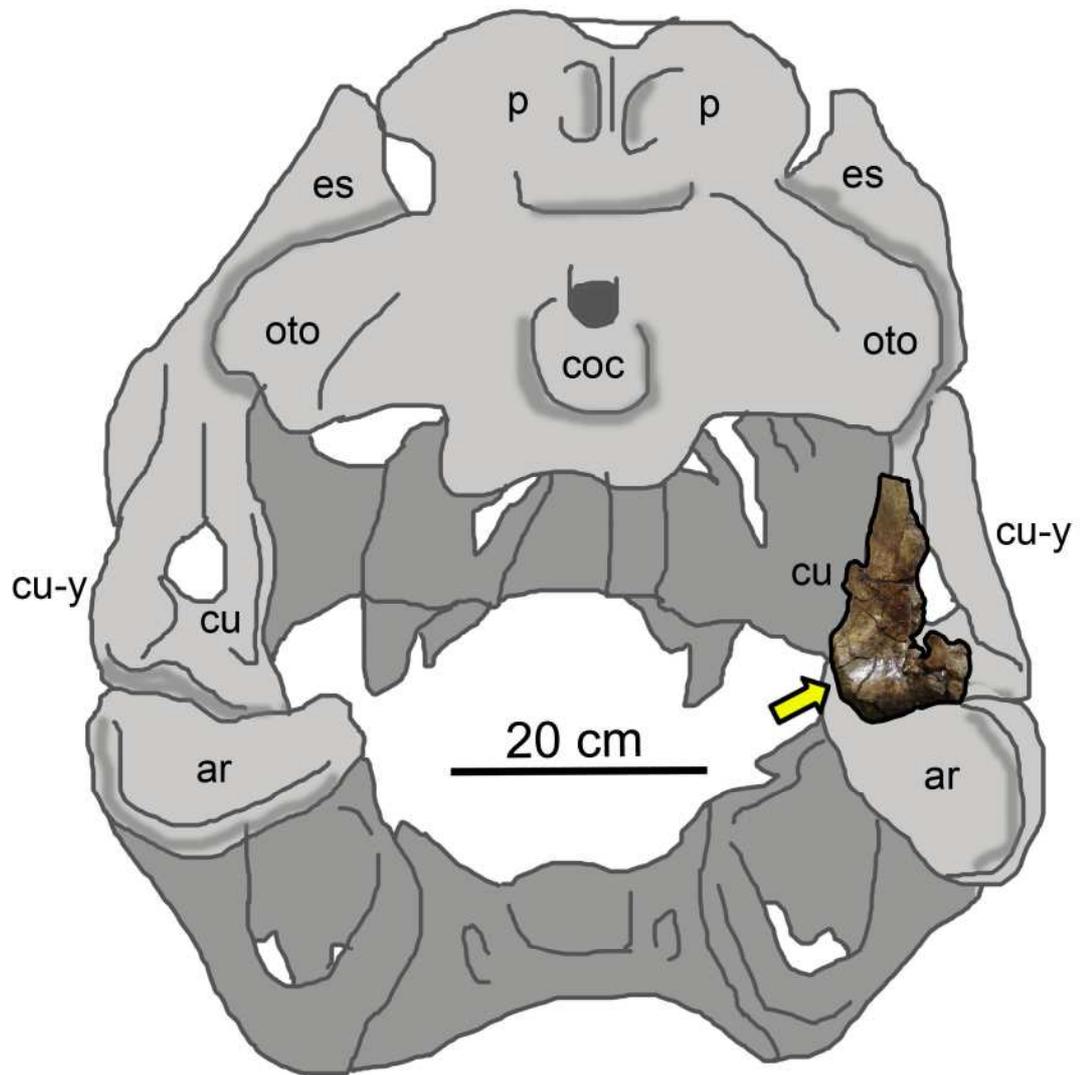


Figura 7.126. Posición del cuadrado derecho de *Labocania anomala* (IGM 5307) en un cráneo hipotético de tiranosáurido en vista caudal. La flecha marca la localización de la lesión.
Abreviaturas: ar, articular; coc, cóndilo occipital; cu, cuadrado; cuy, cuadradoyugal; es, escamoso; oto, otoccipital; p, parietal.

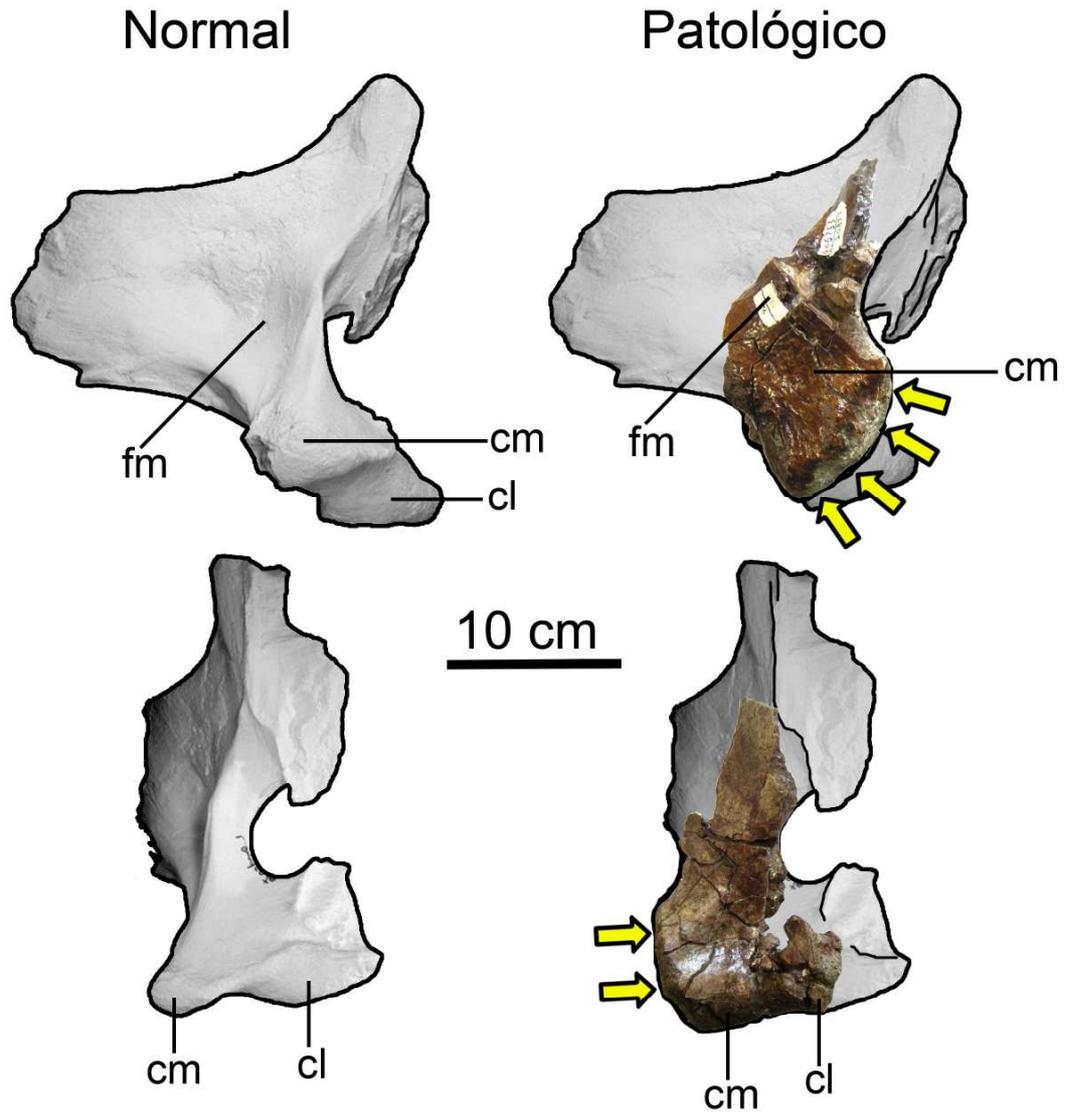
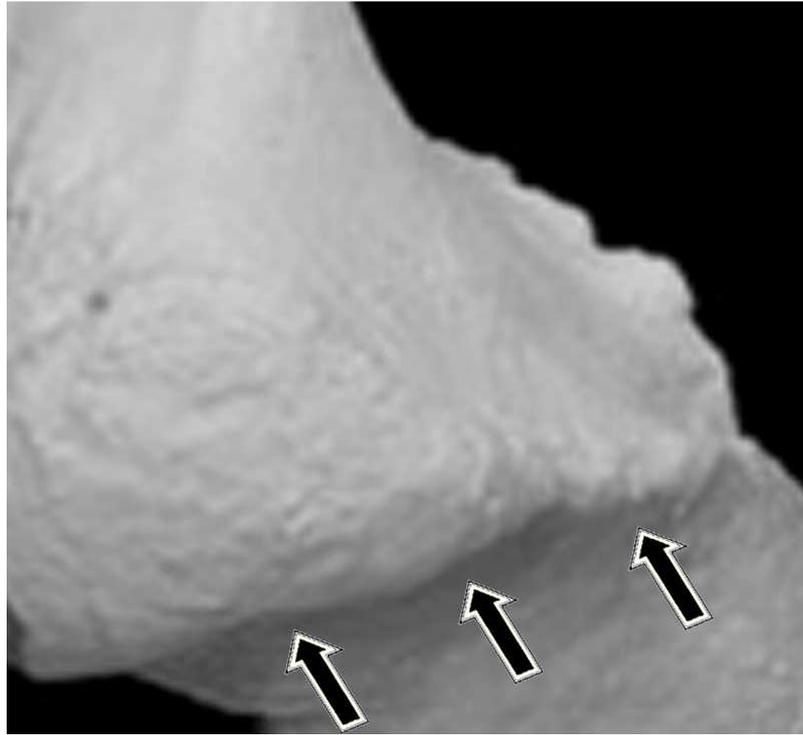


Figura 7.127. Comparación de cuadrados derechos de *Tyrannosaurus rex* FMNH PR2081 (tomado de Larson and Carpenter, 2008; normal) y de *Labocania anomala* IGM 5307 (patológico), ambos en vista medial (arriba) y vista caudal (abajo). **Abreviaturas:** cl, cóndilo lateral; cm, cóndilo medial; fm, fosa medial.

Normal



Patológico



Figura 7.128. Comparación de la superficie articular del cóndilo medial del cuadrado de *Tyrannosaurus rex* FMNH PR2081 (tomado de Larson y Carpenter, 2008; normal) y de *Labocania anomala* IGM 5307 (patológico) en vista medial. Las flechas oscuras marcan el borde articular normal y las flechas claras el borde de la lesión.

VIII. DISCUSIONES.

8.1. COMPARACIÓN DE PATOLOGÍAS DEL ESQUELETO AXIAL.

8.1.1. Osteoproliferación del hueso esponjoso en la articulación costo-vertebral derecha con anquilosis secundaria.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La lesión costo-vertebral de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (Fig. 8.1), presenta el adelgazamiento de la región cortical y expansión del hueso medular, similar a los cambios morfológicos causados por la anemia hemolítica y hemangioma (Ascenzi, 1976; Tew *et al.*, 2011; Fig. 8.1), sin embargo, no se observa un aumento notorio del tamaño de los espacios interóseos dentro de la lesión como en éstas enfermedades. Gracias a la tomografía computarizada se observó el cambio en la densidad de los espacios interóseos dentro de la tumoración, respecto al proceso transversal izquierdo de aspecto normal. Dadas estas observaciones es posible interpretar dichas anomalías como resultado del aumento en la cantidad de espacios interóseos, sin modificar su tamaño. Respecto al patrón de las trabéculas dentro de la lesión, se ve irregular pero no se puede diferenciar si el patrón forma los “rayos de sol” de los hemangiomas.

La costilla anquilosada a la vértebra torácica (Fig. 8.1), presenta un aumento de la densidad en el cuello de la costilla y parte proximal del cuerpo. En esta, solo la sección más distal presenta una proliferación del hueso esponjoso. La porción distal a diferencia de las demás costillas encontradas en *Huehuecanauhtlus* presenta la morfología similar a una costilla amputada pero que no se sanó completamente (por la reacción perióstica en la cara ventral y la superficie del corte irregular; Fig. 8.2). No obstante, la presencia de cavidades interpretadas como abscesos en la tumoración y en la cabeza articular de la costilla, junto con la amputación del extremo distal de la costilla indican un probable origen infeccioso. Además, la osificación de los ligamentos se puede sugerir como un indicativo de una espondiloartropatía secundaria a la lesión, que causó la anquilosis de los elementos (Levine *et al.*, 2009).

Respecto a la costilla posterior (Fig. 8.3), presenta un cambio notable en la densidad del cuerpo radiológicamente. La tomografía muestra un cambio en el tamaño de los espacios interóseos, al igual que la porción descubierta al exterior por la pérdida del hueso compacto, relleno por los sedimentos. Su morfología de la lesión lo hace compatible con la anemia hemolítica (Fig. 8.3). Este elemento carece de abscesos.

La heterogeneidad de las lesiones, presentando características tanto de una neoplasia vascular, anemia hemolítica o de una osteomielitis dificulta su asignación a algún grupo de patología (Inflamatorias, neoplasias, etc.).

Implicaciones biológicas. La anemia hemolítica en animales domésticos son causadas por agentes infecciosos, toxinas o inmunomediadas y la hematopoyesis extramedular se da en bazo e hígado (Aburto-Fernández, 2011). En humanos las anemias hemolíticas como la talasemia provocan proliferación de la médula ósea en las vértebras torácicas, causando dolor en la

espalada (Onur *et al.*, 1999). Las neoplasias como los hemangiomas son más comunes en humanos que en animales (Rothschild, 2009).

La lesión osteogénica de la vértebra torácica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* destaca en su morfología distintiva comparada con las lesiones descritas en medicina humana y veterinaria, lo que imposibilitó generar un diagnóstico definitivo. Esto se pudo deber a la fisiología tan única que tenían los dinosaurios. Reid (2012) sugiere que el metabolismo de los dinosaurios sería intermedio entre el metabolismo de los reptiles (poiquiloterms) y el de las aves (endoterms). La presencia de una posible amputación del extremo lateral de la costilla, sugiere un origen traumático directo de la lesión (Lovell, 1997).

A pesar de la falta de un diagnóstico definitivo, esto no fue un obstáculo para plantear algunas hipótesis de las complicaciones de las lesiones de *Huehuecanauhtlus tiquichensis*. Por ejemplo, la tumoración de la articulación costo-vertebral unilateral y la osificación de los ligamentos pudieron haber inmovilizado parcialmente la articulación costo-vertebral, esencial para la ventilación pasiva de los pulmones, provocando disnea (Fig. 8.4). Y la disminución del forámen vertebral lateral derecho causado por la tumoración, provocó la obstrucción y compresión del nervio espinal derecho (Figs. 8.5-8.6) lo que provocaría una ataxia sensorial.

Ligamentos vertebrales osificados. El estudio de los ligamentos en el esqueleto axial de los dinosaurios, se ha llevado a cabo mediante la observación de las cicatrices o tuberosidades dejadas por la inserción del ligamento a la superficie externa del hueso (Tsuihiji, 2004; Hirasawa, 2009). El estudio de Hirasawa (2009) se enfoca a los ligamentos de la articulación costo-vertebral de manera detallada dentro de los tiranosáuridos, mostrando la presencia del ligamento costo-transversal, que se origina en la parte ventral-lateral del tubérculo costal e insertándose hacia ventral-lateral del extremo distal del proceso transversal, permitiendo una rotación dorso-ventral de las costillas durante la ventilación pasiva (Fig. 8.7).

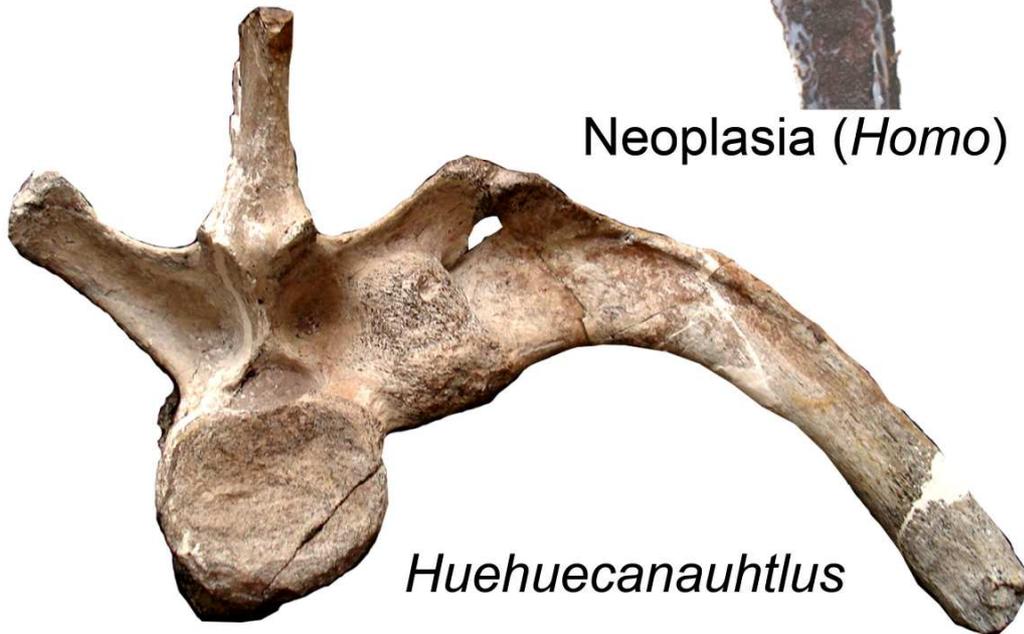
Huehuecanauhtlus tiquichensis es el primer hadrosauroideo en donde se han encontrado estos ligamentos osificados (debido a la patología). El ligamento costo-transversal se halló ocupando la superficie total del tubérculo costal insertándose a la porción distal del proceso transversal. Por otro lado se encontró el ligamento costo-vertebral que se conservó en la parte craneo-dorsal de la cabeza costal y se inserta hacia la porción media de la cresta craneal del proceso transversal (Fig. 8.7). Este hallazgo permite reconocer que la inserción costo-vertebral, es distinta en los terópodos y los ornitópodos. Sugiriendo si en los ornitópodos podían tener una rotación lateral de las costillas poco marcada durante la ventilación pasiva, a diferencia de los tiranosáuridos.



Anemia hemolítica (*Homo*)



Neoplasia (*Homo*)



Huehuecanauhtlus

Figura 8.1. Comparación de lesiones tumorales que afectan las costillas torácicas: anemia hemolítica (tomada de Ascenzi, 1976) y hemangioma (tomada de Tew, *et al.* 2011), ambos en *Homo sapiens* y la lesión tumoral de la articulación costo-vertebral en *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), en vista caudal.



Ulna
amputada
(*Homo*)



Costilla
amputada
(*Huehuecanauhtlus*)

Figura 8.2. Comparación de una ulna amputada en *Homo sapiens* (tomada de la exposición “Huellas en los huesos”, Antiguo Colegio de Medicina, 2011) con la lesión del extremo distal de la costilla torácica anquilosada de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), en vista caudal.



Anemia hemolítica (*Homo*)

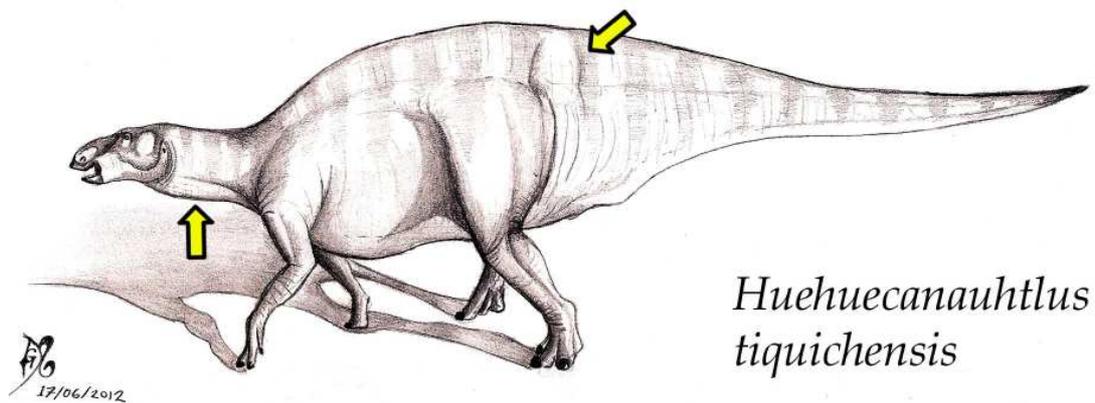


Neoplasia (*Homo*)



Huehuecanauhtlus

Figura 8.3. Comparación de lesiones tumorales que afectan las costillas torácicas: anemia hemolítica (tomada de Ascenzi, 1976) y hemangioma (tomada de Tew, et al. 2011), ambos en *Homo sapiens* y la lesión tumoral de la costilla posterior en *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), en vista caudal.



Huehuecanauhtlus tiquichensis

Figura 8.4. Reconstrucción en vida de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) mostrando las posible signología clínica provocadas por la lesión en la articulación costo-vertebral y en la vértebra caudal. La flecha izquierda indica el signo clínico de la disnea y la flecha derecha de una inflamación intramuscular caudal.

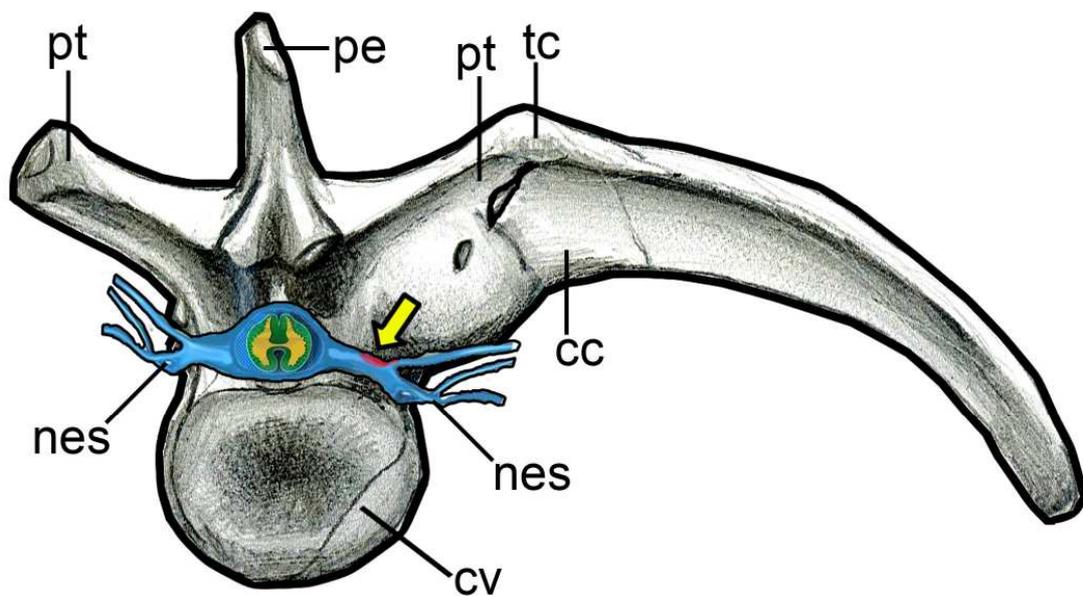


Figura 8.5. Esquema de la vértebra y la costilla torácica anquilosada de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253) en vista caudal, incluyendo la reconstrucción de la médula y los nervios espinales. La flecha marca la lesión. **Abreviaturas:** cc, cuello costal; cv, cuerpo vertebral; nes, nervio espinal; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso; tc, tubérculo costal.

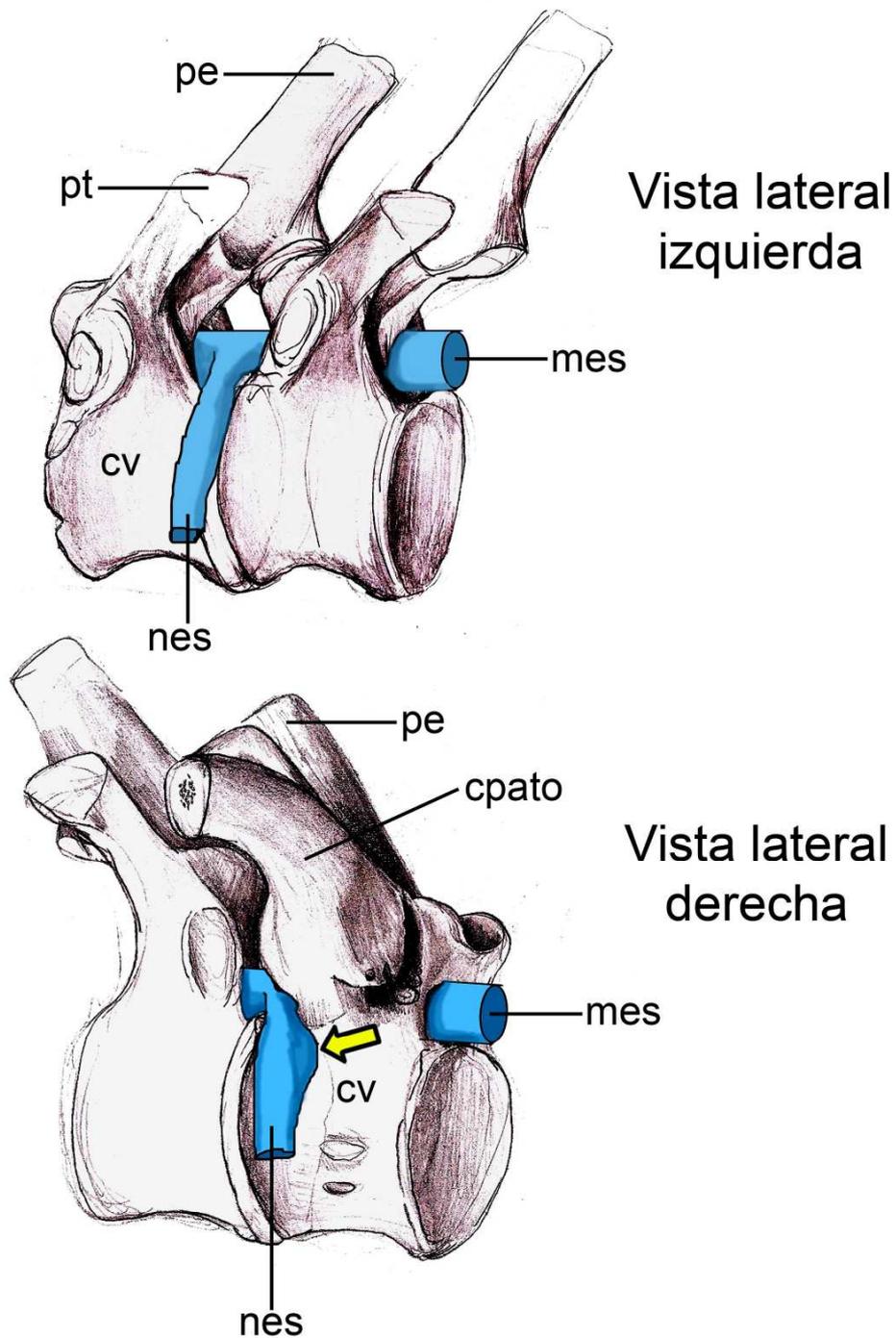


Figura 8.6. Esquema de la vértebra y la costilla torácica anquilosada articulada con una vértebra torácica normal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253), incluyendo la reconstrucción de la médula y los nervios espinales. La flecha marca la lesión. **Abreviaturas:** cpato, costilla patológica; cv, cuerpo vertebral; mes, médula espinal; nes, nervio espinal; pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso.

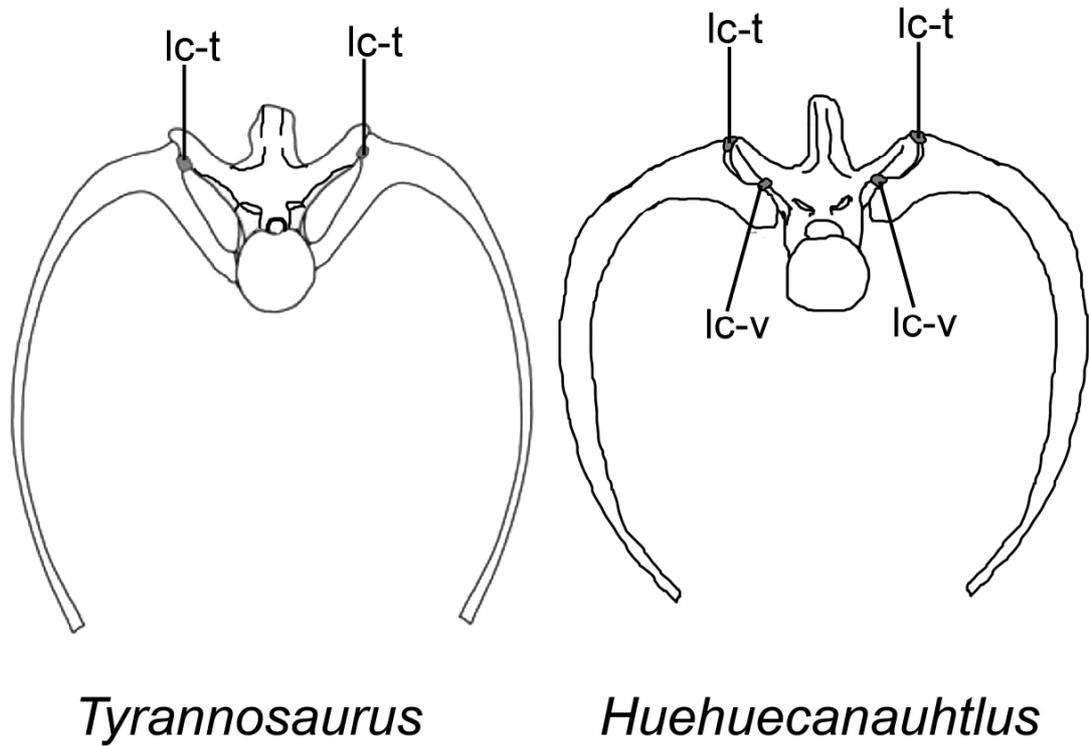


Figura 8.7. Comparación de la localización de tuberosidades de ligamentos en *Tyrannosaurus* (tomada de Hirasawa, 2011) con los ligamentos osificados hallados en *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). **Abreviaturas:** lc-t, ligamento costo-transversal; lc-v, ligamento costo-vertebral.

8.1.2. Neoformación unilateral del proceso articular en vértebra caudal.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La morfología distintiva de la lesión presente en la vértebra caudal de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (Fig. 8.8), sugiere una etiología distinta al de las costillas y la vértebra torácica del mismo ejemplar.

Dentro de la búsqueda bibliográfica (tanto en literatura de medicina humana o veterinaria) no se encontró una lesión con morfología similar; sin embargo, la localización de la lesión en una precigoapófisis o proceso articular, puede ser asociado a: 1) algún tipo de espondiloartropatía (Rothschild and Martin, 2006), 2) un trastorno físico traumático que haya provocado la deformación secundaria de la estructura 3) o un trastorno del desarrollo durante el estadio embrionario unilateralmente. Lo más conservador sería pensar, que la lesión es resultado de un trastorno del desarrollo, ya que la estructura de la neoformación es de gran tamaño (el cual está roto en su porción más distal) y con morfología bien definida (presencia de hueso diplöe) tanto interna como externamente, lo que sugiere mucho tiempo para su desarrollo.

Implicaciones biológicas. La neoformación de la vértebra caudal pudo haber dañado o comprimido los músculos epiaxiales caudales del animal, causando un intenso dolor muscular (Fig. 8.9). Además probablemente generó inestabilidad de las articulaciones cigoapofisiales dado por la pérdida o ausencia de la cápsula sinovial en la zona de la neoformación (Fig. 8.8).

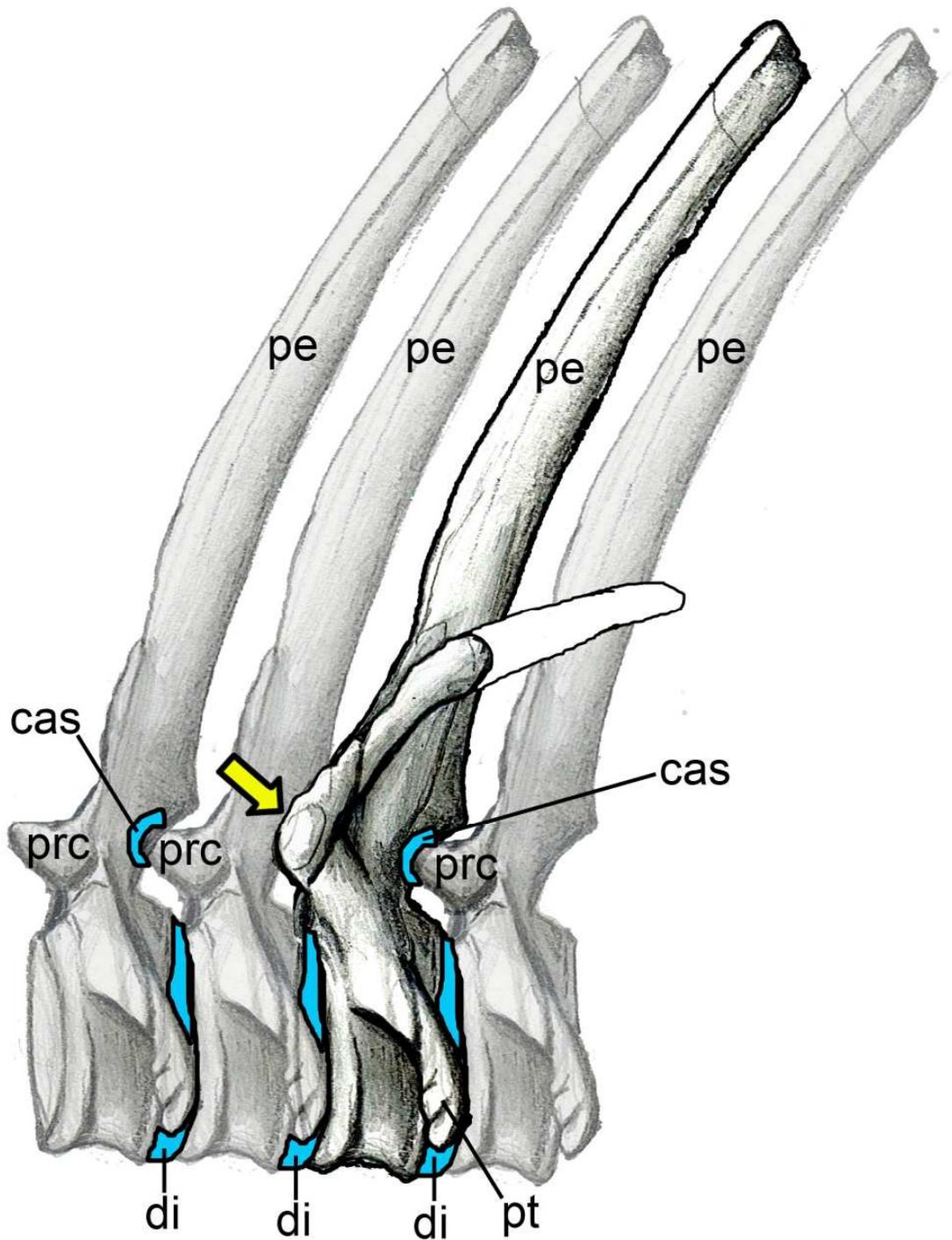
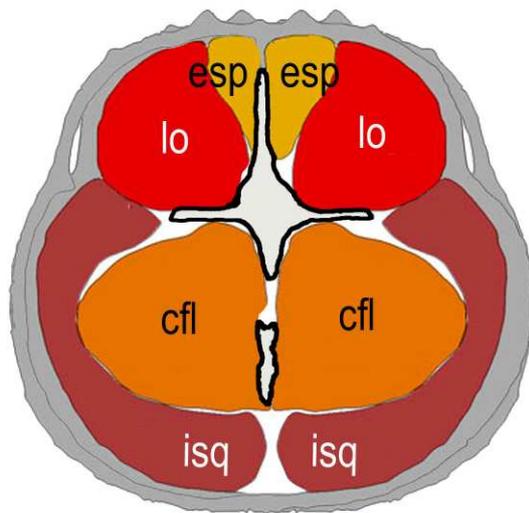
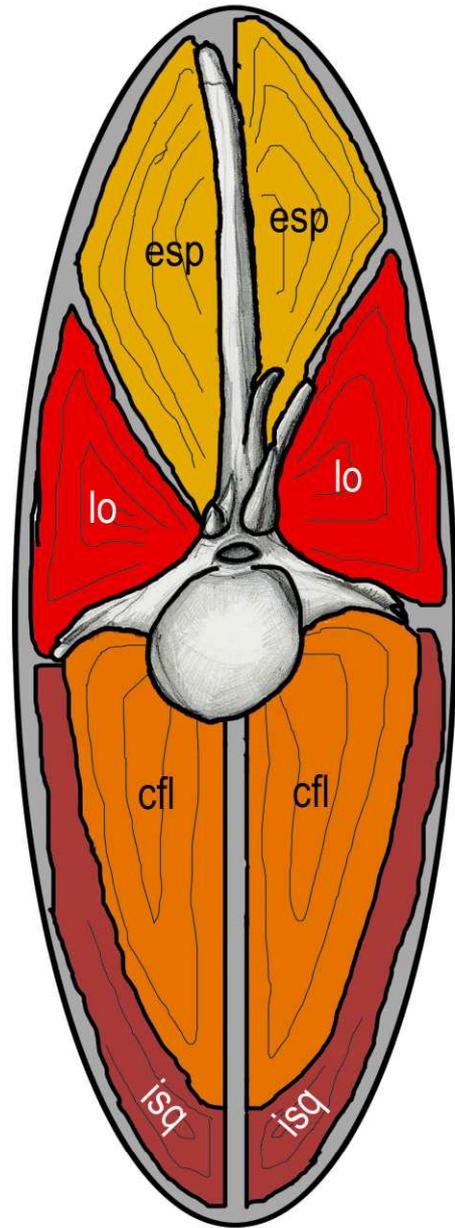


Figura 8.8. Reconstrucción de cuatro vértebras caudales en vista lateral izquierda, resaltando la vértebra caudal patológica de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* (IGM 6253). Se incluyen los discos intervertebrales, las cápsulas sinoviales y la lesión mediante una flecha. **Abreviaturas:** di, disco intervertebral; cas, cápsula sinovial; pe, proceso espinoso; prc, precoracópisis.



Alligator

(Tomado de Mallison, 2011)



Huehuecanauhtlus

Figura 8.9. Reconstrucción esquemática de los músculos axiales caudales de un caimán (tomado de Mallison, 2011) y de *Huehuecanauhtlus tiquichensis* IGM 6253 con la vértebra caudal patológica. **Abreviaturas:** cfl, caudofemoralis longus; esp, espinalis; isq, isquiocaudalis; lo, longísimo.

8.1.3. Tumorción perióstica en cuerpos costales torácicos.

Diagnósticos diferenciales compatibles. Con base a la distribución proximal y distal de las tumoraciones en los cuerpos costales de los hadrosaurios de la localidad Rojas I (Fig. 8.10), es más compatible con una fractura por sobrecarga que con una traumática. Las fracturas de origen traumático en costillas de dinosaurios, por lo general se suelen describir como callos óseos exuberantes con mal unión de las dos porciones (Fig. 8.11; Hanna, 2002; Tanke y Rothschild, 2010). Por ello, es más probable que los callos óseos de los hadrosaurios Rojas I, se identifiquen como posibles fracturas de sobrecarga.

Implicaciones biológicas. Las fracturas por sobrecarga descritos en otros dinosaurios han sido identificados en falanges de ceratopsios, terópodos y saurópodos (Rothschild y Martin, 2006). Esto hace del presente hallazo el primer reporte de fractura de estrés en costillas torácicas en el grupo de los ornitópoda. Estas lesiones pudieran originarse por algún roce lateral con algún objeto continuamente o por los movimientos costales durante la ventilación, sin embargo, la falta de un esqueleto completo o de huesos fósiles en mejor estado dificulta la formación de otras hipótesis.

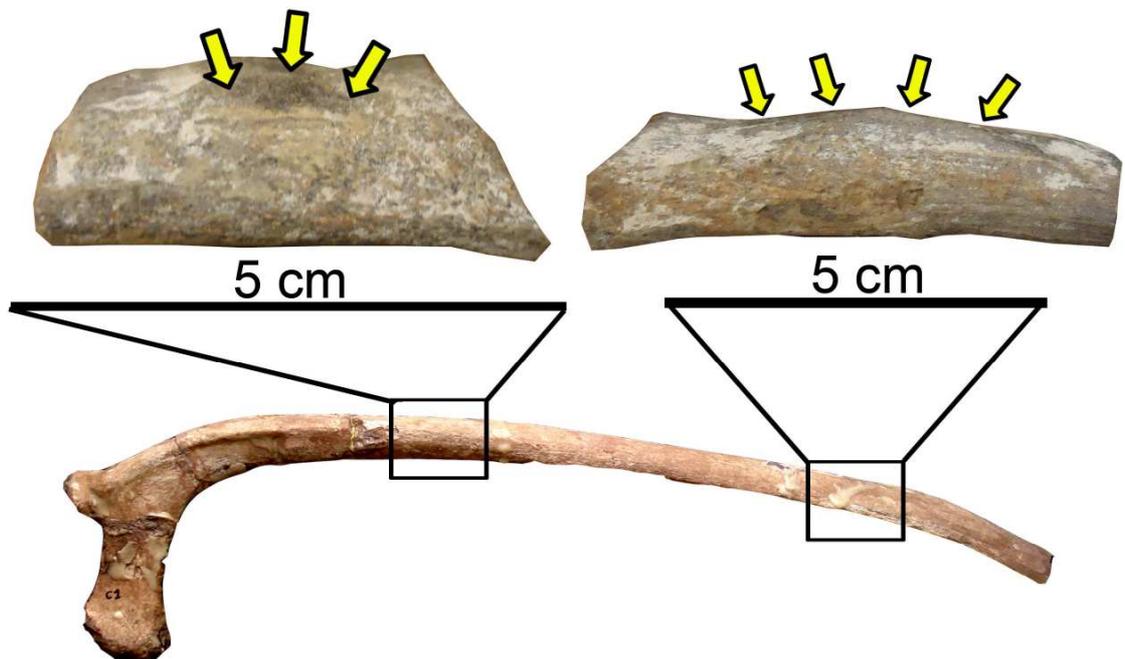
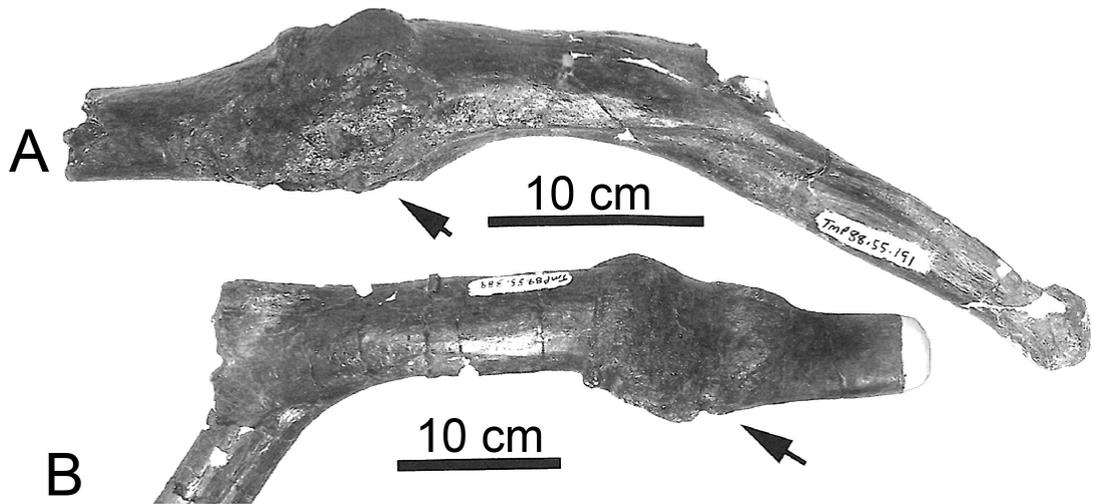


Figura 8.10. Ubicación de la tumoración perióstica encontradas en los cuerpos costales de los hadrosaurios de la localidad Rojas I. Las flechas delimitan la lesión.

Pachyrhinosaurus



Allosaurus

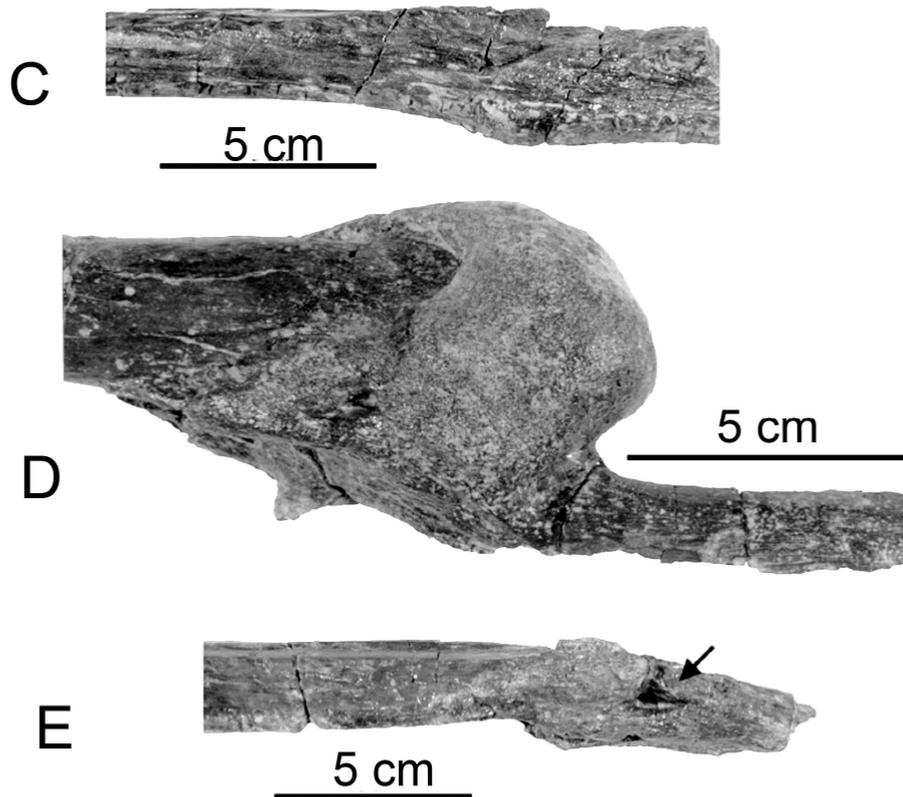


Figura 8.11. Callos óseos de origen traumático en costillas torácicas de *Pachyrhinosaurus* (A, TMP 88.55.191; B, TMP 89.55.389; tomados de Tanke y Rothschild, 2010) y *Allosaurus* (C y D, ambos MOR 693; tomados de Hanna 2002).

8.1.4. Proliferación ósea de los bordes de la superficie articular caudal y sobrecrecimiento de la cara lateral en vértebras caudales.

Diagnósticos diferenciales compatibles. El engrosamiento de los bordes de las caras articulares, y el sobrecrecimiento de las superficies laterales de las vértebras caudales del hadrosaurio HB (Fig. 8.12), en primera vista, pareciera un tipo de excrescencia ósea (osteofitos y sindesmofitos). Sin embargo, las lesiones del hadrosaurio HB no se originan por debajo de los márgenes de las caras articulares, como los osteofitos (Thompson, 2007). Pero, al igual que los sindesmofitos, se originan de la osificación del disco intervertebral y presenta una trayectoria vertical (Thompson, 2007). Histológicamente las excrescencias óseas de la vértebra HB-1 están formadas de hueso trabecular de arreglo irregular.

Histológicamente los sobrecrecimientos laterales del hadrosaurio HB (Fig. 8.13), se asemejan más a las reacciones periósticas de las enfermedades hiperostóticas (Thompson, 2007), sin embargo, estas reacciones periósticas son más comunes en huesos largos que en el esqueleto axial (Rothschild y Martin, 2006).

La naturaleza mixta de los caracteres presentes en los engrosamientos, los hace incompatibles con las espondiloartropatías, pero más semejantes a las hiperostosis descritas en la actualidad.

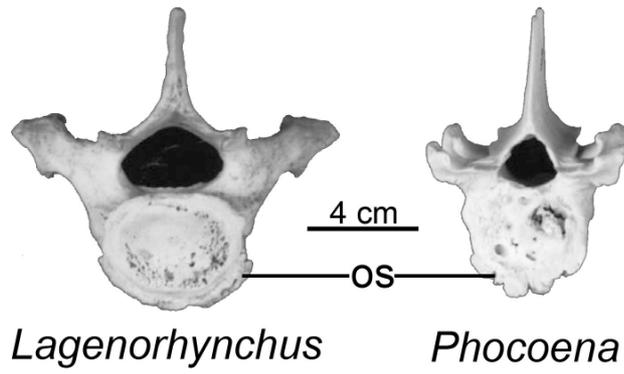
Aunque las tres vértebras caudales observadas en esta cantera fosilífera presentarán diversas morfología en los sobrecrecimientos; cada una de ellas se puede interpretar como distintas etapas del desarrollo de los engrosamientos. Algunas poseen sobrecrecimiento de los bordes laterales y otra tanto laterales como centrales del cuerpo vertebral. Destaca la ausencia de reacciones del hueso en las caras articulares craneales lo que se esperaría ver si fuera producto de una espondiloartropatía (Rothschild y Martin, 2006).

Sólo en reptiles de vida silvestre se han descrito espondiloartropatías (Rothschild, 2010) y en aves se ha descrito en huesos largos con hiperostosis (Chinsamy y Tumarkin-Deratzian, 2009). Destaca la presencia de posibles enfermedades hiperostóticas en dinosaurios como *Psittacosaurus*, *Plateosaurus* y en huesos de dinosaurios sin identificar de Transilvania (Chinsamy y Tumarkin-Deratzian, 2009). Sólo en algunos individuos de *Plateosaurus* se han encontrado la reacción hiperostótica en vértebras (Klein y Sander, 2007).

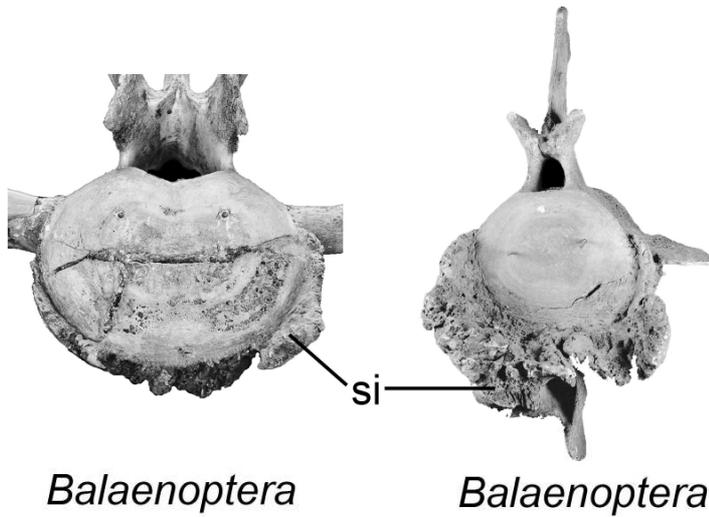
Implicaciones biológicas. Analizando los distintos grados de desarrollo de los engrosamientos centrales y laterales de las vértebras caudales, se puede sugerir una línea de desarrollo de los mismos de la siguiente manera (Fig. 8.14):

1. Desarrollo del sobrecrecimiento lateral derecho y pérdida de las facetas de los chevrones caudales.
2. Desarrollo de las excrescencias óseas de los antiguos bordes de las caras articulares.
3. Formación del sobrecrecimiento lateral izquierdo, provocando la deformación morfológica del cuerpo vertebral caudal.

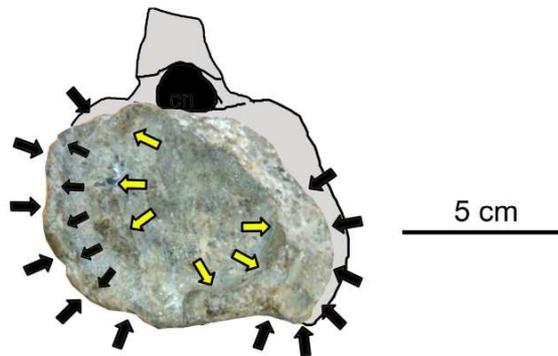
Las espondiloartropatías se sabe que causan dolor en la espalda y dependiendo del grado de anquilosis, provoca rigidez (Lacout, *et al.*, 2008). Los sobrecrecimientos centrales de los cuerpos vertebrales del hadrosaurio HB causaron compresión de los discos intervertebrales sin provocar rigidez en la columna vertebral. En cambio los sobrecrecimientos laterales pudieron ocasionar dolores, signos de inflamación y sensibilidad a la presión en los músculos caudales (como el caudofemoralis largo), como los síntomas que ocasionan las osteopatías hipertróficas (Aluja y Vanda-Cantón, 2011).



Espondilosis deformante

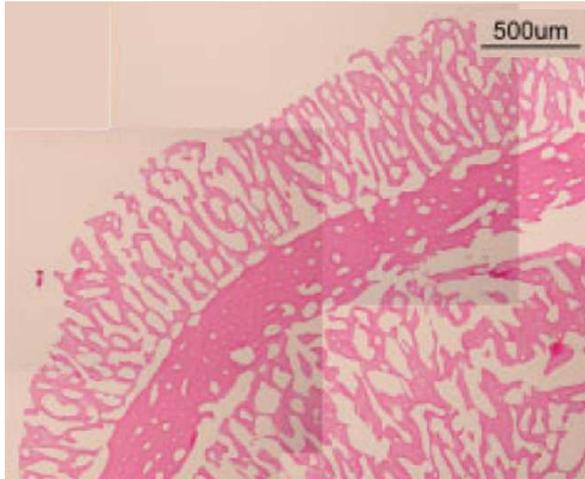


Espindiloartropatías

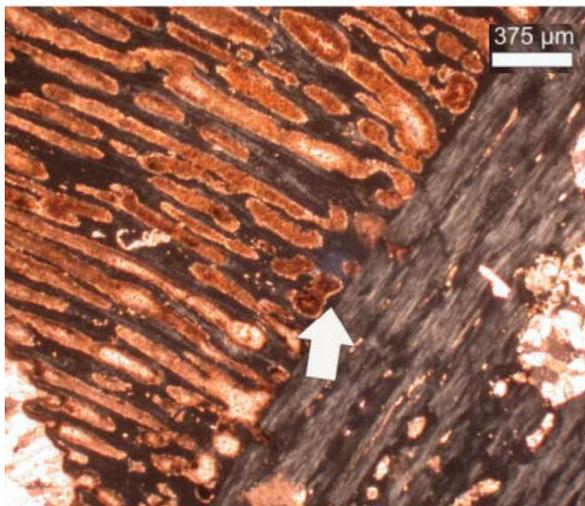


Hadrosauridae HB

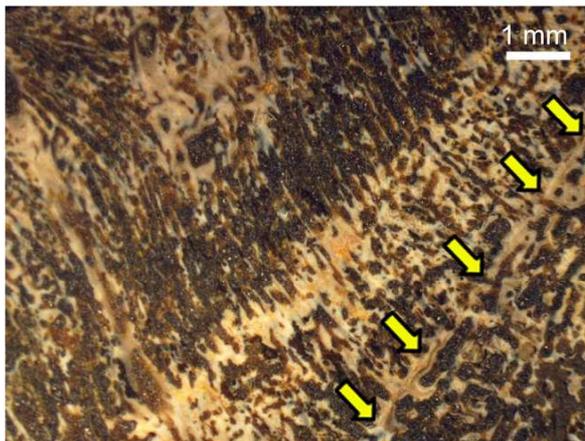
Figura 8.12. Comparación de excrescencias óseas en caras articulares vertebrales: espondilosis deformante en *Lagenorhynchus* y *Phocoena* (RMNH 18067 y RMNH 28590; tomados de Kompanje, 1995), espondiloartropatía en *Balaenoptera* (ambos de RMNH 373; tomados de Kompanje, 1999) y la lesión del hadrosaurio HB (HB-1). **Abreviaturas:** os, osteofito; si, sindesmofito.



Enfermedad hiperostótica (*Cathartes*)



Enfermedad hiperostótica (Dinosaurio de Transilvania)



Hadrosauridae
HB

Figura 8.13. Comparación histológica de reacciones periósticas de tejido fibrolaminar radial: enfermedad hiperostótica en ulna de *Cathartes*, en un dinosaurio de Transilvania (DMNH 82686 y R 5505; tomados de Chinsamy y Tumarkin-Deratzian, 2009) y en la vértebra caudal del hadrosaurio HB (HB-1).

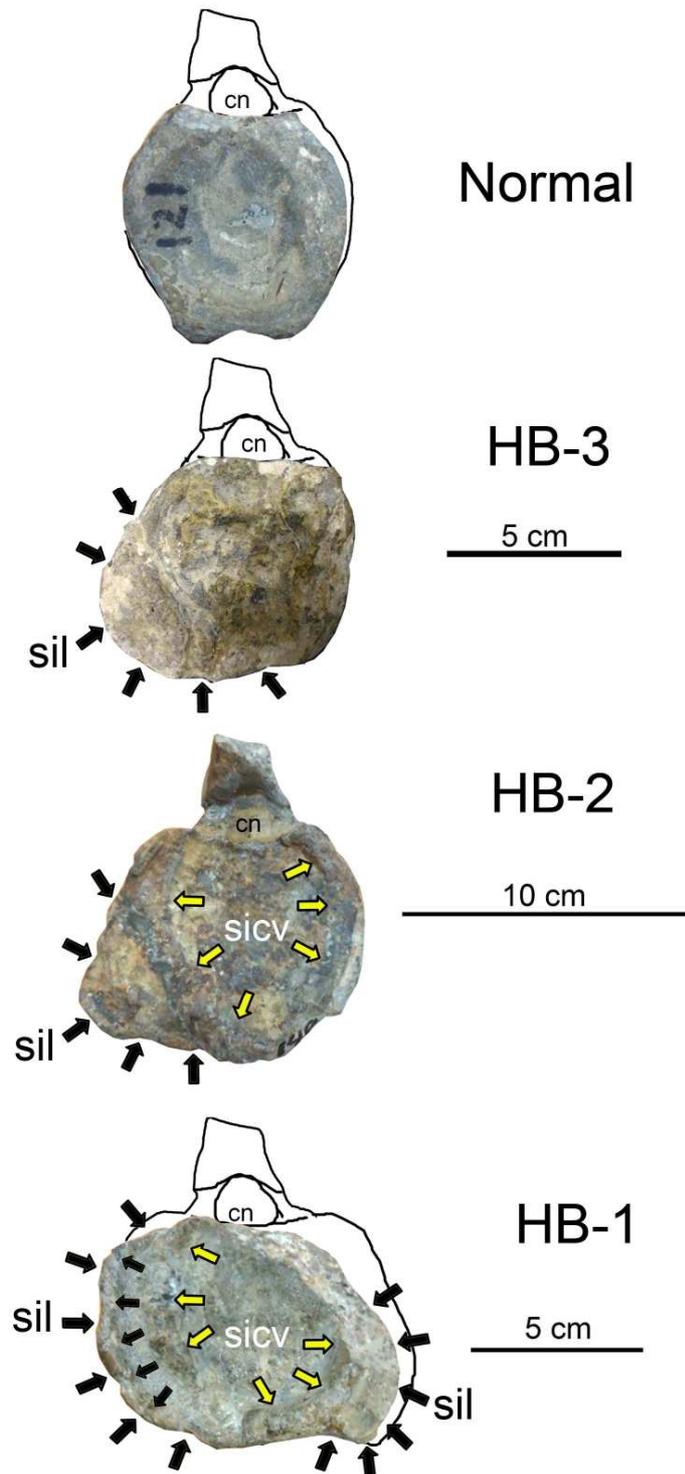


Figura 8.14. Comparación de las caras articulares caudal de las vértebras caudales del hadrosaurio HB, mostrando la posible secuencia de desarrollo de la patología (de arriba hacia abajo). Las flechas delimitan las excrescencias óseas centrales (claras) y las laterales (oscuras). **Abreviaturas:** cn, canal neural.

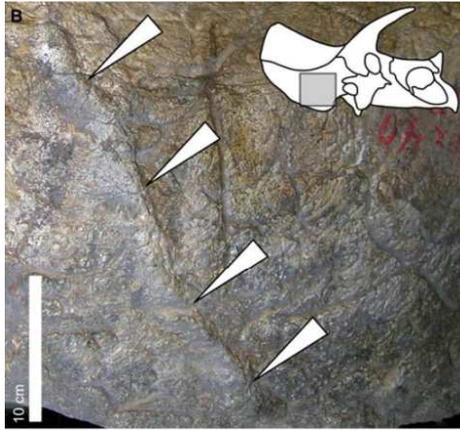
8.1.5. Reacciones periósticas transversales en costillas torácicas y en un isquión.

Diagnósticos diferenciales compatibles. Las lesiones transversales focales halladas en el hadrosaurio SEPC, El Alamito y en BENC 18/1-0901, presentan una morfología similar a la descrita como reacciones periósticas mencionadas por Farke *et al.*, (2009) y denominadas en este trabajo como “circunferenciales” para diferenciarlas de otras lesiones periósticas (obs. pers.).

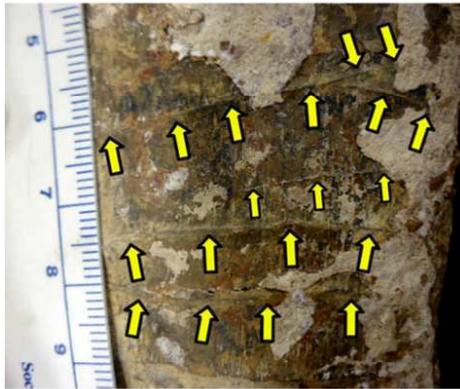
Farke *et al.* (2009) describieron lesiones periósticas “circunferenciales” en huesos del dermatocráneo de *Triceratops*, en donde solo se abarcaba la superficie ósea externa (Fig. 8.15). Sin embargo, las reacciones periósticas descritas en este trabajo abarcaban toda la circunferencia de los cuerpos costales, sin afectar el interior de estas (como se observó en la tomografía).

Las lesiones transversales de los hadrosaurios SEPC, El Alamito y el BENC 18/1-0901, por su morfología, se asemejan a las fracturas del tipo transversales de las fracturas traumáticas directas o por sobrecarga (Lovell, 1997). Sin embargo, difieren de ellas, en que las reacciones de los hadrosaurios son únicamente perióstica, sin evidencia de remodelación ósea interna como en cualquier tipo de fractura (Lovell, 1997).

Implicaciones biológicas. Probablemente las reacciones periósticas “circunferenciales” sólo causaron dolor agudo, como lo demuestran los fósiles, no llevaron a complicaciones mayores, a excepción del fragmento de costilla del hadrosaurio BENC 18/1-090, ya que sufrió una deformación secundaria en la zona de la lesión. Estas reacciones periósticas “circunferenciales” probablemente fueron originadas por traumatismos superficiales (Farke *et al.*, 2009).



Triceratops
YPM 1828



Hadrosaurio
SEPC



Hadrosaurio
El Alamito



Hadrosaurio
BENC 18/1-0901

Figura 8.15. Comparación de reacciones periósticas (indicadas por flechas) en un *Triceratops* YPM 1828 de Canadá (tomado de Farke *et al.*, 2009), en el hadrosaurio SEPC, El Alamito y BENC 18/1-0901.

8.1.6. Lesión osteoproliferativa discontinua en la cabeza de la vértebra cervical.

Diagnóstico diferenciales compatibles. La lesión de la vértebra cervical del hadrosaurio del Cañon del Oso, es compatible con la morfología de las neoplasias malignas o cancerígenas (López, 2010; Fig. 8.16). No se interpretó como una osteomielitis por la falta de lisis geográfica y la formación de bordes definidos (Rothschild y Martin, 2006), ya que la patología presente en la vértebra cervical es invasiva, proliferativa y lítica como una neoplasia (López, 2010).

Por la localización de la proliferación ósea en la vértebra cervical, se pondría sugerir como posible neoplasia de origen cartilaginosa como el condrosarcoma (Rothschild y Martin, 2006), sin embargo, la falta de un estudio citológico por causa de la pérdida de células durante la fosilización, imposibilita un diagnóstico definitivo.

En un estudio sistemático del grupo Dinosauria hecho por Rothschild *et al.*, (2003), sólo hallaron posibles neoplasias en vértebras caudales pertenecientes a ornitópodos hadrosaurios. Sin embargo, los autores sólo ilustran uno de los hallazgos, lo que imposibilita una mejor comparación.

Implicaciones biológicas. Las neoplasias óseas a nivel de las vértebras son muy raras, en comparación a las que afectan los huesos largos (Rothschild y Martin, 2006). A pesar de su rareza, la naturaleza de la lesión (la combinación de reacciones osteolíticas y osteogénicas) indica un rápido crecimiento de la estructura y al mismo tiempo una gran destrucción del tejido óseo de la vértebra cervical (López, 2010). El crecimiento de la neoformación, seguramente daño a la médula espinal. Según Rieke (2008), un daño a la médula espinal a nivel de las cervicales puede causar mareo y desequilibrio. La expansión continua de la neoformación, probablemente causó el estiramiento de la médula espinal hasta causar el dislocamiento de la serie de vértebras cervicales, provocando la muerte del hadrosaurio del Cañon del Oso (Fig. 3.21).

Neoplasia maligna ósea actual



Neoplasia maligna ósea de hadrosaurio



Figura 8.16. Comparación de la textura de una neoplasia maligna en un metatarso de venado cola blanca (tomada del museo de anatomopatología de la FMVZ, UNAM) y la probable neoplasia del hadrosaurio del Cañon del Oso en vértebra cervical (abajo).

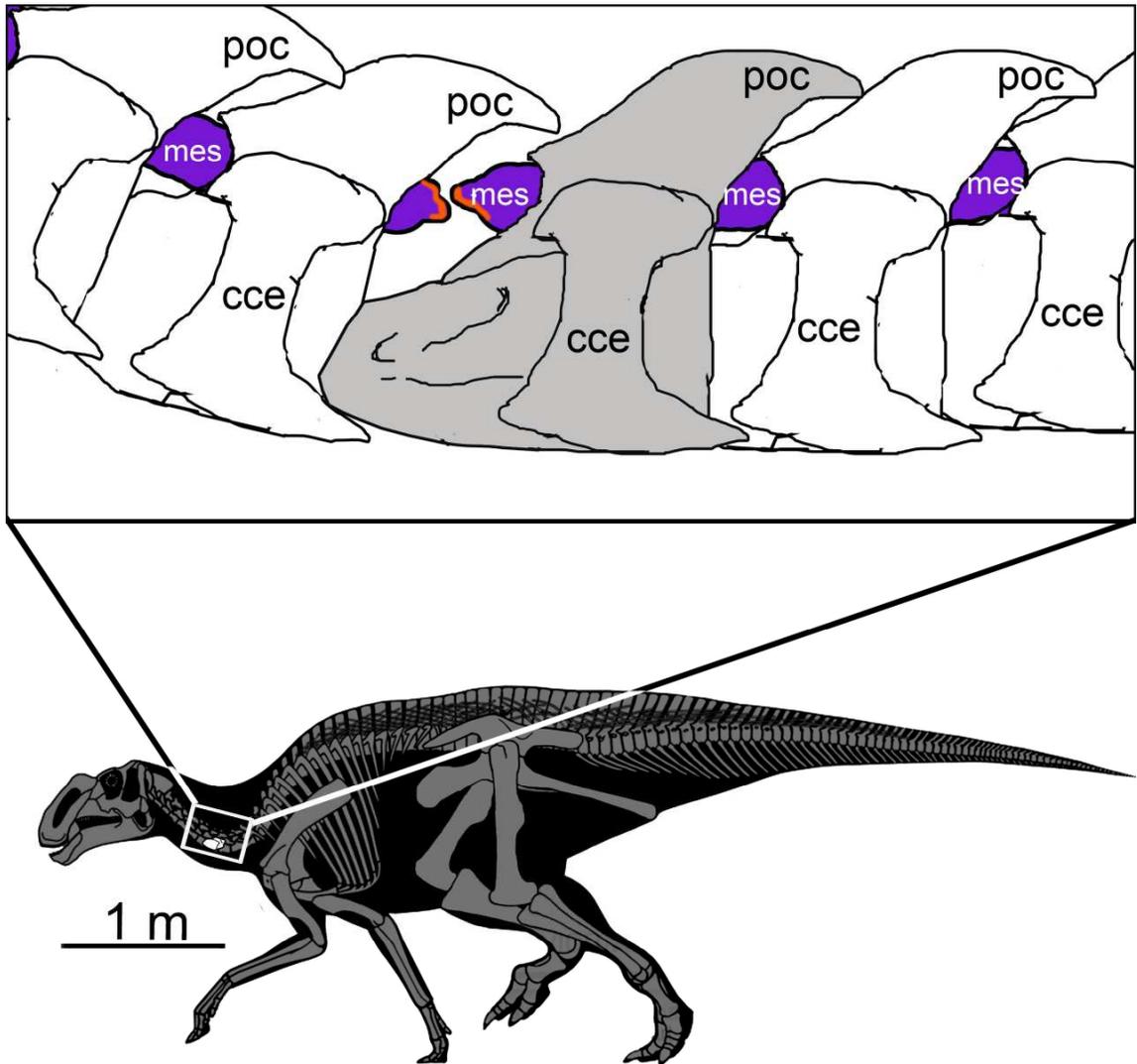


Figura 8.17. Representación esquemática de la serie de vértebras cervicales y de la lesión provocada al sistema nervioso y la dislocación por el tejido de neoformación en la vértebra cervical del hadrosaurio del Cañon del Oso (color obscuro). **Abreviaturas:** cce, costilla cervical; mes, médula espinal; poc, postcigapófisis.

8.1.7. Fractura unilateral y deformación secundaria del cuerpo vertebral torácico.

Diagósticos diferenciales compatibles. La morfología de la lesión de la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A (Fig. 8.18), externamente presenta un parecido a la lesión de las vértebras caudales del hadrosaurio HB; sin embargo, se observaron las siguientes diferencias entre ellas:

- El crecimiento anómalo de la vértebra torácica Las Garzas A, en vista caudal, es sólo una expansión de la mitad lateral derecho de la cara articular, careciendo de las excrescencias óseas de los bordes de las vértebras del hadrosaurio HB (Fig. 8.18).
- En vista dorsal, la vértebra Las Garzas A tiene una inclinación del canal neural hacia lateral derecho, dejando a los pedículos asimétricamente. En las vértebras HB el canal neural es recto y con pedículos simétricos (Fig. 8.18).
- Internamente la vértebra Las Garzas A, presenta un continuo crecimiento de hueso trabecular hacia el crecimiento lateral, dónde las trabéculas cambian de morfología. Esto difiere del patrón fibrolaminar radial lateral que creció sobre la cortical normal en las vértebras HB (Fig. 8.18).

Por lo tanto, la patogénea de la vértebra torácica de Las Garzas A es considerada diferente a la presente en las vértebras HB, por lo cual se descarta la posibilidad de ser una una posible espondiloartropatía o algún tipo de enfermedad hiperostótica.

La presencia de una línea de fractura en la cara caudal de la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A, es similar a las fracturas descritas en vértebras caudales en hadrosaurios de Alberta, Canadá (Tanke y Rothschild, 2011; Fig. 8.19). Los autores interpretaron las fracturas verticales en las vértebras, como consecuencia de una fractura traumática, que separó el cuerpo vertebral y luego se unieron de manera imperfecta, permaneciendo la fractura durante la vida del organismo (Tanke y Rothschild, 2011).

La textura interna, su crecimiento unilateral anómalo y la presencia de la fractura permiten inferir un origen traumático para la vértebra del hadrosaurio Las Garzas A, sin embargo el canal neural deformado lo hace compatible con un trastorno del desarrollo. También, se podría interpretar la deformación del canal neural como un efecto secundario al traumatismo. No obstante, la falta de más elementos óseos del hadrosaurio Las Garzas A, dificulta su posible interpretación diagnóstica.

Implicaciones biológicas. La fractura y deformación secundaria del cuerpo vertebral del hadrosaurio Las Garzas A, sugiere que causó una posible escoliosis en la columna vertebral (Fig. 8.20), la cual no fue tan severa como la descrita por Witzmann *et al.*, (2008) en *Dysalotosaurus* (originada por la formación de una hemivertebra). Además la presencia de la fractura indica un origen físico traumático.

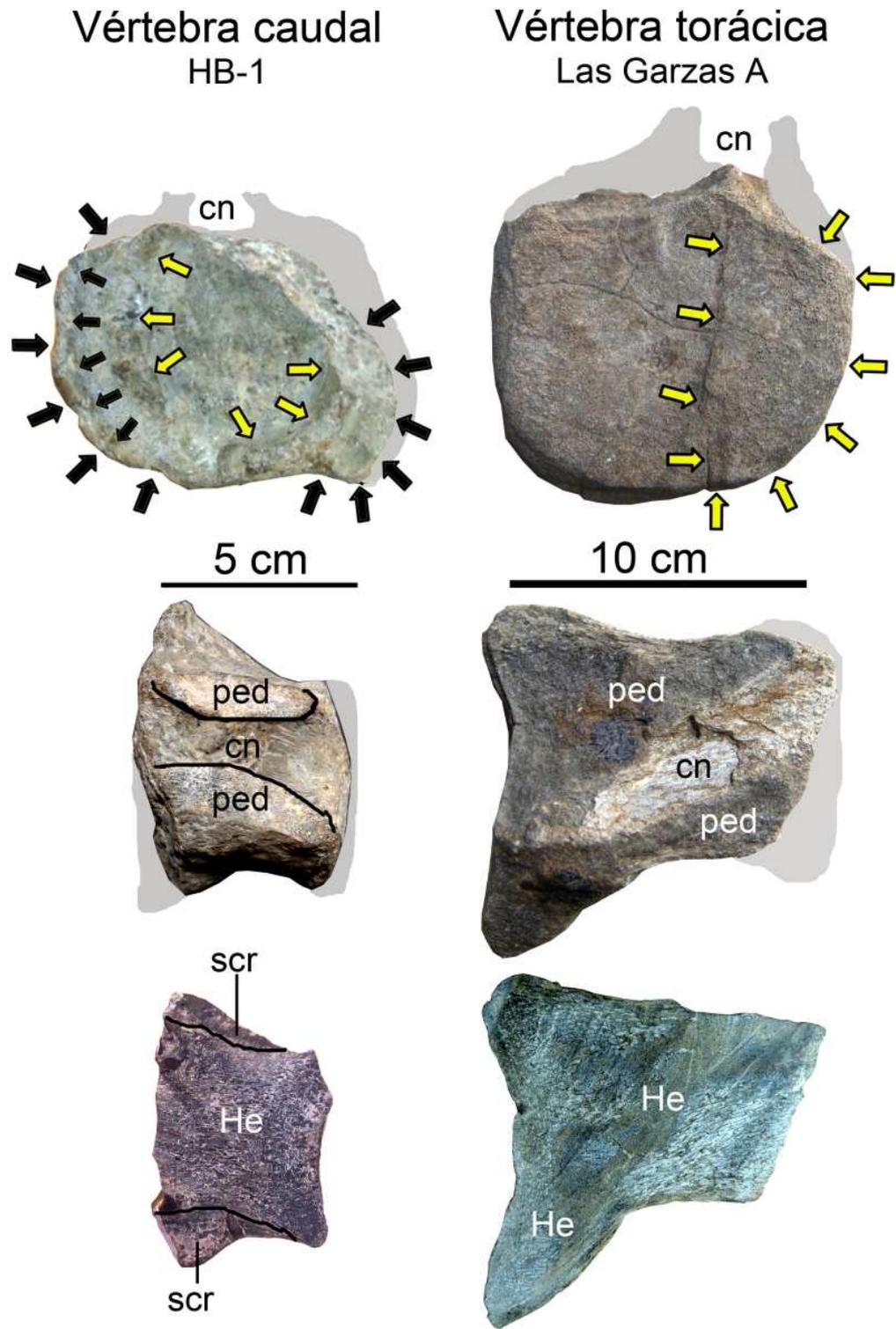
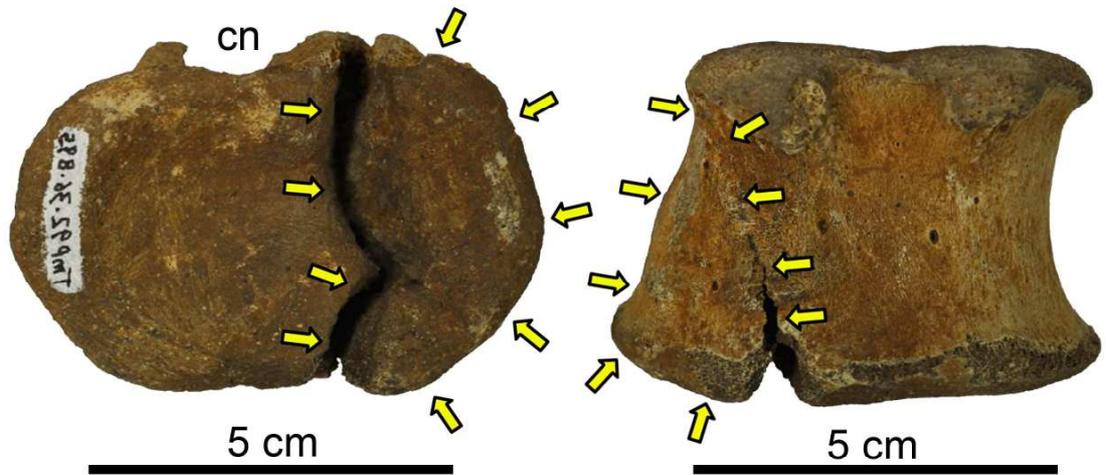


Figura 8.18. Comparación de la vértebra caudal del hadrosaurio HB-1 con la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A, en vista caudal (arriba), dorsal (en medio) y en corte histológico longitudinal (abajo). Las flechas delimitan la lesión. **Abreviaturas:** cn, canal neural; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; ped, pedículo; scr, sobrecrecimiento radial.

Vértebra caudal TMP92.36.895



Vértebra torácica Las Grazas A

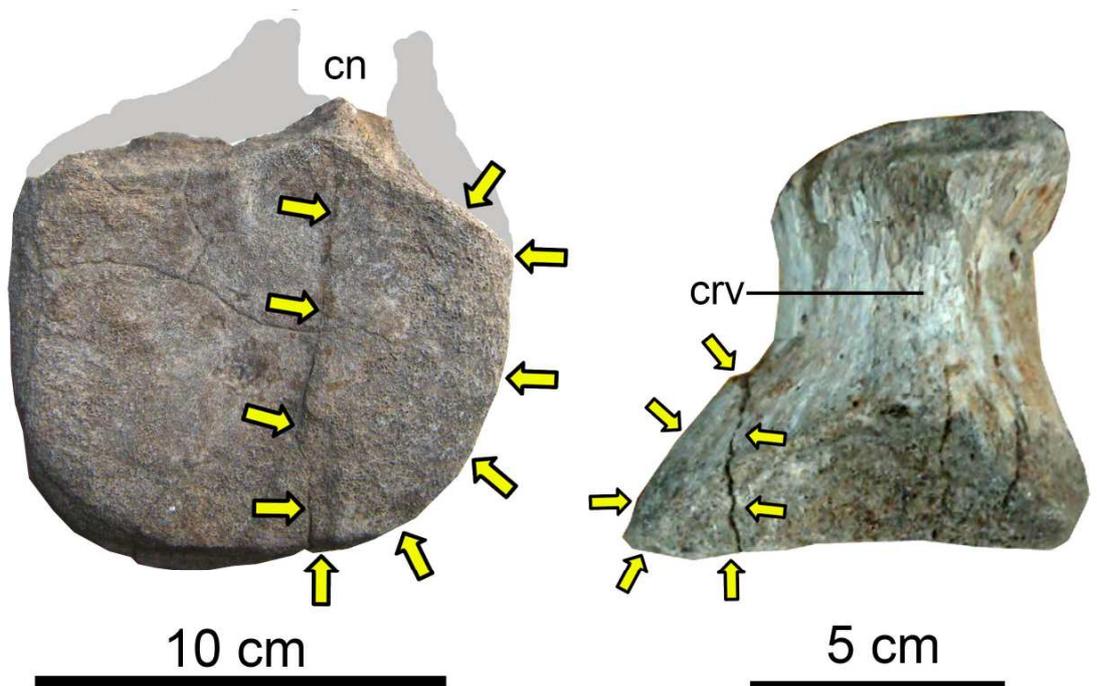


Figura 8.19. Comparación de fracturas en una vértebra caudal del hadrosaurio TMP 92.36.895 (cortesía de Darren Tanke) y en una vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A, ambos en vista caudal (izquierda) y en vista ventral (derecha). Las flechas delimitan la lesión afectada por la fractura.

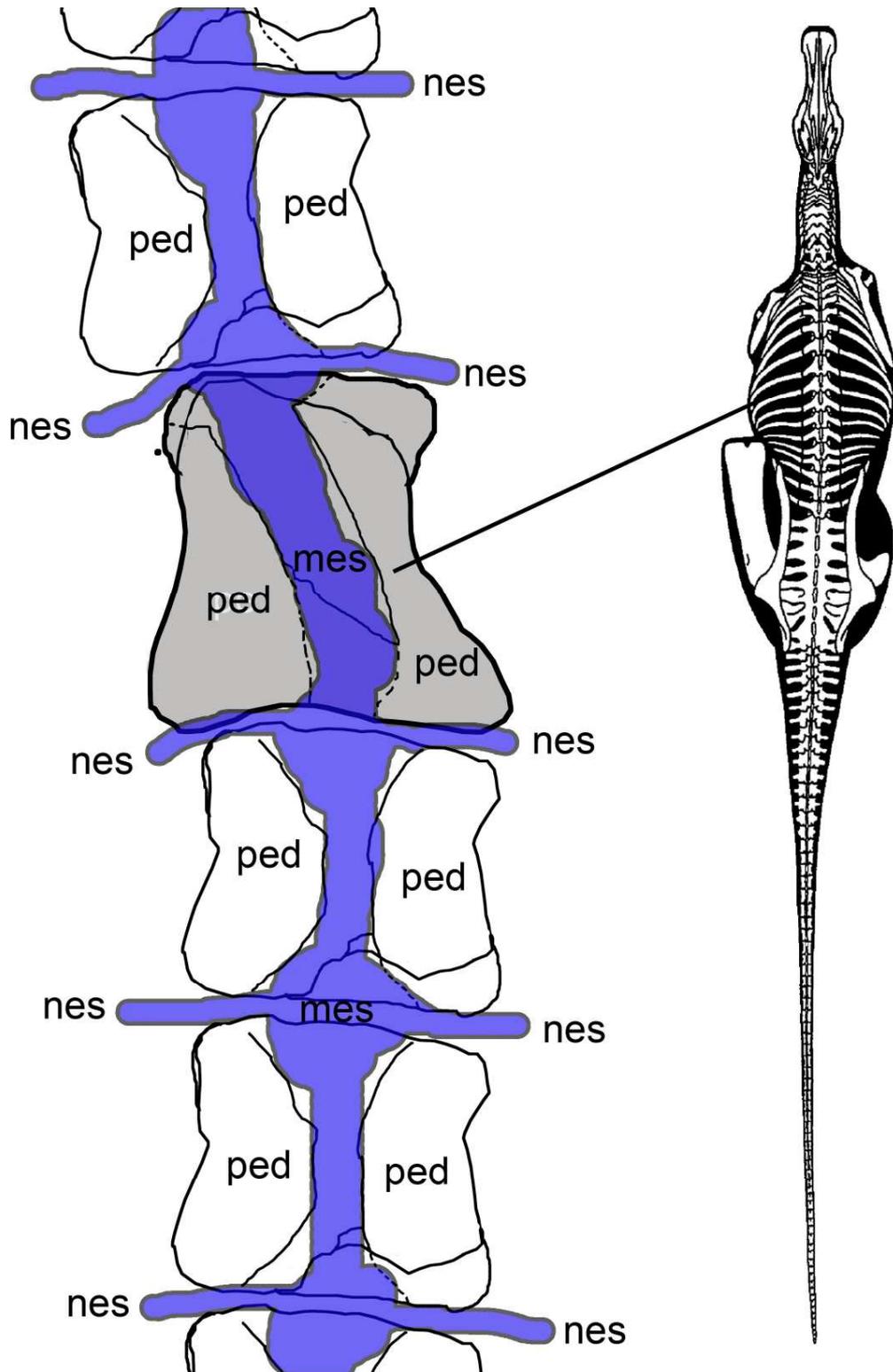
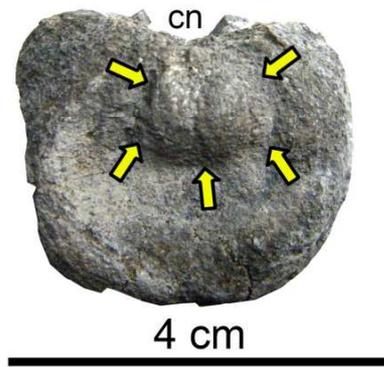


Figura 8.20. Reconstrucción de la columna vertebral del hadrosaurio Las Garzas A en vista dorsal, con acercamiento de la región torácica, ubicando la vértebra patológica (en color más oscuro). El arco neural de las vértebras torácicas no se ilustró. **Abreviaturas:** mes, médula espinal; nes, nervios espinales; ped, pedículo.

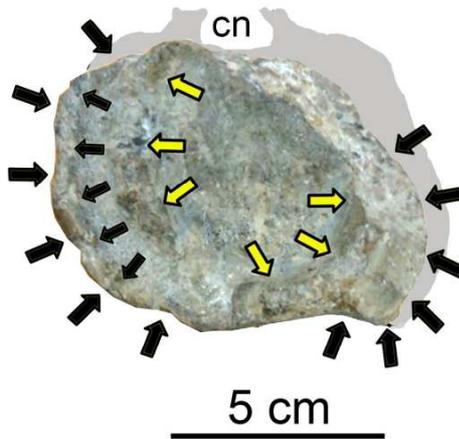
8.1.8. Sobrecrecimiento del hueso esponjoso en ambas caras articulares de la vértebra caudal distal.

Diagnósticos diferenciales compatibles. Los nódulos o sobrecrecimientos de la vértebra caudal Las Garzas B, al estar bien delimitadas, se podría pensar en una neoplasia benigna, sin embargo, su textura trabecular es similar a las enfermedades hiperostóticas (Aluja y Vanda-Cantón, 2011), pero diferente a la descrita para las vértebras caudales en el hadrosaurio HB (Fig. 3.23). La falta de un corte histológico en el ejemplar imposibilitó la aceveración de un diagnóstico más preciso.

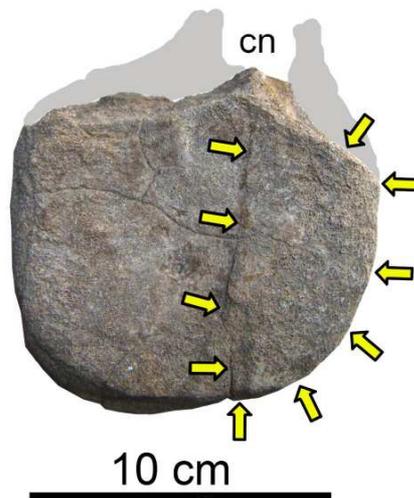
Implicaciones biológicas. Por la localización de las lesiones, en las caras articulares de la vértebra caudal, se puede inferir, que los sobrecrecimientos comprometieron la integridad de los discos intervertebrales causando un dolor agudo y focal en la región caudal del dinosaurio.



Vértebra caudal distal
Las Garzas B



Vértebra caudal proximal
HB-1



Vértebra torácica
Las Garzas A

Figura 8.21. Comparación de la vértebra caudal del hadrosaurio Las Garzas B (arriba) con la vértebra caudal del hadrosaurio HB-1 (en medio) y la vértebra torácica del hadrosaurio Las Garzas A (abajo), todas en vista caudal. Las flechas delimitan las lesiones. **Abreviaturas:** cn, canal neural.

8.1.9. Lesión osteolítica unilateral en poscigoapófisis de una vértebra caudal anterior.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La lesión unilateral de la vértebra caudal del hadrosaurio La Esperanza (Fig. 8.22), es más compatible con una espondiloartropatía que una espondilitis infecciosa, ya que esta última por lo general presenta primariamente lesiones líticas en los cuerpos vertebrales y no en las cigoapófisis (Rothschild y Martin, 2006).

La lesión, al presentar una degeneración de la cortical y estar contenido en una cápsula sinovial (no preservada en el ejemplar), pudo haber generado una pseudoartrosis cigopofisial entre las vértebras (Rosenberg, 2000).

Implicaciones biológicas. Lacout *et al.*, (2008) describe que en las artritis cigopofisiales pueden ocurrir edema de la médula ósea, efusión y erosión de la articulación y si continúa llega a la anquilosis (Lacout *et al.*, 2008). No obstante, a pesar de no observar el edema, es probable que este se haya generado en la vértebra caudal del hadrosaurio de La Esperanza, debido a la presencia de la erosión, que es subsiguiente de esta. La falta de una anquilosis, indica una fase aguda de la lesión (Lacout *et al.*, 2008).

Este tipo de lesiones unilaterales (como el síndrome de Wobbler) provocan inestabilidad de las vértebras, causando un daño al nivel de la espina neural y en ocasiones, ataxia de los músculos adyacentes (Maxie, 2007).

Por la etapa aguda de la lesión y el tamaño de la vértebra se puede determinar que murió antes de desarrollar la anquilosis, sin embargo, la falta de más huesos del ejemplar (Hernández-Rivera com. pers. 2011) imposibilita determinar su causa de muerte (Fig. 8.22).

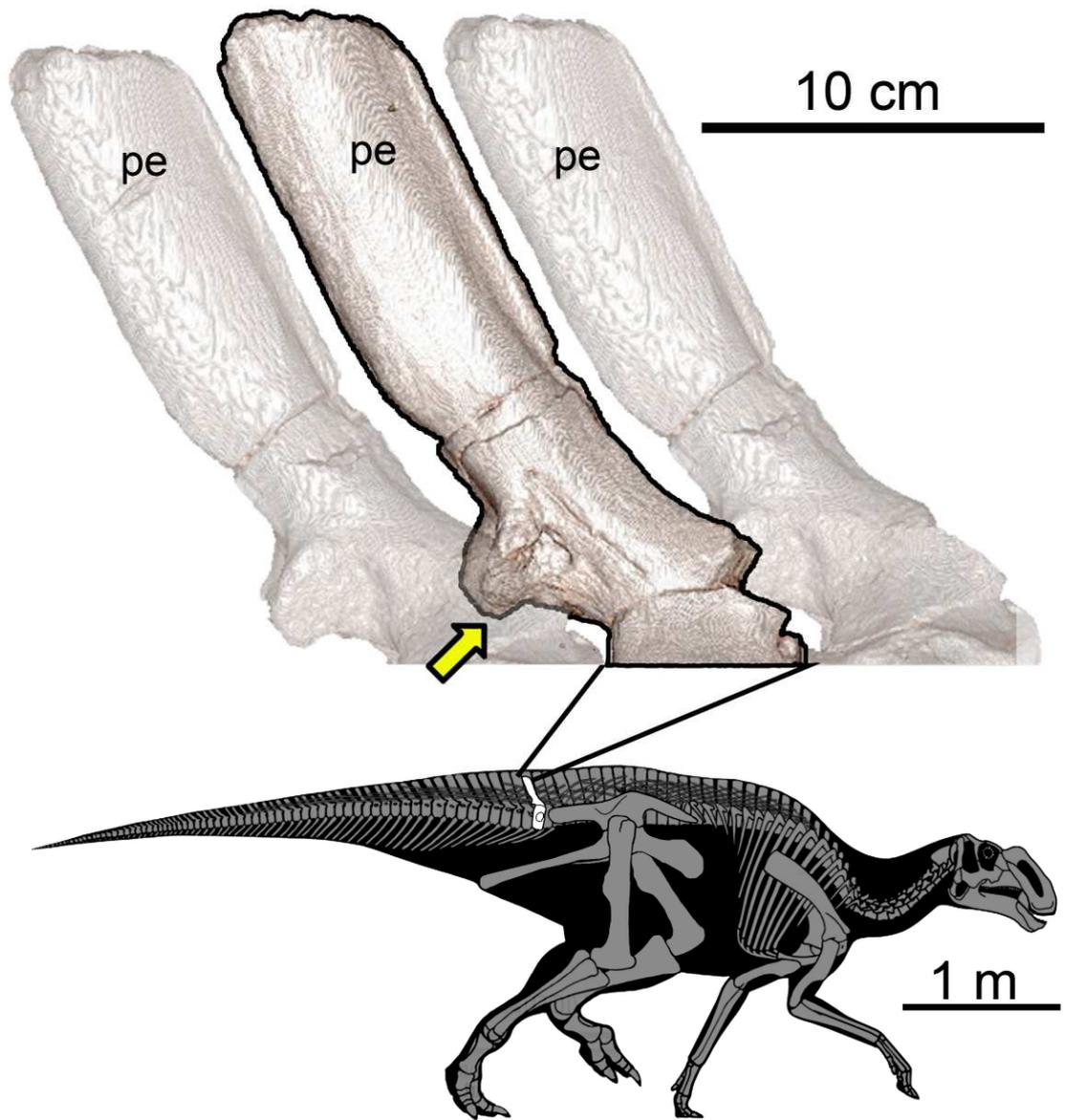


Figura 8.22. Representación esquemática de la serie de vértebras caudales, en vista lateral, del hadrosaurio La Esperanza, resaltando la vértebra patológica y mostrando su ubicación en el esqueleto de un hadrosaurio. La flecha indica la lesión. **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso.

8.1.10. Anquilosis de arcos neurales de vértebras sacras.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La presencia de una anquilosis en los procesos articulares de las vértebras sacras del hadrosaurio *Velafrons coahuilensis* (Fig. 8.23), lo hace compatible con algún tipo de espondiloartropatía (Rothschild y Martin, 2006; Lacout *et al.*, 2008). La fusión de los procesos articulares indican un fase crónica, ya que la anquilosis es la última etapa del conjunto de enfermedades de las espondiloartropatías (Lacout *et al.*, 2008).

Implicaciones biológicas. Normalmente la región sacra de los hadrosaurios se osifica a nivel de los cuerpos vertebrales, uniendo entre 6 a 10 vértebras sacras (Horner *et al.*, 2004). Por lo tanto, una anquilosis en esta región del esqueleto, seguramente no le provocó ningún tipo de complicación a *Velafrons coahuilensis* (Fig. 8.23).

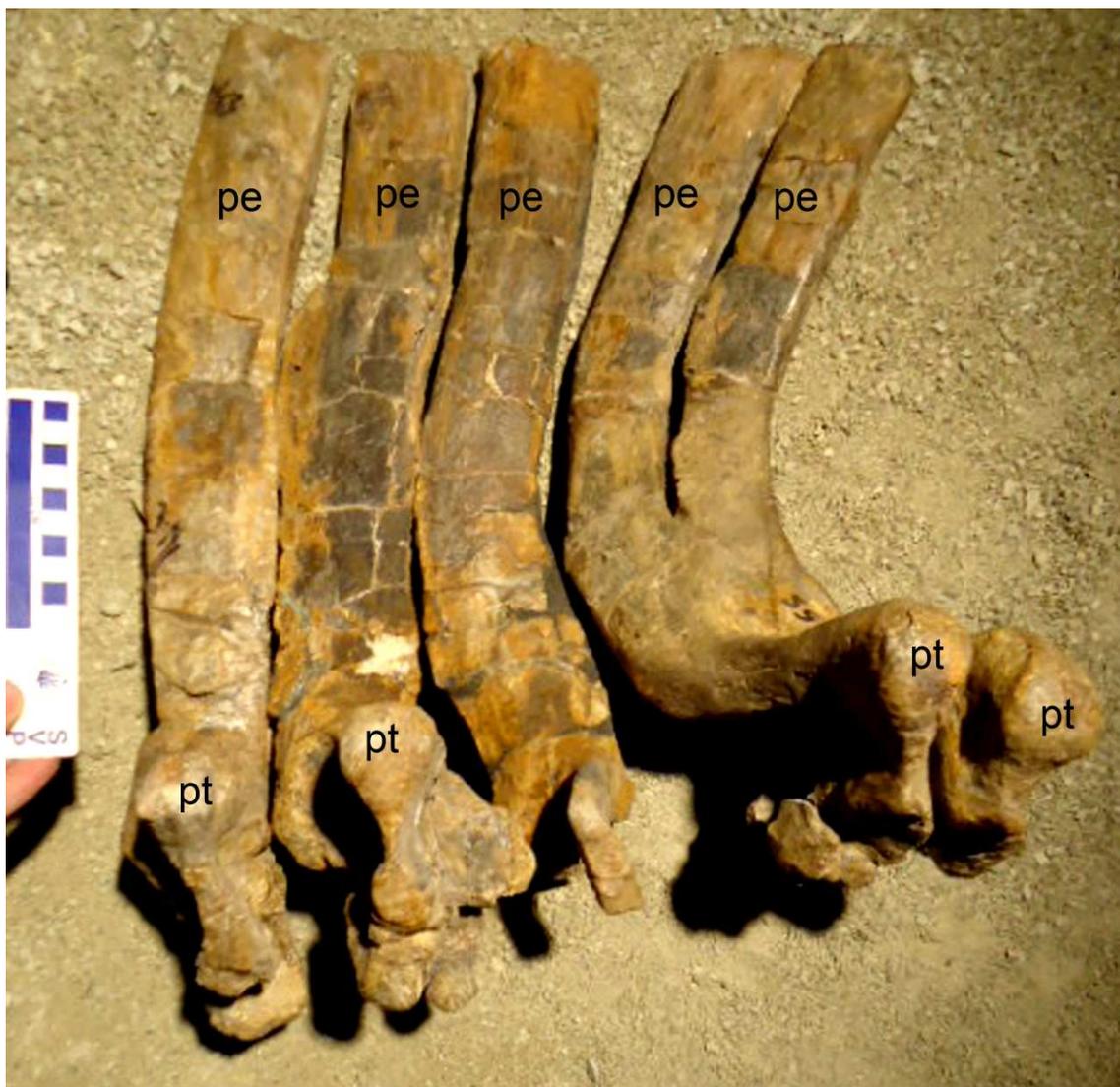


Figura 8.23. Reconstrucción de la serie de arcos neurales sacros de *Velafrons coahuilensis* (CPC-59). **Abreviaturas:** pe, proceso espinoso; pt, proceso transverso.

8.2. COMPARACIÓN DE PATOLOGÍAS DEL ESQUELETO APENDICULAR.

8.2.1. Lesiones osteolíticas focales en la fosita articular de falanges.

Diagnósticos diferenciales compatibles. Las lesiones líticas localizadas geográficas, bien delimitadas, con bordes lisos y superficie interna lisa, localizadas en las fositas articulares de las falanges del hadrosaurio SEPC CD1, son muy similares a las diagnosticadas como osteocondrosis por Rothschild y Tanke (2007) en hadrosaurios canadienses (Fig. 8.24).

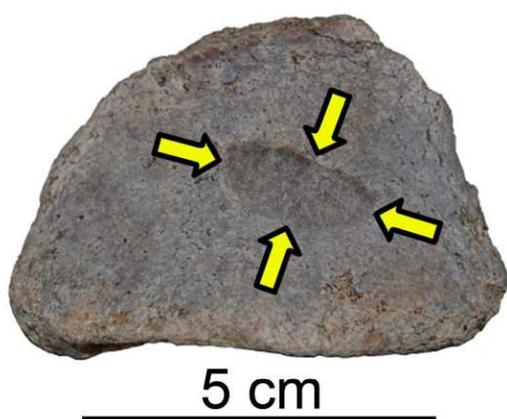
En mamíferos, la osteocondrosis se ha encontrado en humanos, cerdos, bovinos, ovinos, équidos y cánidos (Rothschild y Tanke, 2007); mientras que en aves, ésta se presenta en gallinas de corral, patos, pavos y ratites (Rega, 2012). En reptiles, esta patología solo se han producido por inyección de la hormona calcitonina (Rothschild y Tanke, 2007).

De acuerdo a Rothschild y Tanke (2007), la lesión es claramente diferenciable de otras lesiones como osteomielitis (por la ausencia bordes irregulares y la alteración de las trabéculas) o de las artropatías degenerativas (por la ausencia de osteofitos).

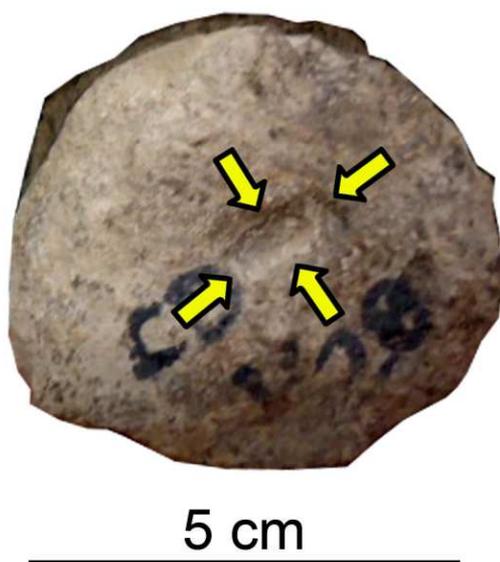
Implicaciones biológicas. Rothschild y Tanke (2007) describieron patología por osteocondrosis en ejemplares de *Edmontosaurus*, *Hadrosaurus*, *Corythosaurus*, *Hypacrosaurus* y otros hadrosaurios indeterminados canadienses (Fig. 8.25). Dichas lesiones fueron halladas en: la fosita articular y en el cóndilo articular de la falange 2 del dígito II; en la fosita articular de la falange 2 ó 3 del dígito III; y en la fosita y en el cóndilo articular de la falange 2, 3 ó 4 del dígito IV. Los resultados descritos en este trabajo contrastan con los hallados por Rothschild y Tanke (2007) donde las lesiones solo se encontraron en las fositas articulares de la falange 2 del dígito III y la falange 1 del dígito IV (Fig. 3.18). Aunque estas lesiones podrían estar mejor representadas en el material mexicano, su baja frecuencia podría deberse al poco material analizado, comparado con las grandes colecciones disponibles en los museos paleontológicos de Canadá.

Los hadrosaurios estudiados por Rothschild y Tanke (2007) representaban individuos juveniles, subadultos y adultos; y no presentan ninguna preferencia por alguna edad. Los hadrosaurios SEPC CD1 por su tamaño podrían representar individuos juveniles o subadultos.

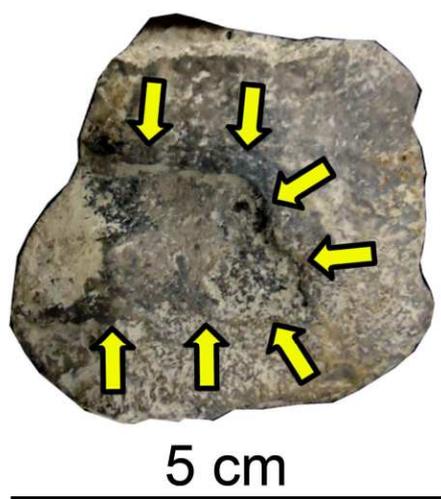
Como se había mencionado, la osteocondrosis es común en aves de corral que no pueden moverse mucho por el espacio tan reducido y en caballos juveniles con densidad ósea menor (Firth *et al.*, 1999). La osteocondrosis es una lesión asintomática en mamíferos (Rothschild y Tanke, 2007), pero en aves de corral, les causa dolor si están de pie o si caminan, lo que provoca que tiendan a permanecer echados (Aluja y Vanda-Cantón, 2011). Esto último probablemente les pudo haber ocurrido a los ornitópodos hadrosaurios con esta lesión.



Hadrosaurio
RTMP 1967.020.0100

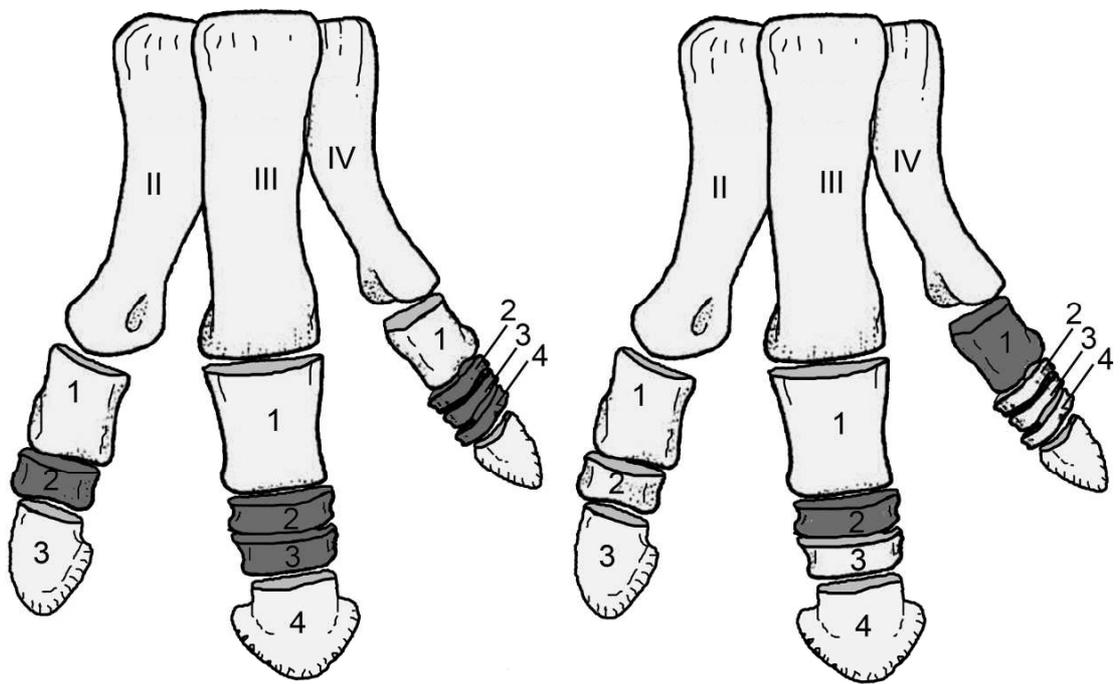


Hadrosaurio
SEPC CD-1/128



Hadrosaurio
SEPC CD-1

Figura 8.24. Comparación de las lesiones diagnosticadas como osteocondrosis en fositas articulares de falanges del hadrosaurios RTMP 1967.020.0100 (Tomado de Rothschild y Tanke, 2007), del hadrosaurio SEPC CD-1/128 y SEPC CD-1, todas en vista proximal. Las flechas delimitan las lesiones.



Edmontosaurus,
Hadrosaurus,
Corythosaurus,
Hypacrosaurus y
 otros hadrosaurios de
 Canadá

Hadrosaurio
 SEPC CD-1

Figura 8.25. Ubicación de las falanges halladas con posibles osteocondrosis halladas en hadrosaurios de Canadá (Rothschild y Tanke, 2007) y en el hadrosaurio SEPC CD-1.

8.2.2. Lesión osteolítica focal en la cara plantar de ungual pedal.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La morfología de la lesión osteolítica bien delimitada y su ubicación hacia plantar en la ungual del hadrosaurio BENC 1/1-009 (Fig. 8.26), lo hace compatible con una osteomielitis y descarta la posibilidad de una discondroplasia u osteocondrosis.

Por la morfología de la lesión de BENC 1/1-009 se sugiere un posible diagnóstico como una osteomielitis no purulenta (Fig. 8.26), debido a la pérdida de continuidad del hueso compacto, los bordes irregulares que delimitan la lesión, el patrón irregular del hueso esponjoso en su interior y la localización hacia plantar (Rothschild y Martin, 2006).

Como otro probable diagnóstico diferencial de la osteomielitis no purulenta, es la pododermatitis, sin embargo, la falta del estuche córneo en la falange terminal del hadrosaurio BENC 1/1-009 imposibilita una comparación más precisa con esta patología.

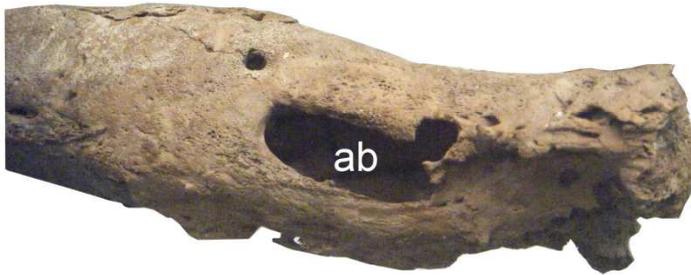
Implicaciones biológicas. La osteomielitis no purulenta hallada en el hadrosaurio BENC 1/1-009, al localizarse en la superficie plantar, pudo originarse por un traumatismo que causó una infección secundaria del estuche córneo de la garra o una exposición al exterior de la falange con posterior inflamación (Candanosa-Aranda y Argüero, 2011).

La orientación de la lesión hacia plantar le debió provocar dolor al caminar (similar al dolor causado por las pododermatitis como la laminitis equina; Candanosa-Aranda y Argüero, 2011), causando problemas en su locomoción, y en consecuencia haciéndolo presa fácil para los depredadores de la zona. Posiblemente, la lesión fue la causa de muerte indirecta del hadrosaurio BENC 1/1-009. Una posible etiología es complicada de dar a causa de los múltiples factores que pueden tener las osteomielitis o las pododermatitis.

Como menciona Rega (2012), las osteomielitis diagnosticadas en los fósiles de dinosaurios, correlacionada con el tipo de exudado que presentan las aves, reptiles y mamíferos podría ayudar a plantear un probable modo de actuar del sistema inmunológico de los extintos dinosaurios, sin embargo, hasta ahora no se le a dedicado mucho estudio.

Wolff (2007) propone que los dinosaurios tendrían un sistema inmunológico más parecido al de las aves y reptiles, que el de los mamíferos. Por lo tanto, los agentes infecciosos que afectan a las aves y reptiles actuales podrían haber afectado a los dinosaurios (Wolff *et al.*, 2009). Según Rega (2012) las inflamaciones descritas en los dinosaurios son más similares morfológicamente a las osteomielitis purulentas de los mamíferos, lo cual no concuerda con las reacciones tipo granulomatosas predominantes en las aves y los reptiles, no obstante, su significado todavía no está claro (Rega, 2012).

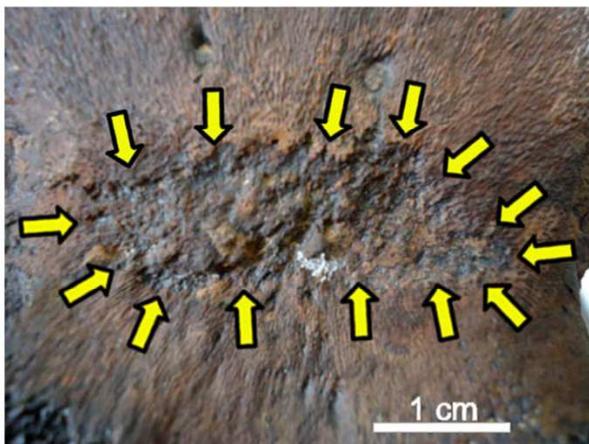
Dado la patología del hadrosaurio BENC 1/1-009 sería la primera en su tipo como osteomielitis no purulenta reportada en una ungual pedal de un dinosaurio no relacionado directamente con las aves (como los terópodos).



Osteomielitis purulenta (*Homo*)



Osteomielitis no purulenta (*Homo*)



Osteomielitis no purulenta (Hadrosaurio)

Figura 8.26. Comparación de lesiones por osteomielitis purulenta en un fémur humano (Tomado de la exposición “Huellas en los Huesos”, Antiguo Colegio de Medicina, 2011), osteomielitis no purulenta (tuberculosis) en un cráneo humano (Tomado de la exposición “Huellas en los Huesos”, Antiguo Colegio de Medicina, 2011) y la probable osteomielitis no purulenta (marcado por varias flechas) en la falange ungual pedal del hadrosaurio BENC 1/1-0009. **Abreviaturas:** ab, absceso.

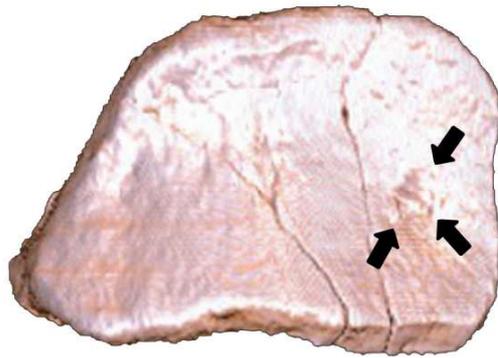
8.2.3. Lesión osteolítica focal difusa en la fosita articular de una falange.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La falange del hadrosaurio de Las Garzas B, presenta una pequeña depresión en la fosita articular la cual carece de bordes regulares y lisos (Fig. 8.27).

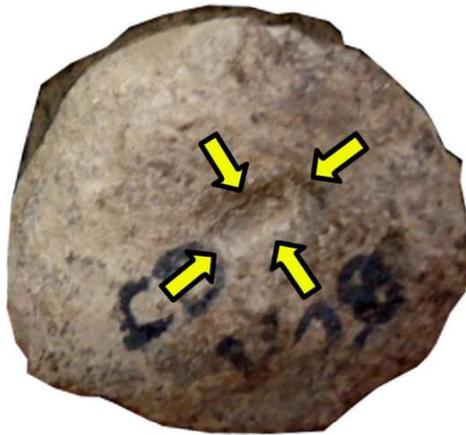
La morfología de la lesión difiere de la descrita para la osteocondrosis de bordes irregulares y dentados de textura lisa (Rothschild y Tanke, 2007; Fig. 8.27), y de las osteomielitis con bordes apolillados y textura irregular (Rothschild y Martin, 2006). Carece de fracturas por lo cual se descarta un origen traumático. También se descarta la posibilidad que sea una artropatía degenerativa, ya que no presenta excrescencias óseas (osteofitos) en la superficie articular o una textura lítica (Rothschild y Martin, 2006).

En conclusión, la morfología de la lesión es inusual, parece como si un objeto hubiera hecho presión mecánica, originando la lesión. Sin embargo la lesión es muy localizada y no presenta la morfología de las marcas creadas por las perforaciones de dientes de dinosaurios carnívoros o los canales formados por artrópodos tipo derméstidos, lo que descarta su probable origen tafonómico.

Implicaciones biológicas. La morfología de la lesión de la falange del hadrosaurio Las Garzas B (Fig. 8.27), es un caso inusual, ya que no se pudo resolver su etiología. Sin embargo, se puede asumir que la lesión le provocó dolor al individuo, el cual por el tamaño de la falange debió ser un hadrosaurio adulto.

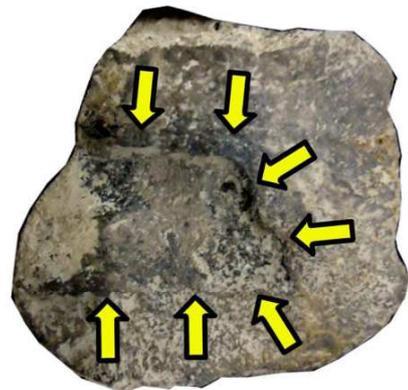


Hadrosaurio
Las Grazas B



Hadrosaurio
SEPC CD-1/128

5 cm



Hadrosaurio
SEPC CD-1

5 cm

Figura 8.27. Comparación de las lesiones en fositas articulares en la falange del hadrosaurio Las Garzas, el hadrosaurio SEPC CD-1/128 y el hadrosaurio SEPC CD-1 (abajo), todas en vista proximal. Las flechas delimitan las lesiones.

8.2.4. Sinostosis metacarpal por reacción osteogénica difusa.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La lesión en los metacarpos de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583) presentó una imagen tomográfica muy homogénea, a excepción de la región plantar, lo cual difiere con las imágenes radiológicas de las sinostosis metacarpales congénitas (Foucher *et al.*, 2001). La tumoración es difusa y sin evidencias de abscesos o reacciones líticas evidentes (en el caso de ser una osteomielitis). En su interior se observaron dos bordes esclerosos, interpretados como fracturas conminutas (formación de más de dos fragmentos; Lovell, 1997) e incompletas (que no atraviesan por completo al hueso; Lovell, 1997), que lo hace compatible con un callo óseo de origen traumático directo que originó de manera secundaria la sinostosis de los metacarpos.

Implicaciones biológicas. La morfología de la sinostosis metacarpal de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583) difiere a la descrita por Moodie (1926) en un *Edmontosaurus*. Según Moodie (1926) la sinostosis metacarpal del segundo implicó la formación de una masa exuberante (Fig. 3.27), lo que causó la expansión de los metacarpos hacia dorso-palmar, invadiendo la región media dorsal. Destaca en la región palmar de *Edmontosaurus* la separación de los dos metacarpos casi en su totalidad, a excepción de la porción proximal (obs. pers.). Moodie (1926) explica que la lesión es muy exuberante para la edad del animal, ya que representa a un individuo adulto y normalmente los callos óseos de muy proliferativos son más comunes en individuos juveniles. No obstante, Rothschild y Martin (2006) lo reinterpretaron como consecuencia de una infección secundaria.

La sinostosis metacarpal de *Latirhinus uinstlandi* no implicó una infección previa para su formación, ya que carece de los abscesos. Sin embargo, esto ocasionó una ligera desviación de los cóndilos articulares y su posterior sinostosis. Además, la lesión metacarpal de *Latirhinus uinstlandi* ocasionó la ligera extensión permanente de las falanges (marcado por la desviación hacia lateral y la pérdida de la articulación intermetacarpal), entorpeciendo su locomoción de andar cuadrúpeda.

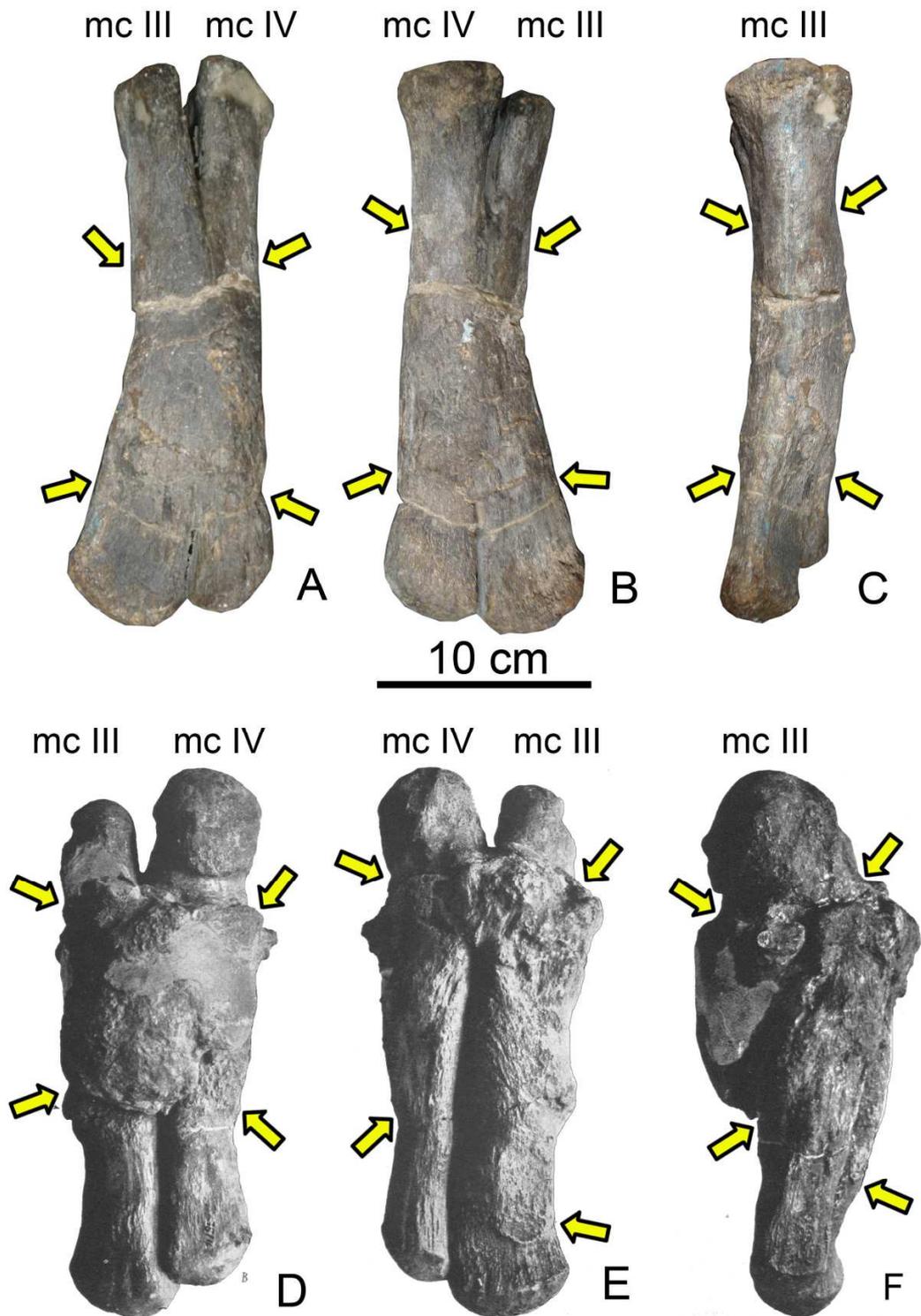


Figura 8.28. Comparación de la sinostosis metacarpiana causada por un callo óseo en *Latirhinus uinstandi* (IGM 6583) y en *Edmontosaurus annectens* (modificado de Moodie, 1926) en vista dorsal (A y D), vista palmar (B y E) y en vista lateral (C y F). Las flechas delimitan los bordes de las lesiones. **Abreviaturas:** mc III, metacarpo III; mc IV, metacarpo IV.

8.2.5. Remodelación ósea y deformación secundaria del extremo distal del cuerpo fibular.

Diagnósticos diferenciales compatibles. Macroscópicamente el callo óseo del hadrosaurio HB (Fig. 8.29) presenta una morfología similar a la fractura de sobrecarga descrita por Rega (2012). La fractura completa con la presencia de un crecimiento cíclico en el borde hacia craneal, soportan la aceveración de una fractura por sobrecarga, como la descrita por Rega (2012). La zona de remodelación ósea en la zona interna de las dos secciones (indicada por los espacios interóseos o bahías de erosión) y el hueso fibrolaminar arreglado de forma laminar, indican una reparación incompleta de la fractura y por lo tanto, una muerte prematura del individuo.

En cambio, la morfología externa de la lesión de *Latirhinus uitstlani* (Fig. 8.29), de extensión difusa, textura irregular y un gran desarrollo de hueso haversiano, lo hace compatible con un callo óseo de origen traumático con completa reparación de la fractura.

El desplazamiento de la porción distal de la fíbula, tanto del hadrosaurio HB y de *Latirhinus uitstlani* (Fig. 8.30), se puede interpretar como consecuencia del debilitamiento de la estructura a causa de las fracturas y por la fuerza torsional o angular dada por el músculo tibial anterior o tibio-fibular, durante su locomoción, deformando la estructura secundariamente. Otra posibilidad, es que la fractura sea secundaria de la fuerza indirecta de torsión de los músculos (Lovell, 1997). La deformación del cuerpo fibular no se interpretó como osteogénesis imperfecta (Aluja y Vanda-Cantón, 2011) debido a la presencia de una gran cantidad de hueso compacto y de hueso esponjoso en ambos casos

Implicaciones biológicas. La fractura de la fíbula del hadrosaurio HB y de *Latirhinus uitstlani* (Fig. 8.30) posiblemente ocasionó una debilidad del extremo distal hacia la región craneal, permitiendo su posterior deformación, a causa de la extensión del músculo tibial anterior o el tibio-fibular. Esta morfología es similar a la lesión descrita por Ostrom (1963) en la fíbula deformada de *Parasaurolophus crytocristatus* (CMNH P27393), sin embargo, no da ninguna explicación detallada de su origen.

Straight *et al.* (2009) describieron de manera detallada dos tipos de callos óseos formados en los procesos espinosos de hadrosaurios adultos colectados en Canadá (Fig. 8.29). En el ejemplar RTMP 86.36.520 el callo óseo está formado por hueso fibrolaminar tipo radial (Francillon-Vieillot *et al.*, 1990) sin evidencias de remodelación ósea, lo cual es compatible al descrito en los reptiles actuales. En el ejemplar RTMP 98.59.01, el callo óseo está formado por hueso haversiano secundario, cuya morfología es semejante a las descritas en aves (Fig. 3.13).

Histológicamente el callo óseo del hadrosaurio HB (Fig. 8.29) muestra dos porciones separadas por una fractura completa, formadas principalmente por hueso fibrolaminar tipo laminado y grandes espacios interóseos (o también llamados bahías de erosión por Francillon-Vieillot *et al.*, 1990) en la región del hueso esponjoso. Esto sugiere una intensa remodelación ósea en el interior de la fíbula del hadrosaurio HB. Para la fractura de *Latirhinus uitstlani* (Fig. 8.29),

la gran cantidad de hueso haversiano y la falta de un engrosamiento de la zona cortical aparente, sugiere una total resolución de la fractura antes de la muerte del organismo.

A partir de los rangos de tamaños e histológicos propuestos por Horner *et al.* (2000) el hadrosaurio HB se identifica como un individuo subadulto (4 m de longitud) y a *Latirhinus uitstlani* como un adulto joven.

Por lo tanto, las diferencias entre los cortes histológicos hechos por Straigh *et al.* (2009) comparados con los hallazgos de este trabajo, se pueden deber a la edad más joven del ejemplar de hadrosaurio HB, en comparación de los hadrosaurios canadienses y de *Latirhinus uitstlani*. Esto se puede corroborar, observando la fractura interna de la fíbula, todavía presente en el ejemplar del hadrosaurio HB. La fracturas en la fíbula del hadrosaurio HB y en *Latirhinus uitstlani*, probablemente causó una locomoción torpe (Fig. 3.15), haciéndolos más susceptibles a ser cazados por los depredadores que habitaban la zona hace 70 millones de años (Torres-Rodríguez *et al.*, 2010).

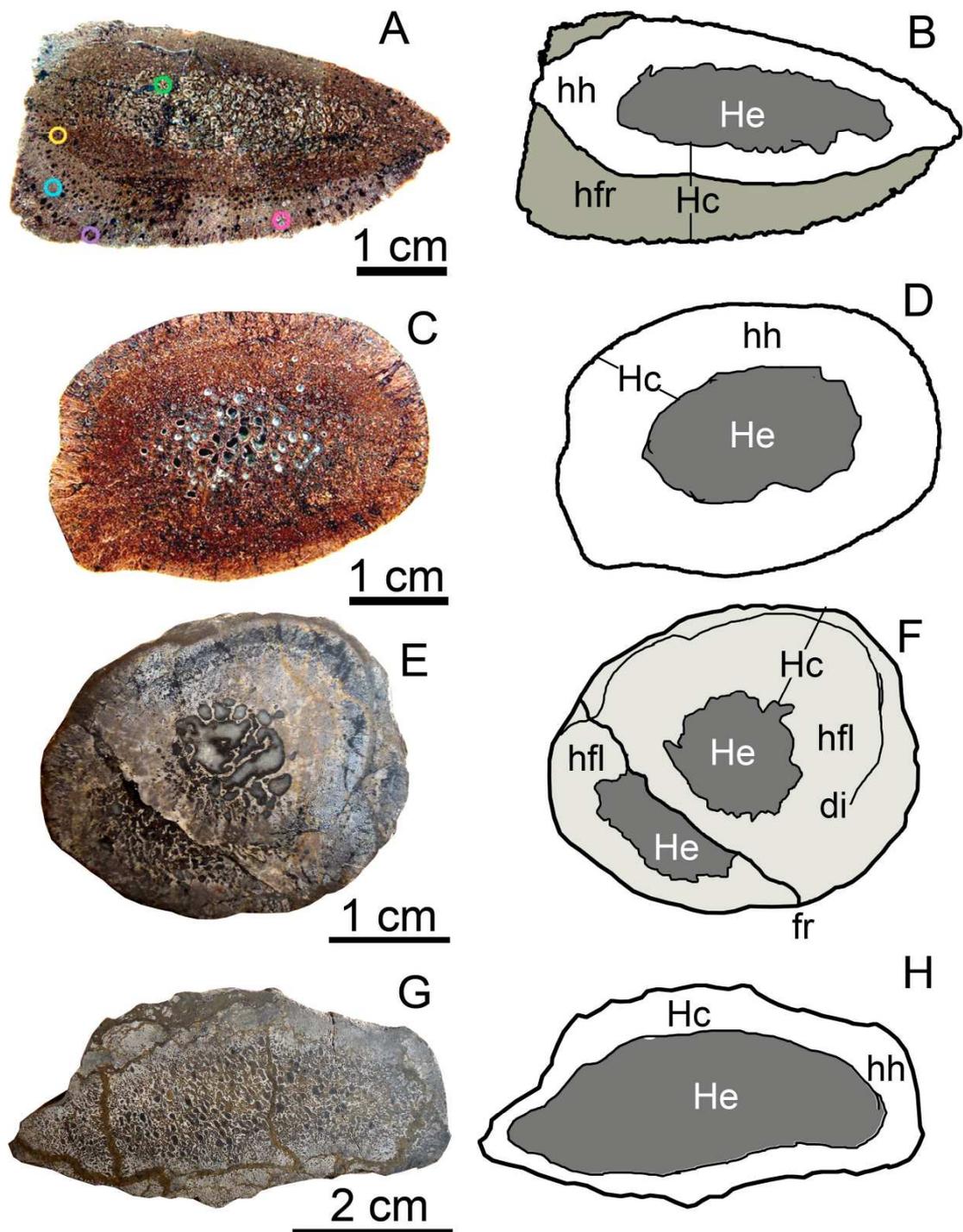


Figura 8.29. Comparación de cortes histológicos y diagramas de los distintos callos óseos en espinas neurales del hadrosaurio RTMP 86.36.520 (A y B) y en RTMP 98.59.01D (C y D) (ambos tomados de Straight, *et al.*, 2009); y en la fíbula del hadrosaurio HB (F y G) y en *Latirhinus uinstlandi* (H y I). **Abreviatura:** di, discontinuidad de crecimiento; fr, fractura; Hc, hueso compacto; He, hueso esponjoso; hfl, hueso fibrolaminar laminado; hfr, hueso fibrolaminar radial; hh, hueso haversiano.

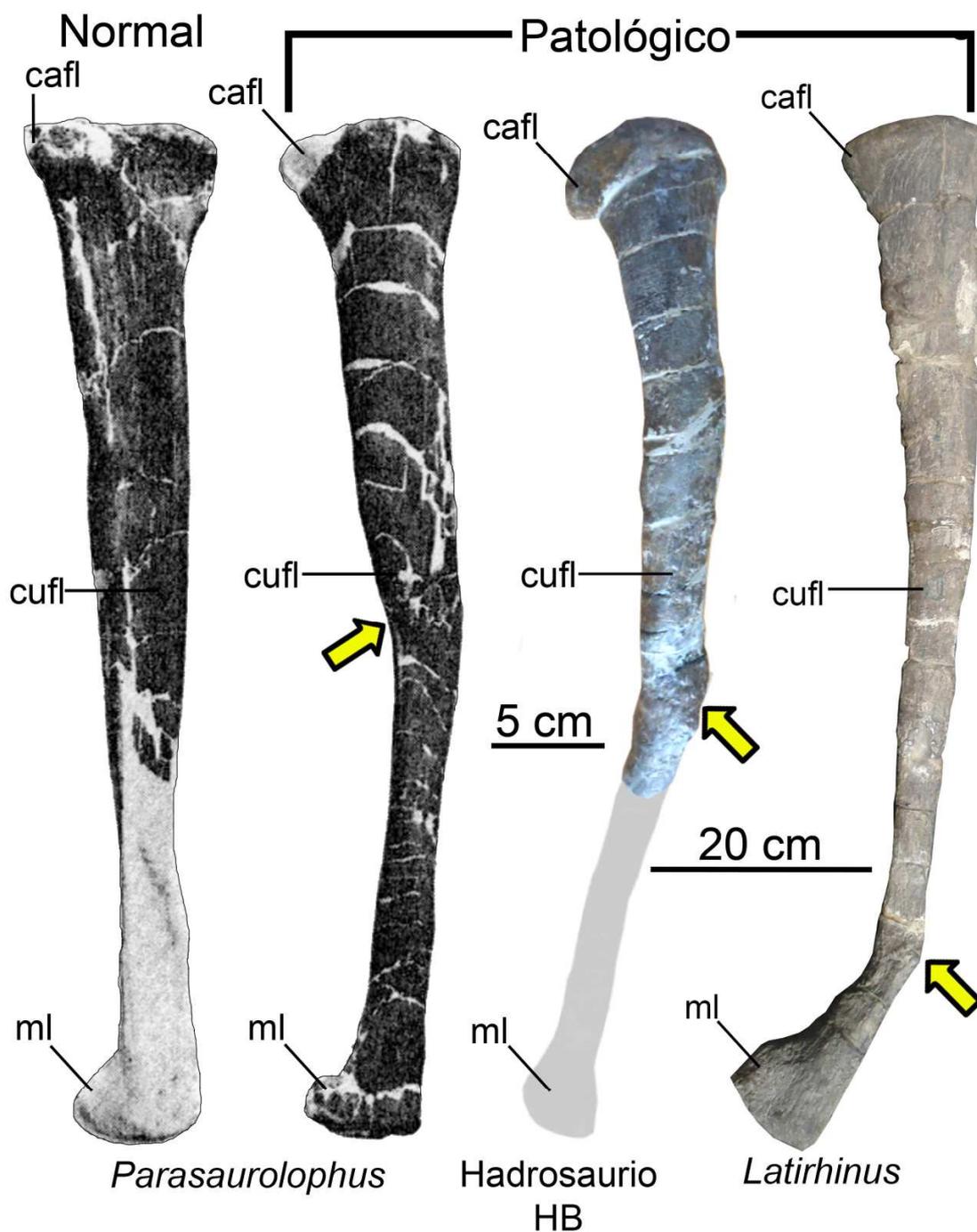


Figura 8.30. Comparación de deformaciones secundarias en fíbulas de hadrosaurios. Fíbula normal y patológica de *Parasaurolophus cyrtocristatus* CMNH P27393 (tomado de Ostrom, 1963) y fíbula patológica del hadrosaurio HB y la fíbula patológica de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583), todos en vista lateral. Las flechas ubican el origen de la deformación secundaria. **Abreviaturas:** cafl, cabeza de la fíbula; cufl, cuerpo de la fíbula; ml, maleólo lateral.

Hadrosaurio HB

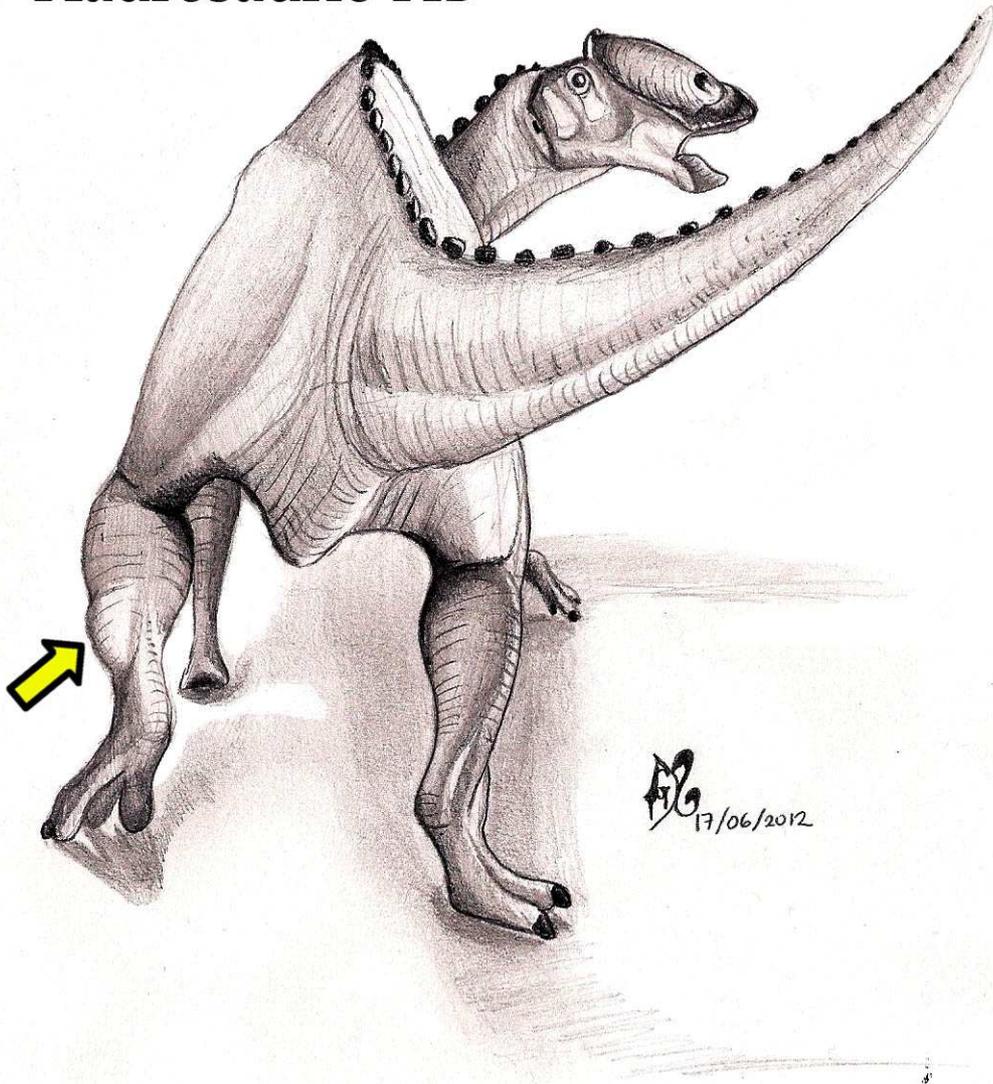


Figura 8.31. Reconstrucción en vida del hadrosaurio HB mostrando las posible signología clínica provocadas por la lesión en el cuerpo fibular. La flecha señala la lesión.

8.2.6. Reacción osteoproliferativa difusa y deformación del maléolo lateral de la tibia.

Diagnósticos diferenciales compatibles. Por la localización de la lesión en una epífisis, podría interpretarse como una artropatía degenerativa. Sin embargo, la morfología de la deformación del maléolo lateral, la presencia de una excrescencia ósea hacia caudal y la falta de osteofitos, lo hace compatible con un osteocondroma (Fig. 8.32). De acuerdo a Carpintero *et al.*, (2009) existen casos muy raros de osteocondromas epifisarios que pueden deformar la epífisis y producir trastornos del desarrollo. La excrescencia ósea de la tibia de *Latirhinus uinstandi* (Fig. 8.32), al estar formada de hueso esponjoso, tener la punta redondeada y una localización en la epífisis de la tibia lo hace compatible con una exostosis. Se descarta la posibilidad de que la excrescencia ósea sea un osteofito, ya que no presenta una morfología nodular y una localización en los bordes de la superficie articular (Thompson, 2007).

De la artropatía degenerativa y la osteocondrosis, sólo la segunda se ha interpretado en restos de dinosaurios. Rega (2012) menciona lesiones tipo exostosis en vértebras cervicales de *Chasmosaurus irivinensis* y en un metatarso IV y dos costillas torácicas izquierdas de *Chasmosaurus belli* (ambos pertenecientes al grupo de los ceratopsios).

Implicaciones biológicas. Al presentar una proliferación ósea del maléolo lateral de la tibia izquierda y estar al mismo nivel que la fractura de la fibula izquierda del ejemplar de *Latirhinus uinstandi* (Fig. 8.33), se interpreta para ambas lesiones, una posible consecuencia de un impacto físico de origen lateral izquierdo.

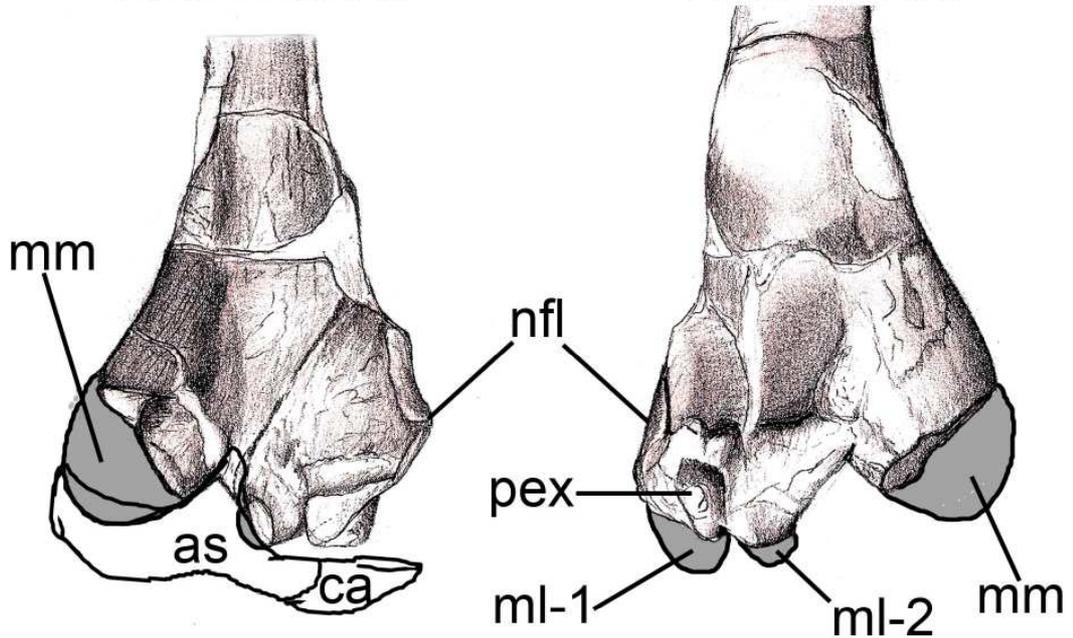
La deformación del maléolo lateral en dos neoformaciones hacia distal (Fig. 8.32), posiblemente causó compresión o desplazamiento de los huesos próximos (Carpintero *et al.*, 2009), en este caso de los huesos astrágalo y calcáneo. La articulación tibio-tarsal en el grupo de los dinosaurio es normalmente inmóvil, ya que el astrágalo se une firmemente hacia lateral al calcáneo y a la vez, hacia proximal a la tibia y la fibula, formando un único complejo articular funcional (Brusatte, 2012). Esta lesión posiblemente ocasionó la luxación y erosiones por presión a los huesos astrágalo y calcáneo (Fig. 8.32), sin embargo, estos elementos no fueron hallados durante las excavaciones (com. pers. Hernández-Rivera, 2011).

La exostosis hacia caudal de *Latirhinus uinstandi* (Fig. 8.32) posiblemente pudo haber ocasionado alteraciones en tejidos blandos como: tenosinovitis, fracturas tendinosas, lesiones musculares y fenómenos de resorte, debidas al roce de estas estructuras con la masa osteocartilaginosa (Carpintero *et al.*, 2009).

Patológico

Vista craneal

Vista caudal



Normal

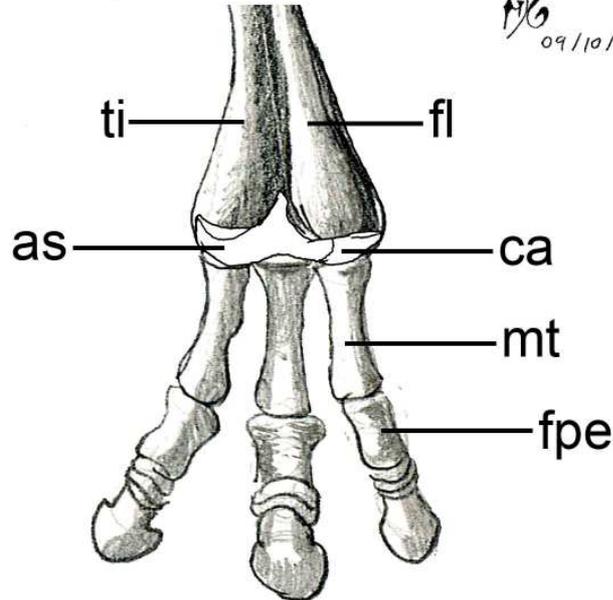


Figura 8.32. Comparación de la articulación tarso-tibial derecho de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583) en vista craneal y caudal (patológico) y la pata completa izquierda en vista craneal (normal). **Abreviaturas:** as, astrágalo; ca, calcáneo; fl, fibula; fpe, falange pedal; mm, maléolo medial; ml, maléolo lateral; ml-1, maléolo lateral uno; ml-2, maléolo lateral dos; nfl, neoformación lateral; pex, probable exostosis; ti, tibia.

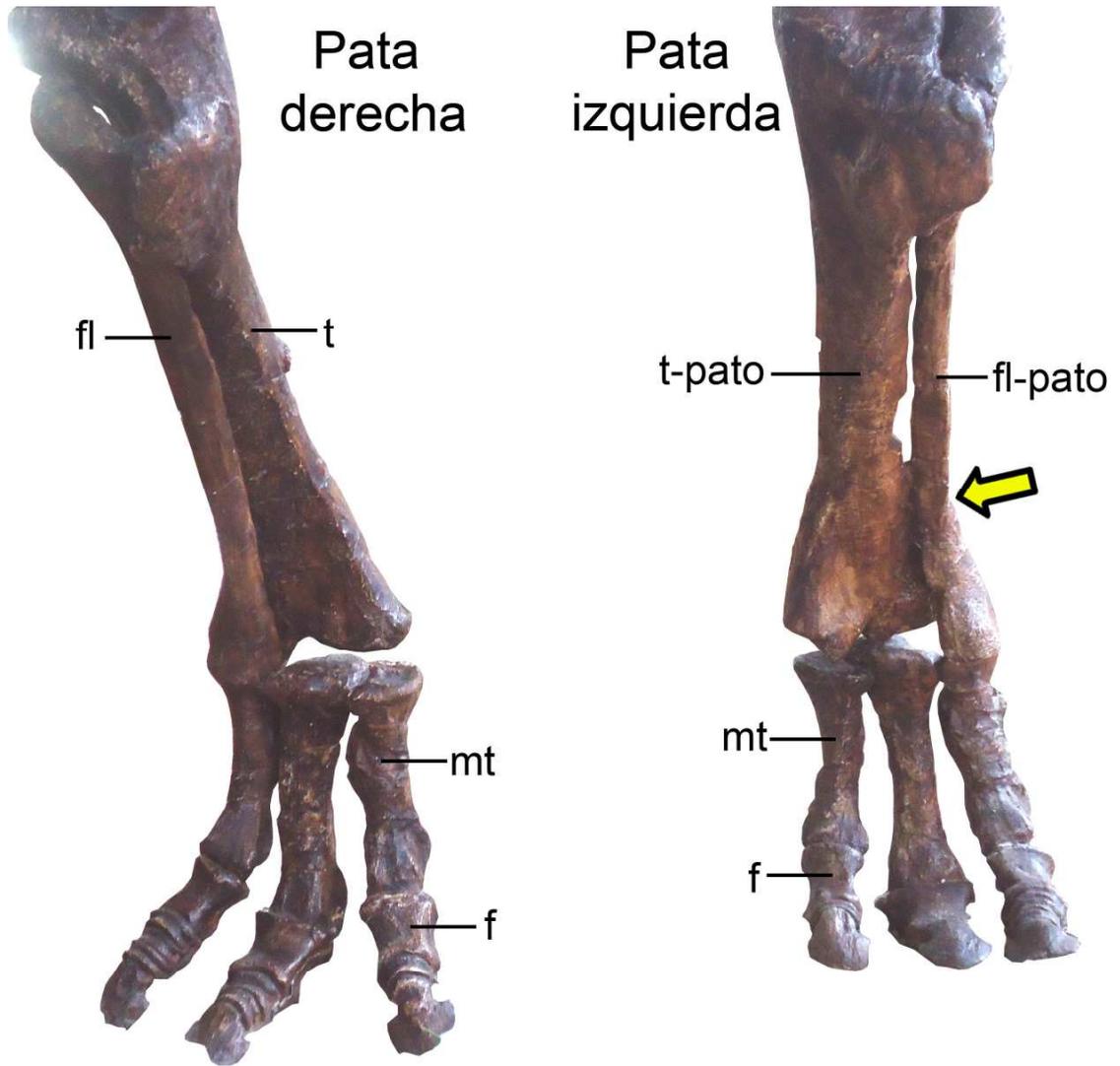


Figura 8.33. Extremidades posteriores en vista craneal de *Latirhinus uinstlandi* (IGM 6583) montado en el Museo del IGLUNAM. La flecha indica la localización de la lesión primaria que afectó a la fíbula. **Abreviaturas:** f, falanges; fl, fíbula; fl-pato, fíbula patológica; mt, metatarso; t, tibia; t-pato, tibia patológica.

8.2.7. Lesiones osteolíticas focales en el cuello del húmero.

Diagnósticos diferenciales compatibles. Las lesiones líticas en el cuello del húmero del ejemplar LACM 17715 de *Magnapaulia laticaudus*, se puede considerar como una probable osteomielitis, neoplasia, trastorno vascular o una lesión por avulsión.

Las lesiones en *Magnapaulia laticaudus* LACM 17715 carece de los bordes irregulares y las reacciones osteolíticas tipo apolilladas de las osteomielitis, trastornos vasculares y neoplasias (Rothschild y Martin, 2006). También carece de los pequeños surcos laterales presentes en las lesiones por avulsión (Brochu, 2003; Rothschild y Martin, 2006). En conclusión, las lesiones osteolíticas en el húmero de *Magnapaulia laticaudus* no presentan similitud morfológica con alguna patología descrita en medicina humana y veterinaria, lo que apoyaría que fuera una lesión causada por una enfermedad desconocida y probablemente extinta.

Implicaciones biológicas. La patología del húmero de *Magnapaulia laticaudus* LACM 17715, por su naturaleza osteolítica, se puede sugerir que ocasionó un dolor unilateral en la región del brazo, sin embargo, la morfología tan inusual de la lesión impide hacer mayores inferencias.

8.2.8. Lesión osteogénica focal en el cuello púbico.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La lesión osteogénica en el borde dorsal del cuello púbico de LACM 20874 presenta características morfológicas compatibles con osteomas o fibromas osificados (Thompson and Pool, 2002).

De los osteomas y los fibromas osificantes, el primero se ha localizado en huesos largos, esternón, costillas y huesos planos del cráneo (Thompson and Pool, 2002). En cambio los fibroma osificantes solo se han descrito en las mandíbulas de jóvenes caballos (Thompson and Pool, 2002). Por lo tanto, la lesión de *Magnapaulia laticaudus* LACM 20874 se hace más adecuado asignarlo como probable osteoma.

Implicaciones biológicas. La lesión de *Magnapaulia laticaudus* LACM 20874 posiblemente provocó dolor en la zona pélvica (osteoma) sin comprometer probablemente la vida del individuo.

8.3. COMPARACIÓN DE PATOLOGÍAS CRANEALES.

8.3.1. Lesiones osteogénicas focales en la porción rostral del dentario derecho.

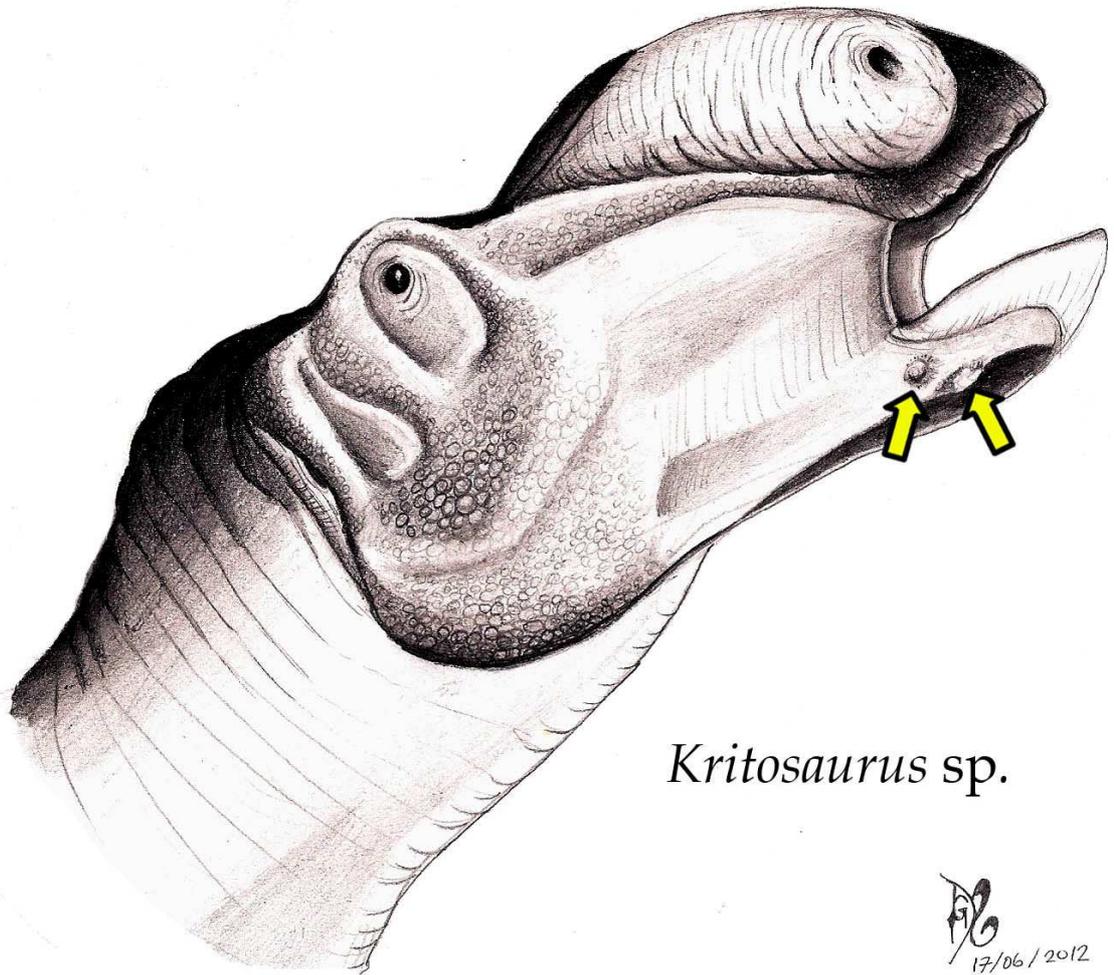
Diagnósticos diferenciales compatibles. La morfología de las lesión osteogénicas en la porción rostral de las mandíbulas de *Kritosaurus* sp. (IGM 6685), lo hace compatible con neoplasias benignas semejantes a los osteomas y fibromas osificantes (Thompson y Pool, 2002).

La falta de datos internos de la lesión imposibilitó una mayor aproximación del tipo de lesión. Por otro lado, morfológicamente los osteomas y los fibromas osificantes son muy semejantes, únicamente diferenciables a nivel histológico y en la localización (Thompson y Pool, 2002). Basándonos en su localización hacia rostral en las mandíbulas, se hace más compatible con un fibroma osificante descrito en caballos jóvenes (Thompson y Pool, 2002), a diferencia de los osteomas.

Implicaciones biológicas. Los osteomas son de las neoplasias benignas más comunes de los huesos del cráneo en humanos, causando dolor facial y dependiendo de su localización, puede obstruir algún conducto de vasos sanguíneos o de nervios craneales (Schwartz y Crockett, 1990). En medicina veterinaria este tipo de tumores es poco común en los animales domésticos, pero más frecuentes en caballos y en el ganado vacuno (Thompson y Pool, 2002). Su crecimiento es lento y puede detenerse. Los fibromas osificados son comunes en los caballos jóvenes pero también se ha encontrado en perros, gatos, borregos y en el gran Kudú (Thompson y Pool, 2002). Pueden llegar a destruir el hueso preexistente y producir una lesión expansible (Thompson y Pool, 2002).

En el área de la paleopatología se han descrito probables osteomas en dinosaurios terópodos como *Albertosaurus*, ceratopsios como *Protoceratops* y en aves ratites extintas como *Emeus* y *Pachyornis* (Wolff, 2007).

Probablemente las lesiones halladas en el dentario de *Kritosaurus* IGM 6685 le causaran un dolor facial (Fig. 3.31). No se pudo establecer si fue su causa de muerte la lesión, ya que no se encontraron otros huesos pertenecientes al ejemplar. Sin embargo, por el tamaño de la región rostral se calcula que el animal alcanzó la edad adulta.



Kritosaurus sp.


17/06/2012

Figura 8.34. Reconstrucción en vida de ejemplar *Kritosaurus* sp. (IGM 6685) mostrando las posibles signologías clínicas (dolor facial) provocadas por las tumoraciones en la mandíbula. Las flechas marcan las lesiones osteogénicas.

8.3.2. Osteoproliferación focal del hueso esponjoso en la cara medial del escamoso.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La morfología y ubicación de la lesión tumoral en el escamoso derecho de *Coahuilaceratops magnacuerna* CPC-276 (Fig. 8.35), lo hace compatible con neoplasias benignas como los osteomas o los fibromas osificantes (Thompson y Pool, 2002).

La lesión en el escamoso de *Coahuilaceratops magnacuerna* CPC-276, únicamente se puede determinar como una probable neoplasia benigna de hueso plano (Thompson y Pool, 2002), ya que presenta bordes delimitados y un pequeño tamaño. Además el hueso escamoso en estos dinosaurios difiere en morfología y función a los escamosos de los mamíferos (Kardong, 2011).

Implicaciones biológicas. En otros ceratopsios como el *Triceratops* se ha encontrado una alta incidencia de lesiones en el hueso escamoso, en comparación a otros huesos del cráneo como el yugal y el parietal (Farke *et al.*, 2009). Las lesiones descritas en huesos escamosos de ceratopsidos han sido muy diversas, encontrando reacciones periósticas, forámenes supernumerarios (Fig. 8.36), osteomielitis y lesiones osteolíticas focales de bordes lisos de etiología incierta (Tanke y Farke, 2007; Farke *et al.* 2009; Tanke y Rothschild 2010). Estas lesiones en los escamosos de otros ceratopsidos morfológicamente difieren a la lesión osteogénica hallada en el ejemplar CPC-276 de *Coahuilaceratops magnacuerna* (Fig. 8.36), lo que sugiere una distinta etiología.

Esta aparente frecuencia de hallazgos patológicos en los escamosos de los ceratopsios, se puede deber a que era una zona susceptible a los traumatismos, debido a la escasa cantidad de tejidos blandos que lo cubrían y su ubicación externa dentro de la estructura conocida como “corona” o “gola” de los ceratopsios (Dodson *et al.*, 2004; Farke *et al.*, 2009). Según Farke *et al.*, (2009) los huesos de la región caudal del cráneo (la gola o corona) se adaptaron como estructuras protectoras durante los combates intra e interespecíficos.

La posible tumoración en el escamoso del ejemplar CPC-276 le pudo haber ocasionado dolor facial, como se indican en las signologías de los osteomas (Thompson y Pool, 2002). Sin embargo, la ubicación de la lesión hacia medial (Fig. 8.37), sugiere que fuera una lesión asintomática, ya que la falta de evidencias indican, que no obstruiría ningún conducto sanguíneo, músculos o ligamentos.

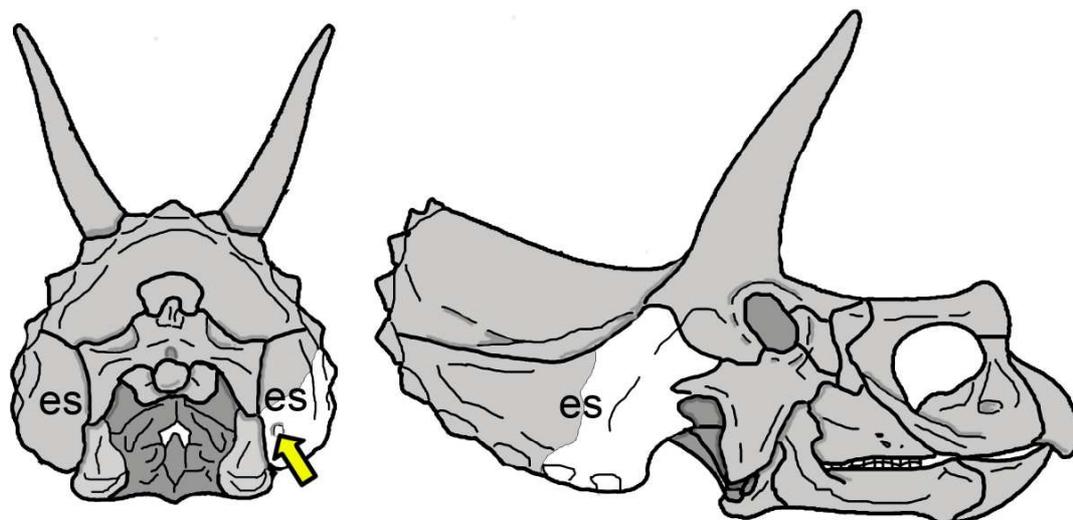


Figura 8.35. Esquema del cráneo de *Triceratops* ubicando en color blanco el escamoso patológico de *Coahuilaceratops*, en vista lateral (izquierda) y caudal (derecha). La flecha ubica la lesión. **Abreviatura:** es, escamoso.

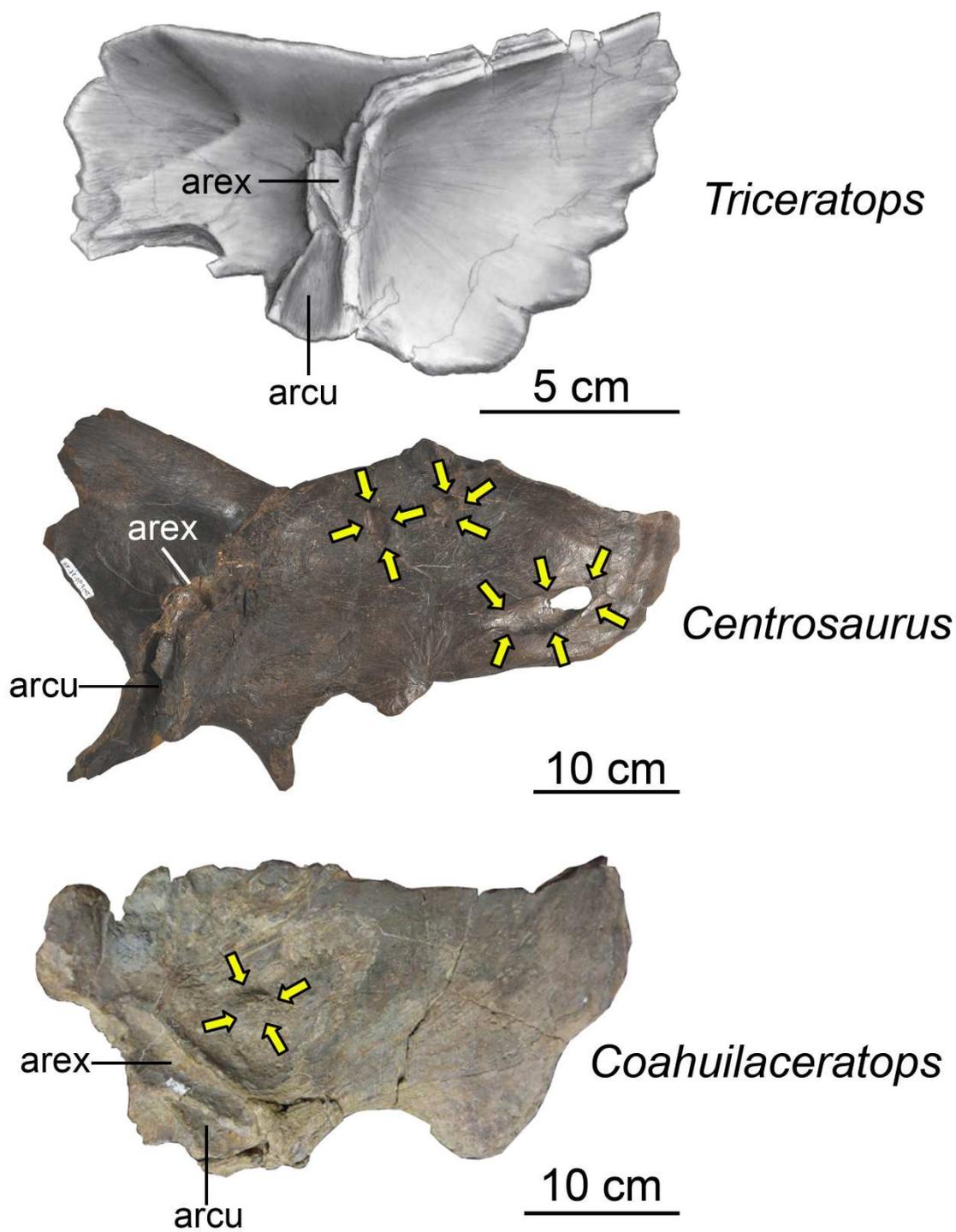


Figura 8.36. Comparación de escamosos de distintos ceratópsidos en vista medial. Escamoso normal de *Triceratops* UCMP 154452 (modificado de Goodwin, *et al.*, 2006; arriba), escamoso patológico de *Centrosaurus* TMP 90.36.411 (cortesía de Darren Tanke) y el escamoso patológico de *Coahuilaceratops* CPC-276. Las flechas delimitan las lesiones. **Abreviaturas:** arcu, articulación para el cuadrado; arex, articulación para el exoccipital.

*Coahuilaceratops
magnacuerna*

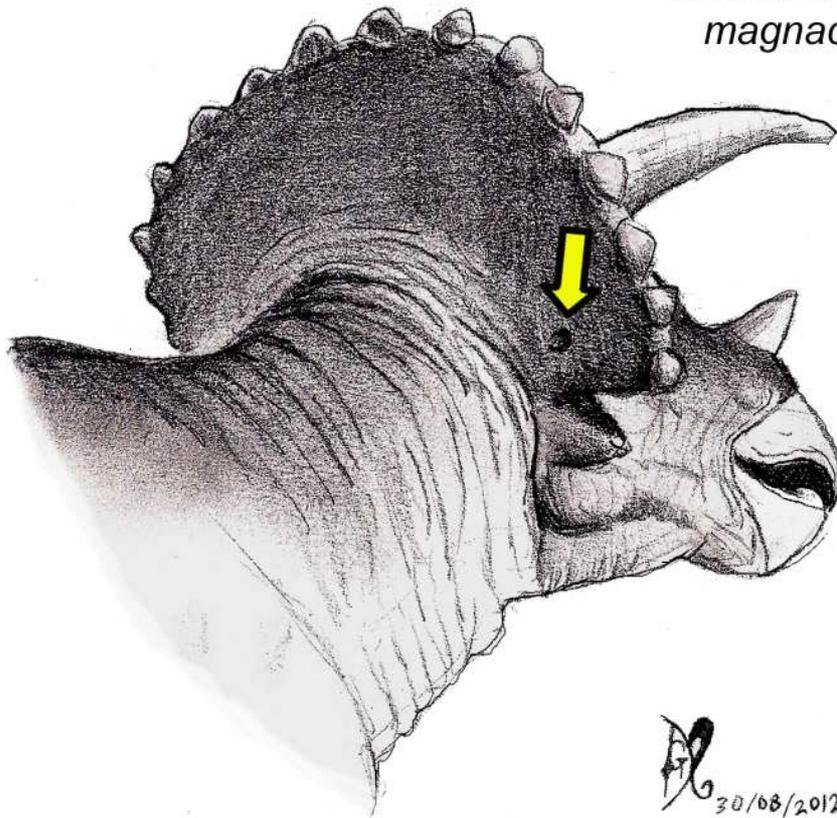


Figura 8.37. Reconstrucción en vida de ejemplar CPC-276 *Coahuilaceratops magnacuerna* mostrando la tumoración en el hueso escamoso hacia medial (indicada por una flecha).

8.3.3. Desplazamiento del fragmento del cuerno posorbital.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La lesión presente en el cuerno posorbital de *Coahuilaceratops magnacuerna* CLeón-1 carece de reacciones osteogénicas superficiales (como callos óseos o reacciones periósticas circunferenciales; Farke *et al.*, 2009), sin embargo, el gran tamaño de los espacios interóseos en el hueso esponjoso y su distribución irregular, sugiere una remodelación ósea iniciada en el interior de esta. Por lo tanto, la morfología de la lesión, lo hace compatible con una fractura de origen traumática que tuvo complicaciones, formando una unión retardada (Perumal y Roberts, 2007)

Implicaciones biológicas. Existen otros estudios dentro de la literatura, donde se describen fracturas en cuernos posorbitales de ceratopsios relacionados filogenéticamente con *Coahuilaceratops*. Su morfología va desde la pérdida de la mitad de un cuerno y posterior reparación e infección del fragmento adherido al cráneo, los tres en ejemplares de *Triceratops* (Tanke y Rothschild, 2010), un cuerno posorbital unido al cráneo por una pseudoartrosis en *Anchiceratops* (Tanke y Rothschild, 2010) y un cuerno posorbital de *Eotriceratops* con marcas de dientes y evidencia de hueso reactivo (Tanke y Rothschild, 2010). Todas las lesiones encontradas en los ceratópsidos son originadas primariamente por traumatismos unilaterales y con evidencias de reacciones periósticas (obs. pers.).

Las fracturas traumáticas en los cuernos posorbitales en los ceratopsios, se han interpretado como evidencia de agresión directa por depredadores como *Tyrannosaurus*, gracias a las marcas de perforaciones por dientes encontradas en las mismas (Moodie, 1930a; Happ, 2008). Sin embargo, en el ejemplar de *Coahuilaceratops* CLeón-1 no se hallaron marcas de dientes.

Como todos los miembros de la familia de los ceratópsidos, los cuernos posorbitales representaban su arma principal contra los depredadores (Dodson *et al.*, 2004), por ello, la falta de uno de ellos en *Coahuilaceratops* lo haría más propensos a los ataques de los depredadores.

La fractura del ejemplar juvenil CLeón-1, posiblemente causó dolor. La falta de formación de una reacción perióstica o de callo óseo y la remodelación ósea interna indican que la fractura se retardo en repararse (Fig. 3.38). Las no uniones o uniones retardadas son causadas por malnutrición, deficiencia de vitaminas, desordenes metabólicos, infecciones, pobre vascularización y por un pobre contacto de los fragmentos óseos (Perumal y Roberts, 2007). La incompleta resolución de la fractura indica una muerte prematura del ejemplar CLeón-1 de causa desconocida.

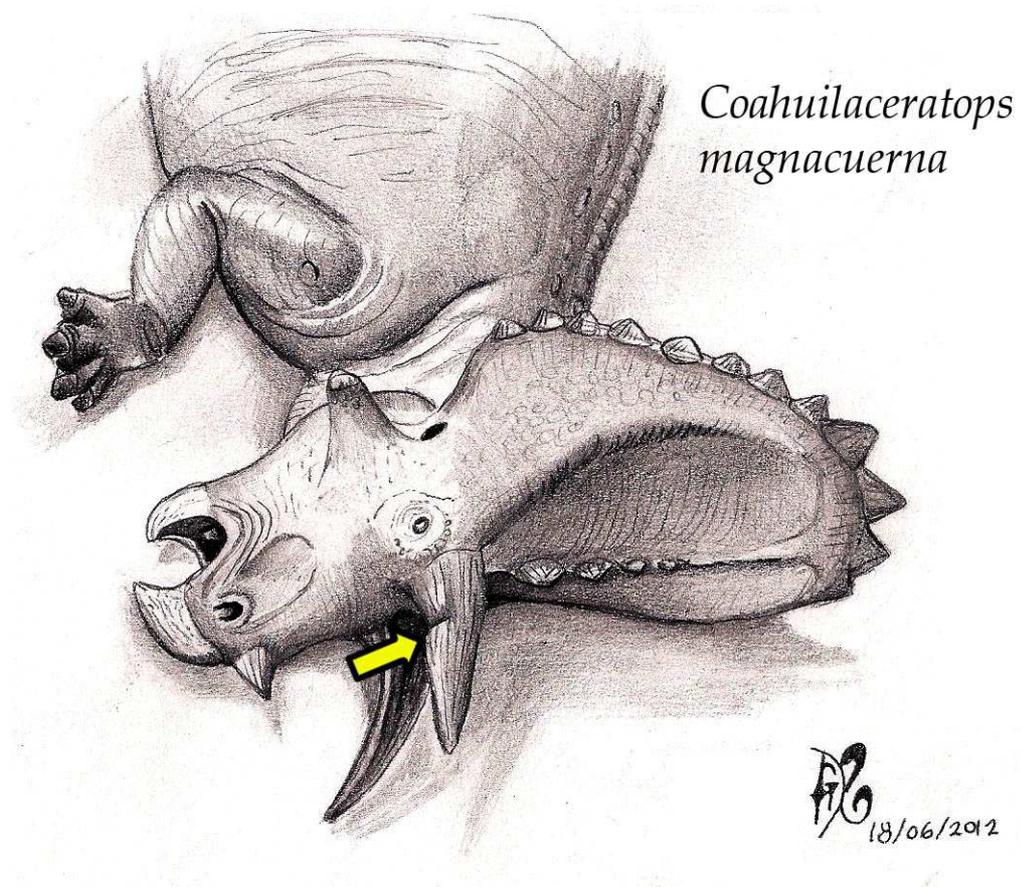


Figura 8.38. Reconstrucción en vida de ejemplar CLeón-1 *Coahuilaceratops magnacuerna* mostrando la fractura del cuerno posorbital (indicada por una flecha).

8.3.4. Lesión osteolítica con surcos y crestas en la superficie articular del cuadrado.

Diagnósticos diferenciales compatibles. La lesión del hueso cuadrado de *Labocania anomala* (Fig. 8.39) está formada por una depresión de bordes irregulares con surcos en el borde hacia craneal y de textura lisa. Los posibles diagnósticos de una morfología de la lesión similar en la superficie articular del cuadrado son osteomielitis, artropatías degenerativas y lesiones por avulsión de ligamentos.

La morfología de la lesión de *Labocania anomala* IGM 5307 es más compatible con una lesión por avulsión por la presencia de surcos dentro de la depresión (Molnar, 2001). Difiere de las osteomielitis por carecer de abscesos y reacciones osteolítica (Rothschild y Martin, 2006; Wolff, 2007) y de las artropatías degenerativas por carecer de osteofitos (Wolff, 2007).

Implicaciones biológicas. Patologías en la articulación cuadrado-articular son raras en tiranosáuridos, solo Molnar (2001) describe una lesión unilateral con textura rugosa con malformación de la articulación condilar en un cráneo de *Tyrannosaurus*, sin embargo, el autor no ilustra la lesión, imposibilitando una comparación adecuada.

Otras patologías en la articulación cuadrado-articular en animales se han descrito en la tesis de Wolff (2007). El autor menciona e ilustra una osteomielitis en *Caiman crocodilus* y una artropatía degenerativa en *Alligator mississippiensis*. La lesión de la osteomielitis la describe como una malformación de la articulación condilar en forma de copa, con espículas y posterior apolillamiento (Wolff, 2007). La lesión de la artropatía degenerativa la describe como una superficie articular irregular con osteofitos, acompañada de zonas líticas (Wolff, 2007). Por su morfología, las dos difieren completamente de la hallada en este trabajo en *Labocania anomala*.

La lesión por avulsión, indica un desprendimiento de los ligamentos que se unen al hueso, causando un cambio subperiósteo en el hueso (Rothschild y Martin, 2006). Estas lesiones son claramente indicativas de comportamiento agresivo inter o intraespecíficos (Rothschild y Martin, 2006). Por lo tanto, es probable que se haya dañado la cápsula sinovial de la articulación cuadrado-articular de *Labocania anomala* IGM 5307, causando un gran dolor y una dislocación parcial unilateral de las mandíbulas.

Se sabe que la principal arma de los terópodos tiranosáuridos era su gran cabeza provista de grandes dientes, ya que sus manos en general eran muy reducidas (Holtz jr., 2004). Una lesión grave en la articulación cuadrado-articular impediría utilizar toda la fuerza de la mordida de estos animales, haciéndolo menos efectivo durante la obtención de alimento (Fig. 3.40). Probablemente esto fue una de las causas de la muerte del animal, sin embargo, la falta de más elementos óseos de *Labocania anomala* IGM 5307 impide asegurar o presentar otras hipótesis.

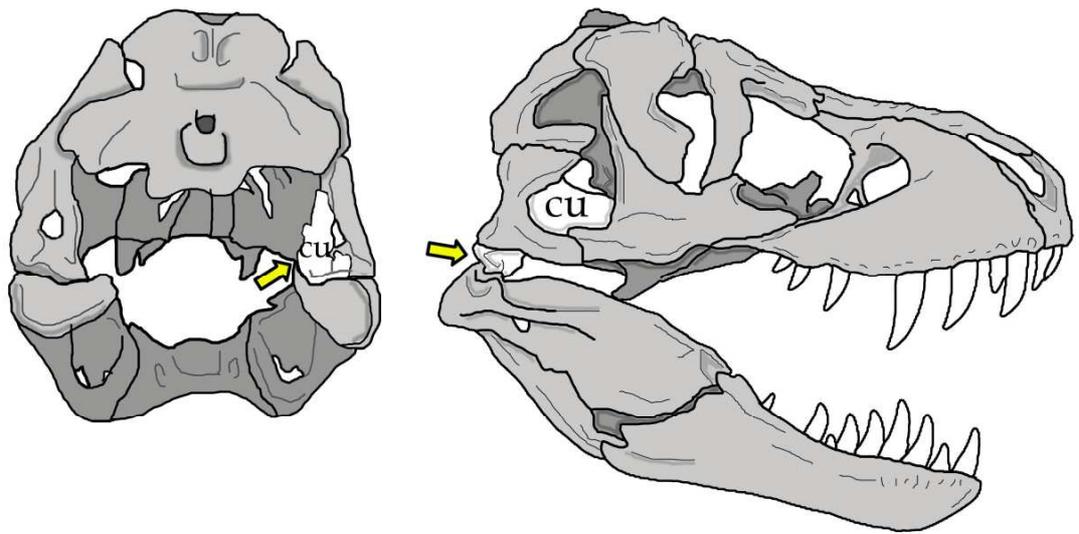


Figura 8.39. Esquema del cráneo de *Tyrannosaurus* ubicando en color blanco el cuadrado patológico de *Labocania*, en vista caudal (izquierda) y lateral (derecha). La flecha ubica la lesión. **Abreviatura:** cu, cuadrado.

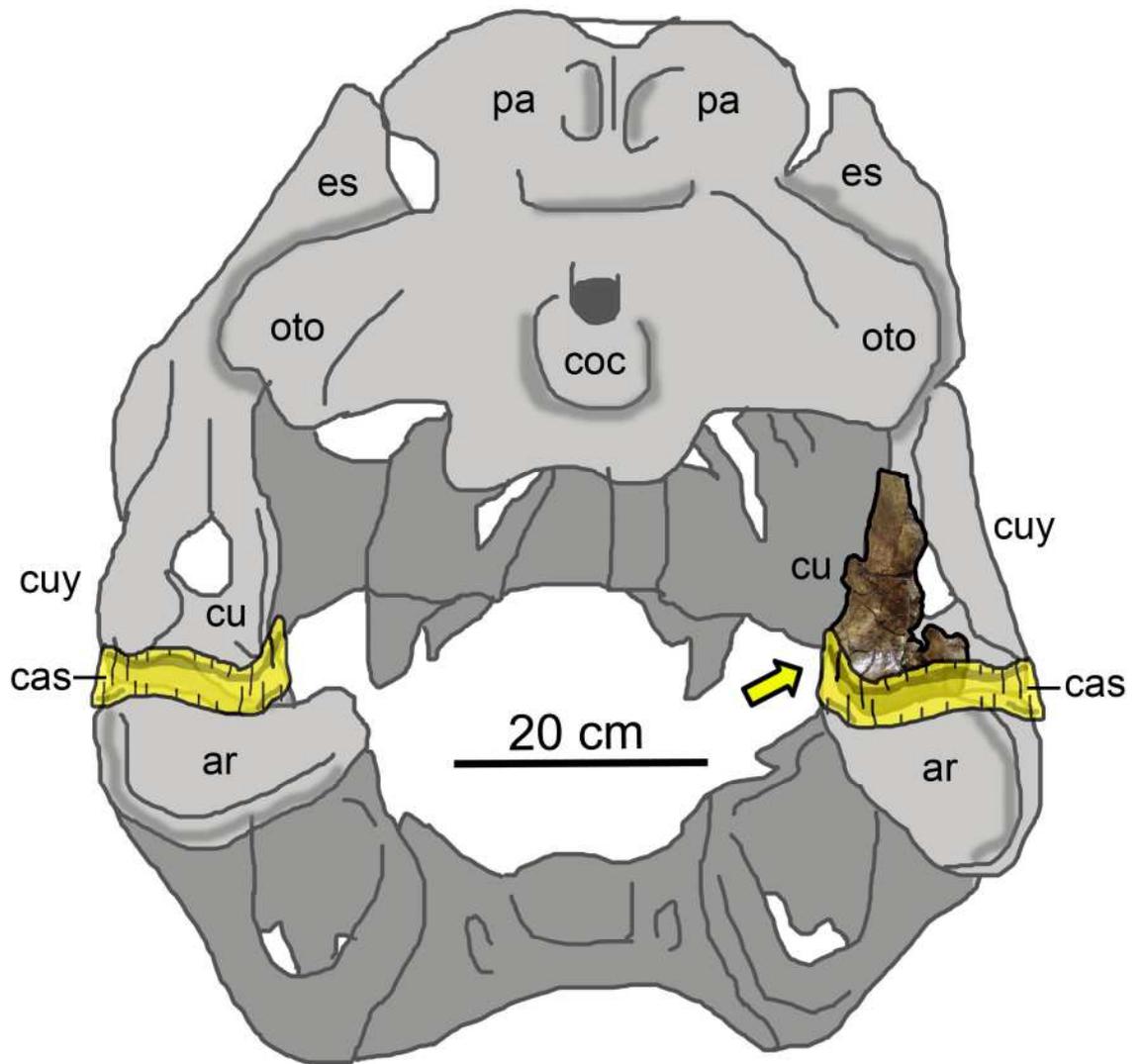


Figura 8.40. Esquema del cráneo de *Tyrannosaurus* en vista caudal ubicando el cuadrado patológico y los tejidos blandos afectados de *Labocania anomala* IGM 5307. La flecha ubica la lesión. **Abreviatura:** ar, articular; cas, cápsula sinovial; coc, cóndilo occipital; cu, cuadrado; cuy, cuadradoyugal; es, escamosos; pa, parietal; oto, otoccipital.

Cuadro 8.1. Resumen de las lesiones óseas en dinosaurios mexicanos y sus probables implicaciones biológicas.

Ejemplar patológico	Descripción de la lesión ósea.	Patología ósea probable	Implicaciones biológicas.	Taxa y edad probable.
Vértebra y costilla torácica IGM 6253.	Osteoproliferación del hueso esponjoso en la articulación costo-vertebral derecha con anquilosis secundaria.	Enfermedad desconocida.	Inmovilizado parcial de los músculos intercostales, causando disnea. Disminución del forámen vertebral lateral derecho causando obstrucción y compresión del nervio espinal (ataxia sensorial).	<i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (subadulto o adulto).
Costilla torácica IGM 6253.	Osteoproliferación del hueso esponjoso.	Enfermedad desconocida.	Deformación del cuerpo costal.	<i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (subadulto o adulto).
Vértebra caudal IGM 6253.	Neoformación unilateral de la precigoapófisis.	Trastorno del desarrollo.	Compresión y sensibilidad de los músculos epiaxiales caudales. Inestabilidad de las articulaciones cigoapofisiales, por la ausencia de la cápsula sinovial.	<i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i> (subadulto o adulto).
Costilla torácica Rojas IA.	Tumorción perióstica en el cuerpo costal.	Físico traumático.	Asintomáticas o dolor agudo en la región costal.	Hadrosauridae Rojas IA (desconocido).
Costilla torácica Rojas IB.	Tumorción perióstica en el cuerpo costal.	Físico traumático.	Asintomáticas o dolor agudo en la región costal.	Hadrosauridae Rojas IB (desconocido).
Vértebra caudal HB-1.	Proliferación ósea de los bordes de la superficie articular caudal y sobrecrecimiento de la cara lateral del cuerpo vertebral.	Degenerativo y proliferativo.	Compresión de los discos intervertebrales. Dolores, signos de inflamación y sensibilidad en los músculos caudales.	Hadrosauridea HB (subadulto).
Vértebra caudal HB-2.	Proliferación ósea de los bordes de la superficie articular caudal y sobrecrecimiento de la cara lateral del cuerpo vertebral.	Degenerativo y proliferativo.	Compresión de los discos intervertebrales. Dolores, signos de inflamación y sensibilidad en los músculos caudales.	Hadrosauridea HB (subadulto).
Vértebra caudal HB-3.	Proliferación ósea de los bordes de la superficie articular caudal y sobrecrecimiento de la cara lateral del cuerpo vertebral.	Degenerativo y proliferativo.	Compresión de los discos intervertebrales. Dolores, signos de inflamación y sensibilidad en los músculos caudales.	Hadrosauridea HB (subadulto).
Costilla torácica.	Reacciones periósticas transversales.	Físico traumático.	Dolor agudo.	Hadrosauridae SEPC (desconocido).

SEPC.				
Isquión SEPC.	Reacciones periólicas transversales.	Físico traumático.	Dolor agudo.	Hadrosauridae SEPC (desconocido).
Costilla torácica El Alamito.	Reacciones periólicas transversales.	Físico traumático.	Dolor agudo.	Hadrosauridae El Alamito (adulto).
Costilla torácica BENC 18/1-0901.	Reacciones periólicas transversales.	Físico traumático.	Dolor agudo y deformación secundaria.	Hadrosauridae BENC 18/1-0901 (adulto).
Vértebra cervical Cañon del Oso.	Lesión osteoproliferativa discontinua en la cabeza del cuerpo vertebral.	Neoplasia.	Daño a la médula espinal causando mareo y desequilibrio; dislocación de la serie cervical.	Hadrosauridae Cañon del Oso (desconocido).
Vértebra torácica Las Garzas A.	Fractura y deformación secundaria unilateral del cuerpo vertebral.	Físico traumático.	Dolor y escoliosis en la columna vertebral.	Hadrosauridae Las Garzas A (desconocido).
Vértebra caudal Las Garzas B.	Sobrecrecimiento del hueso esponjoso en ambas caras articulares del cuerpo vertebral.	Degenerativo y proliferativo.	Compresión de los discos intervertebrales.	Hadrosauridae Las Garzas B (desconocido).
Vértebra caudal La Esperanza.	Lesión osteolítica unilateral en poscigoapófisis.	Degenerativo y proliferativo.	Seudoartrosis ciagoapofisial. Inestabilidad de las vértebras caudales, causando daño al nivel de la espina neural y en ocasiones ataxia.	Hadrosauridae La Esperanza (adulto).
Vértebra sacras CPC-59.	Anquilosis de arcos neurales.	Degenerativo y proliferativo.	No provocó ningún tipo de complicación.	<i>Velafrons coahuilensis</i> (juvenil).
Falange SEPC CD1.	Lesión osteolítica focal en la fosita articular.	Trastorno del desarrollo.	Asintomática o dolor al caminar, complicando su locomoción.	Hadrosauridae SEPC CD1 (desconocido).
Falange SEPC CD1.	Lesión osteolítica focal en la fosita articular.	Trastorno del desarrollo.	Asintomática o dolor al caminar, complicando su locomoción.	Hadrosauridae SEPC CD1 (desconocido).
Falange unguinal BENC 1/1-009.	Lesión osteolítica focal en la cara plantar.	Inflamatoria.	Dolor al caminar, complicando su locomoción.	Hadrosauridae BENC 1/1-009 (desconocido).
Falange Las Garzas B.	Lesión osteolítica focal difusa en la fosita articular.	Desconocida.	Dolor agudo.	Hadrosauridae Las Garzas B (desconocido).
Metatarsos IGM 6583.	Sinostosis por reacción osteogénica difusa.	Físico traumático.	Extensión permanente de las falanges, causado por la desviación hacia lateral de los cóndilos y por la	<i>Latirhinus uinstandi</i> (subadulto o adulto).

			pérdida de la articulación intermetacarpal, entorpeciendo su locomoción.	
Fíbula IGM 6583.	Remodelación ósea y deformación secundaria del extremo distal del cuerpo fibular.	Físico traumático.	Extensión del músculo tibial anterior o el tibio-fibular, que ocasionó la deformación hacia craneal. Remodelación ósea completa.	<i>Latirhinus uinstandi</i> (subadulto o adulto).
Fíbula HB.	Remodelación ósea y deformación secundaria del extremo distal del cuerpo fibular.	Físico traumático.	Extensión del músculo tibial anterior o el tibio-fibular, que ocasionó la deformación hacia craneal. Remodelación ósea incompleta.	Hadrosauridae HB (subadulto).
Tibia IGM 6583.	Reacción osteoproliferativa difusa y deformación del maleólo lateral tibial.	Degenerativa y proliferativa.	Luxación o erosiones por presión a los huesos astrágalo y calcáneo, entorpeciendo su locomoción. Alteraciones en tejidos blandos (tenosinovitis, fracturas tendinosas, lesiones musculares) y fenómenos de resorte, debidas al roce de estas estructuras con la masa osteocartilaginosa.	<i>Latirhinus uinstandi</i> (subadulto o adulto).
Húmero LACM 17715.	Lesiones osteolíticas focales en el cuello del húmero.	Desconocida.	Dolor unilateral en la porción braquial.	<i>Magnapaulia laticaudus</i> (subadulto).
Pubis LACM 20874.	Lesión osteogénica focal en el cuello prepúbico	Neoplasia.	Dolor unilateral en la zona pélvica.	<i>Magnapaulia laticaudus</i> (subadulto).
Dentario IGM 6685.	Lesiones osteogénicas focales en la porción rostral.	Neoplasia.	Dolor facial.	<i>Kritosaurus</i> sp. (adulto).
Escamoso CPC-276.	Osteoproliferación focal del hueso esponjoso en la cara medial.	Neoplasia.	Asintomática o dolor agudo.	<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (adulto).
Posorbital CLéon-1.	Desplazamiento del fragmento del cuerno posorbital.	Físico traumático.	Reparación del hueso interrumpida.	<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i> (juvenil).
Cuadrado IGM 5307.	Lesión osteolítica con surcos y crestas en la superficie articular de los cóndilos.	Físico traumático.	Desgarre de ligamentos, daño a la cápsula sinovial del cuadrado-articular, dolor y dislocación parcial unilateral de las mandíbulas.	<i>Labocania anomala</i> (desconocido).

IX. CONCLUSIONES.

Este trabajo, representa el primer estudio sistemático sobre paleopatologías en dinosaurios mexicanos, incluyendo descripciones detalladas de cada lesión, su comparación morfológica, radiológica y en ocasiones histológica con lesiones óseas en reptiles, aves y mamíferos de la actualidad, incluyendo en humanos y, además la formulación de posibles implicaciones biológicas que tuvieron en los distintos individuos.

Antes de este trabajo, el registro fósil de patologías óseas en dinosaurios mexicanos, se limitaba a descripciones pobres y sin comparativos en ejemplares de *Magnapaulia laticaudus* (Morris, 1981; Tanke y Rothschild, 2002), *Kritosaurus* sp. (Kirkland *et al.*, 2006) y *Latirhinus uistlandi* (Hernández-Rivera, 1997; Prieto-Márquez y Serrano-Brañas, 2012).

Los resultados más relevantes, de este trabajo, fueron el descubrimiento de nuevas patologías óseas en ejemplares de dinosaurios anteriormente descritos como *Magnapaulia laticaudus*, *Kritosaurus* sp. (IGM 6685), *Latirhinus uistlandi*, *Velafrons coahuilensis*, *Huehuecanauhtlus tiquichensis*, *Coahuilaceratops magnacuerna* y *Labocania anomala*, y en dinosaurios ornitópodos del grupo hadrosauroidea todavía sin ser descritos formalmente. La identificación de patologías óseas de diversas etiologías, compatibles con trastornos físico traumáticas (43%), trastornos degenerativos y proliferativos (18%), neoplasias (18%), trastornos del desarrollo (11%), inflamatorias (4%) y lesiones de afinidad desconocida (11%). Y aunado a lo anterior, el descubrimiento de tejidos blandos (ligamentos vertebrales) preservados en el registro fósil, gracias a una condición patológica.

A la par del estudio, se observó la eficacia de la toma de tomografías computarizadas, como técnica no invasiva y el corte y pulido de superficies en los fósiles de vertebrados, en la identificación y entendimiento de la naturaleza de las lesiones óseas descritas.

Los resultados presentados en este trabajo, contribuirán en el entendimiento de la biología de los dinosaurios, permitiendo conocer sus mecanismos de sobrevivencia, sus interacciones con el ambiente y con agentes biológicos poco representados en el registro fósil (como son las bacterias). Complementario a lo anterior, el estudio de paleopatologías óseas representa una aproximación superficial a los mecanismos del sistema inmunológico de estos animales extintos, tema de gran interés para los biólogos evolucionistas, patólogos veterinarios, médicos humanos y paleontólogos.

X. REFERENCIAS.

- Aburto-Fernández, E.M. 2011. Sistema hemolinfático. Pp. 307-344 en: *Patología sistémica veterinaria quinta edición* (ed. F.J.T. Trigo). México, D.F: McGraw-Hill.
- Aguillón-Martínez, M.C., I. Vallejo-González, R. Hernández-Rivera, y J.I. Kirkland. 1998. Dinosaur trackway from the Cerro del Pueblo Formation, Difunta Group (Latest Campanian, Cretaceous), Coahuila, Mexico, *Journal of Vertebrate Paleontology*. 18(Suppl.): 23A.
- Allen, H. 2009. Guide to common vertebrate fossils from the Cretaceous of Alberta. Calgary, Alberta, Canada. *Alberta Paleontological Society*.
- Allison, P.A. 2001. Decay processes Pp. 213-216 en: *Palaeobiology II* (eds. Briggs, D.E.G. y Crowther, P.R.). Blackwell Science. Malden.
- Aluja, A.S. de, y F. C. Casas, 2002. Técnicas de necropsia en animales domésticos segunda edición. *El manual moderno*, México, D.F. 103 pp.
- Aluja, A.S. de, y B. Vanda-Cantón. 2011. Sistema musculoesquelético. Pp: 227-261 en: *Patología Sistémica Veterinaria. Quinta edición* (ed. Trigo, T.F.J.). McGraw-Hill. México.
- Andrade-Ramos, P., M. Montellano-Ballesteros, S.R.S. Cevallos-Ferriz y S. Lozano-García. 2002. A Late Cretaceous association from Altares, Chihuahua, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22(Suppl.): 32A.
- Arbour, V.M. y P.J. Currie. 2011. Tail and pelvis pathologies of ankylosaurian dinosaur. *Historical Biology*. Online 19 May 2011.
- Ascenzi, A. 1976. Physiological relationship and pathological interferences between bone tissue and marrow. Pp: 403-444 en: *The biochemistry and physiology of bone IV. Second edition* (ed. Bourne, G.H.) Academic Press. New York, San Francisco and London.
- Bader, K.S., S.T. Hasiotis y L.D. Martin. 2009. Application of forensic techniques to trace fossils on dinosaur bones from a quarry in the Upper Jurassic Morrison Formation, Northeastern Wyoming. *Palaios*. 24: 140-158.
- Bastian, O., J. Pillay, J. Alblas, L. Leenen, L. Koenderman y T. Blokhuis. 2011. Systemic inflammation and fracture healing. *Journal of Leukocyte Biology*. 89: 1-5 doi: 10.1189/jlb.0810446.
- Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*. 4: 150-162.
- Behrensmeyer, A.K. 2001. Transport-hydrodynamics: bones. Pp 232-235 en: *Palaeobiology II* (eds. Briggs, D.E.G. y Crowther, P.R.). Blackwell Science. Malden.
- Behrensmeyer, A.K. y S.M. Kidwell. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*. 11: 105-119.
- Blitz, E., S. Viukov, A. Sharir, Y. Shwartz, J.L. Galloway, B.A. Pryce, R.L. Johnson, C.J. Tabin, R. Schweitzer y E. Zelzer. 2009. Bone ridge patterning during musculoskeletal assembly is mediated through SCX regulation of Bmp4 at the tendon-skeleton junction. *Developmental cell*. 17: 861-873.

- Bouquet, E., A. Boronat y A.A. Ramos-Cormenzana. 1973. Production of calcite (calcium carbonate) crystals by soil bacteria is a general phenomenon. *Nature*. 245: 537-529.
- Briggs, D.E.G. 2003. The role of decay and mineralization in the preservation of soft-bodied fossils. *Annual Review of Earth and Planetary Science*. 31: 217-301.
- Briggs, D.E.G. y A.J. Kear. 1994. Fossilization of soft tissue in the laboratory. *Science*. 259: 1439-1442.
- Brochu, C.A. 2003. Osteology of *Tyrannosaurus rex*: insights from a nearly complete skeleton and high-resolution computed tomographic analysis of the skull. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 22(suppl): 1-138.
- Brown, B. 1912. A crested dinosaur from the Edmonton Cretaceous. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 32: 387-393.
- Brusatte S.L. 2012. Dinosaur Paleobiology (Topic in paleobiology). West Sussex, United Kingdom. *Wiley-Blackwell*. 307 pp.
- Burger, E.H. y J. Klein-Nulend. 1999. Mechanotransduction in bone-role of the lacuno-canalicular network. *The FASEB Journal*. 13(Suppl.): S101-S112.
- Candanosa-Aranda, I.E. y N. de B. de Argüero. 2011. Piel. Pp: 263-305 en: *Patología Sistémica Veterinaria. Quinta edición* (ed. Trigo, F.J.T.). McGraw-Hill. México.
- Canudo, J.I., P. Cruzado-Caballero y M. Moreno-Azanza. 2005. Possible theropod predation evidence in hadrosaurid dinosaurs from the Upper Maastrichtian (Upper Cretaceous) of Arén (Huesca, Spain). *Kaupia*. 14: 9-13.
- Carbot-Chanona, G. y H.E. Rivera-Sylva. 2011. Presence of maniraptoriform dinosaur in the Late Cretaceous (Maastrichtian) of Chiapas, southern Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 63: 393-398.
- Carpenter, K. 2007. How to make a fossil: part 1-fossilizing bone. *Journal of Paleontological Sciences*. 1(1). JPS.C.07.0001.
- Carpintero, P., J.A. del Fresno, R. Carpintero, M.J. Galvez y M.A. Marín. 2009. Complicaciones de los osteocondromas. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular*. 237:22-29.
- Chinsamy, A. y A. Tumarkin-Deratzian. 2009. Pathologic bone tissues in a turkey, vulture and a nonavian dinosaur: implications for interpreting endosteal bone and radial fibrolamellar bone in fossil dinosaur. *The Anatomical Record*. 292:1478-1484.
- Chinsamy-Turan, A. 2005. The microstructure of dinosaur bone: deciphering biology with fine-scale techniques. Baltimore y London: *John Hopkins University Press*. 195 pp.
- Chinsamy-Turan, A. y M.A. Raath. 1992. Preparation of bone for histological study. *Paleontologia Africana*, 29: 39-44.
- Cormack, D.H. 1988. *Histología de Ham*. Novena edición. Harla, México.
- Currey, J.D. 2002. Bones structure and mechanics. EUA: *Princeton University Press*.
- Daniel, J.C. y K. Chin. 2010. The role of bacterially mediated precipitation in the permineralization of bone. *Palaos*. 25: 507-516.

- Dodson, P., C.A. Forster y S.D. Sampson. 2004. Ceratopsidae. Pp: 494-513 En: *The Dinosauria, second edition* (eds. Weishampel, D.B., Dodson, P. and Osmólska, H.). University of California Press. Berkeley.
- Esper, J.F. 1774. Ausführliche nachrichten von neuentdeckten zoolithen unbekannter vierfüssiger thiere. *Nuremberg: Erben*.
- Eudes-Deslongchamps, M. 1838. Memoire sur le *Poekilopleuron bucklandii* Grand Saurien Fossile, Intermediaire entre les crocodiles et les lezards. *Mémoires de la Société Linnéene*. Normandie. 6: 37-146.
- Everhart, M.J. y K. Ewell. 2006. Shark-bitten dinosaur (Hadrosauridae) caudal vertebrae from Niobrara Chalk (Upper Coniacian) of western Kansas. *Transaction of the Kansas Academy of Science*. 109: 27-35.
- Farke, A.A. y P.M. O'Connor. 2007. Pathology in *Majungasaurus crenatissimus* (Theropoda: Abelisauridae) from the Late Cretaceous of Madagascar. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 27(suppl 8): 180-184.
- Farke, A.A., E.D.S. Wolff y D.H. Tanke. 2009. Evidence of combat in *Triceratops*. *PLos One*. 4: e4252. DOI:10.1371/journal.pone.0004252
- Firth, E.C., P.R. van Weeren, D.U. Pfeiffer, J. Delahunt y A. Barneveld. 1999. Effect of age, exercise and growth rate on bone mineral density (BMD) in third carpal bone and distal radius of Dutch Warmblood foals with osteochondrosis. *Equine Veterinary Journal*. 13(Suppl): 74-78.
- Flanagan, A.M. y U. Sarma. 1998. *In vitro* models for osteoclast recruitment. Pp. 50-63 en: *Methods in bone biology* (eds. Arnett, T.R. y Henderson, B.). Chapman and Hall. London.
- Foucher, G., R. Navarro, J. Medina y K. Khouri. 2001. Metacarpal synostosis: a simple classification and a new treatment technique. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 108: 1225-1231.
- Francillon-Vieillot, H., V. de Buffrénil, J. Castanet, J. Géraudie, F.J. Meunier, J.Y. Sire, L. Zylberberg, y A. Ricqlés. 1990. Microstructure and mineralization of vertebrate skeletal tissues Pp: 471-530 En: *Skeletal biomineralization: patterns, processes and evolutionary trends* (ed. Carter, J.E.). Van Nostrand Reinhold, New York.
- Gabilondo, F.E. 2003. Patología traumática. Pp. 195-207 En: *Paleopatología. La enfermedad no escrita* (eds. Llorens, A.I. y Morera, A.M.). Barcelona: Masson.
- Galtés I. X. Jordana, G. García y A. Malagosa. 2007. Marcadores de actividad en restos óseos. *Cuadernos de Medicina Forense*. 13: 179-189.
- Gates, T. A., S. Sampson, C.R. Delgado de Jesús, L.E. Zanno, D. Eberth, R. Hernández-Rivera, M.C. Aguillón-Martínez y J.I. Kirkland. 2007. A new genus and species of lambeosaurine hadrosaur (Dinosauria: Ornithopoda) from the Late Campanian Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 27: 917-930.
- García-Barrera, P. 1997. Capítulo 4 Fosilización. Pp. 75-89 En: *Paleontología* (eds. García, P., Sour, F. y Montellano, M.). México: Las prensas de ciencias.
- Getty, P.R. y A.M. Bush. 2011. Sand pseudomorphs of dinosaur bone: implication for (non-) preservation of tetrapod skeletal material in the Hartford Basin, USA. *Paleogeography, paleoclimatology and palaeoecology*. 302: 407-414.

- Gignac, P.M., P.J. Makovicky, G.M. Erickson y R.P. Walsh. 2010. A description of *Deinonychus antirrhopus* bite marks and estimates of bite force using tooth indentation simulations. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 30: 1169-1177.
- Glut, D.F. 2006. Dinosaurs the encyclopedia. Supplement 4. Jefferson, North Carolina. *McFarland and Company, Inc.*
- Goodwin, M.B., W.A. Clemens, J.R. Horner y K. Padian. 2006. The smallest known *Triceratops* skull: new observations on ceratopsid cranial anatomy and ontogeny. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 26: 103-112.
- Guyton, A.C. y J.E. Hall. 2006. Textbook of medical physiology. Eleventh edition. Philadelphia, Pennsylvania: *Elsevier Saunders*.
- Hanna, R.R. 2002. Multiple injury and infection in sub-adult theropod dinosaur *Allosaurus fragilis* with comparisons to allosaur pathology in the Cleveland-Lloyd dinosaur quarry collection. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 22:76-90
- Happ, J.W. 2008. An analysis of predator-prey behavior in a head-to-head encounter between *Tyrannosaurus rex* and *Triceratops*. Pp: 354-368 En: *Tyrannosaurus rex, the tyrant king* (eds. Larson, P. y Carpenter, K. eds.). Indiana University Press. Bloomington.
- Hedges, R.E.M. 2002. Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry*. 44: 319-328.
- Hernández-Rivera, R. 1997. Mexican dinosaurs. Pp. 433-437 En: *Encyclopedia of Dinosaurs* (Currie, P.J. y Padian, K. eds.). Academic Press. EUA.
- Hilton, R.P. 2003. Dinosaur and other Mesozoic Reptiles of California. Berkeley and Los Angeles California. *University of California Press*.
- Hirasawa, T. 2009. The ligamental scar in the costovertebral articulation of the tyrannosaurid dinosaurs. *Acta Paleontologica Polonica* 54: 49-59.
- Hone, D.W.E. y O.W.M. Rauhut. 2009. Feeding behaviour and bone utilization by theropod dinosaurs. *Lethaia*, 10.1111/j.1502-3931.2009.00187.x
- Holliday, C.M., R.C. Ridgely, J.C. Sedlmayr y L.M. Witmer. 2010. Cartilaginous epiphyses in extant archosaurs and their implications for reconstructing limb function in dinosaurs. *PloS One* 5: 1-16 (e13120).
- Holtz Jr., T.R. 2000. Classification and evolution of the dinosaur group. Pp. 140-168 En: *The Scientific American book of Dinosaurs* (ed. Paul, G.S.). ST. Martin's Press.
- Holtz, Jr., T.R. 2004. Tyrannosauroida. Pp: 111-136 En: *The Dinosauria, second edition* (eds. Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H.). University of California Press. Berkeley.
- Horner, J.R., A.D. Ricqlés y K. Padian. 2000. Long bone histology of the hadrosaurid dinosaur *Maiasaura peeblesorum*: growth dynamics and physiology based on an ontogenetic serie of skeletal elements. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 20:115-129.
- Horner, J.R., D.B. Weishampel y C.E. Forster. 2004. Hadrosauridae. Pp: 438-463 En: *The Dinosauria, second edition* (eds. Weishampel, D.B., Dodson, P. and Osmólska, H.). University of California Press. Berkeley.
- Holz, M. y Simoes, M. 2002. *Elementos fundamentais de tafonomia*. Universidade Federal do Rio Grande do sul. Brasil.

- Huchzermeyer, F.W. 2003. Crocodiles: biology, husbandry and diseases. Oxford. *CABI Publishing*.
- Hughes, F.J. y J.E. Aubin. 1998. Culture of cells of the osteoblast lineage. Pp. 1-49 En: *Methods in bone biology* (eds. Arnett, T.R. y Henderson, B.). Chapman and Hall. London.
- Jacobsen, A.R. 1998. Feeding behavior of carnivorous dinosaurs as determined by tooth marks on dinosaur bones. *Historical Biology*. 23: 17-26.
- Janensch, V.W. 1926. Dinosaurier-Reste aus Mexiko. *Centralblatt für Mineralogie. Geologie und Paläontologie*. 192-197.
- Kardong, K.V. 2011. Vertebrates, comparative anatomy, function, evolution. Sixth edition. New York. *McGraw-Hill*.
- Kirkland, J.I., R. Hernández-Rivera, M.C. Aguillón-Martínez, C.R. Delgado de Jesús, R. Gómez-Nuñez y I. Vallejo. 2000. The Late Cretaceous Difunta Group of the Parras basin, Coahuila, Mexico, and its vertebrate fauna. *Field Trip Guide, Society of Vertebrate Paleontology Annual Meeting*. 133-172.
- Kirkland, J.I., R. Hernández-Rivera, T. Gates, G.S. Paul, S. Nesbitt, C.I. Serrano-Barñas y J.P. García-de la Garza. 2006. Large Hadrosaurine Dinosaurs from the Latest Campanian of Coahuila, Mexico. *Late Cretaceous Vertebrates from Western Interior New Mexico. Museum of Natural History and Sciences Bulletin*. 35: 299-315.
- Klein, N. y P.M. Sanders. 2007. Bone histology and growth of the prosauropod dinosaur *Plateosaurus engelhardti* Von Meyer, 1837 from the Norian bonebeds of Trossingen (Germany) and Frick (Switzerland). The Paleontological Association. Special Paper in Paleontology 77.
- Kompanje, E.J.O. 1995. Differences between spondylo-osteomyelitis and spondylosis deformans in small odontocetes based on museum material. *Aquatic Mammals*. 21:199-203.
- Kompanje, E.J.O. 1999. Considerations on the comparative pathology of the vertebrae in Mysticeti and Odontoceti; evidence for the occurrence of discarthrosis, zygarthrosis, infectious spondylitis and spondyloarthritis. *Zoological Medical. Leiden*. 73:99-130.
- Lacout, A., B. Rousselin y J.P. Pelage. 2008. CT and MRI of spine and sacroiliac involvement in spondyloarthropathy. *American J. Roentgen*. 191: 1016-1023 doi:10.2214/AJR.07.3446
- Levine, B.D., K. Motamedi, K. Chow, R.H. Gold y L.L. Seeger. 2009. CT of rib lesions. *American J. Roentgen*. 193: 5-13 doi:10.2214/AJR.08.1216
- Liedert, A., D. Kaspar, R. Blakytyn, L. Claes y A. Ignatius. 2006. Signal transduction pathways involved in mechanotransduction in bone cells. *Biochemical and Biophysical Research Communication*. 349: 1-5 doi: 10.1016/j.bbrc.2006.07.214
- Loewen, M.A., S.D. Sampson, E.K. Lund, A.A. Farke, M.C. Aguillón-Martínez, C.A. de Leon, R.A. Rodríguez-de la Rosa, M.A. Getty y D.A. Eberth. 2010. Horned Dinosaurs (Ornithischia: Ceratopsidae) from the Upper Cretaceous (Campanian) Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. Pp. 99-114, En: *New Perspectives on Horned Dinosaurs: The Royal Tyrrell Museum Ceratopsian Symposium* (eds. Ryan, M.J., Chinnery-Allgeier, B.J. and Eberth, D.A.). Indiana University Press.

- Longrich, N.R. y M.J. Ryan. 2010. Mammalian tooth marks on the bones of dinosaurs and other late Cretaceous vertebrates. *Paleontology*. 53: 703-709.
- López, M.B. 2003. Patología tumoral ósea. Pp. 249-252 En: *Paleopatología: la enfermedad no escrita* (eds. Llorens, A.I. y Morera, A.M.). Masson. Barcelona, España.
- Lovell, C.N. 1997. Trauma analysis in paleopathology. *Yearbook of Physical Anthropology*. 40:139-170.
- Lü, J., Y. Kobayashi, Y-N. Lee y Q. Yi. 2006. A new Psittacosaurus (Dinosauria: Ceratopsia) specimen from the Yixian Formation of western Liaoning, China: the first pathological psittacosaurid. *Cretaceous Research*. XX:1-5, doi:10.1016/j.cretres.2006.08.005.
- Lucas, S.G. 2007. Dinosaurios un libro de texto. Quinta edición. Barcelona, España. *Omega*.
- Lucas, S.G., y C.M. González-León. 1996. Dinosaurios del Cretácico Tardío del Grupo Cabullona, Sonora. *Geología del Noroeste*. 1: 20–25.
- Lucas, S.G., J.A. Spielman, J.I. Kirkland, J.R. Foster y R.M. Sullivan. 2006. A juvenile Hadrosaurine from the Middle Campanian (Late Cretaceous) interval of the Mancos Shale, Western Colorado. *New Mexico of Natural History and Science Bulletin*. 35: 281-292.
- Mallison, H. 2011. Defense capabilities of *Kentrosaurus aethiopicus* Hennig, 1915. *Paleontología Electronica*. 14: 10A:25p.
- Martill, D.M. 1991. Bones as stones: the contribution of vertebrate remains to the lithologic record. Pp: 270-292 En: *The processes of fossilization* (ed. Donovan, S.K.). Columbia University Press. New York.
- Martínez-Díaz, J.L. 2011. El registro fósil de anquilosaurios (Tyreophora-Ankylosauria) del Cretácico Superior de México. *Tesis de Licenciatura (Biólogo)* UNAM, Facultad de Ciencias. 49 pp.
- Maxie, M.G. 2007. Jubb, Kennedy and Palmer's Pathology of domestic animals. Fifth edition. EUA. *Elsevier Health Sciences*.
- Molnar, R.E. 1974. A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California (Mexico). *Journal of Paleontology*. 48: 1009-1017.
- Molnar, R.E. 2001. Theropod paleopathology: a literature survey. Pp: 337-363 En: *Mesozoic vertebrate life: new research inspired by the paleontology of Phillip J. Currie* (eds. Tanke, D.H. y Carpenter, K.). Indiana University Press. Bloomington.
- Montaño, M.I., R. Hernández-Rivera y M. Montellano-Ballesteros. 2009. Hadrosaurios kritosaurinos del Cretácico Tardío de Coahuila y Chihuahua, México. *XI Congreso Nacional de Paleontología*. Centro de Geociencias. Campus UNAM. Juriquilla, Querétaro. Resumen: 47.
- Montellano-Ballesteros, M. 2003. A titanosaurid sauropod from the Upper Cretaceous of Chihuahua, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 20: 160-164.
- Moodie, R.L. 1916. Two caudal vertebrae of a sauropodous dinosaur exhibiting a pathological lesion. *American Journal of Science*. 41: 530-531.
- Moodie, R.L. 1923a. Paleopathology-An introduction to the study of ancient evidences of disease. Urbana. *University of Illinois Press*.

- Moodie, R.L. 1923b. The antiquity of disease. Chicago: *University of Chicago Press*.
- Moodie, R.L. 1926. Excess callus following the fracture of the fore foot in a Cretaceous dinosaur. *Annals of Medical History*. 8: 73-77.
- Moodie, R.L. 1930a. The dinosaurs of Wyoming. *The Wyoming Geological Survey, Bulletin XXII*: 1-118.
- Moodie, R.L. 1930b. Studies in paleopathology-dental abscesses in a dinosaur million of years old, and the oldest yet known. *Pacific Dental Gazette*. 38: 435-440.
- Morris, W.J. 1981. A new species of Hadrosaurian dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California-*Lambeosaurus laticaudus*? *Journal of Paleontology*. 55(2): 453-462.
- Murray, G.E., D.R. Boyd, J.A. Wolleben and J.A. Wilson. 1960. Late Cretaceous fossil locality, Eastern Parras Basin, Coahuila, Mexico. *Journal of Paleontology*. 34:368-373.
- Noto, C.R., D.J. Main y S.K. Drumheller. 2012. Feeding trace and paleobiology of a Cretaceous (Cenomanian) crocodyliform: example from the Woodbine Formation of Texas. *Palaios*. 27:105-115.
- Onur, Ö., A. Sivri, F. Gümrürk and C. Altay. 1999. Beta thalassaemia: a report of 20 children. *Clinical Rheumatology*. 18: 42-44.
- Ostrom, J.H. 1963. *Parasaurolophus crytocristatus*, a crested hadrosaurian dinosaur from New Mexico. *Fieldiana: Geology*. 14:143-168.
- Perumal, V. y C.S. Roberts. 2007. (ii) Factors contributing to non-union of fractures. *Current Orthopaedics*. 21:258-261.
- Peterson, J.E. y C.P. Vittore. 2012. Cranial pathologies in a specimen of *Pachycephalosaurus*. *PLoS ONE*. 7:e36227.
- Pewkliang, B., A. Pring y J. Brugger. 2008. The formation of precious opal: clues from the opalization of bone. *The Canadian Mineralogist*. 46: 139-149.
- Prieto-Márquez, A., L.M. Chiappe y S.H. Joshi. 2012. The lambeosaurine dinosaur *Magnapaulia laticaudus* from the Late Cretaceous of Baja California, Northwestern Mexico. *PLoS One* 7:e38207. Doi:10.1371/journal.pone.0038207.
- Prothero, D.R. y Scwab, F. 2004. *Sedimentary geology: an introduction to sedimentary rocks and stratigraphy*. Second edition. W.H. Freeman and Company. New York.
- Ramírez-Velasco, A.A. 2009. Descripción de los dinosaurios de la Barranca de los Bonetes (Tuzantla, Michoacán) Cretácico Tardío (Coniaciano-Santoniano) y reporte de paleopatologías. *Tesis de Licenciatura (Biólogo)* UNAM, Facultad de Ciencias. 174 pp.
- Ramírez-Velasco, A.A., M. Benammi, A. Prieto-Márquez, J. Alvarado-Ortega y R. Hernández-Rivera. 2012. *Huehuecanauhtlus tiquichensis*, a new hadrosauroid dinosaur (Ornithischia: Ornithopoda) from the Santonian (Late Cretaceous) of Michoacán, Mexico. *Canadian Journal of Earth Science*. 49:1-18.
- Ray, R.D. 1976. Circulation and bone Pp. 385-402 En: *The biochemistry and physiology of bone*. Second edition (ed. Bourne, G.H.). New York: Academic Press.

- Rega, E. 2012. Disease in dinosaurs. Pp: 666-711 En: *The complete dinosaur. Second edition* (eds. Brett-Surman, M.K., Holtz, Jr, T.R. and Farlow, J.O.). Indiana University Press. Bloomington.
- Reid, R.E.H. 2012. "Intermediate" dinosaurs: the case updated. Pp: 873-921 En: *The complete dinosaur. Second edition* (eds. Brett-Surman, M.K., Holtz, Jr, T.R. and Farlow, J.O.). Indiana University Press. Bloomington.
- Ricqlès, A.J. 2007. ¿Cómo crecían los dinosaurios? Pp. 41-66 En: *Los dinosaurios en el siglo XXI* (eds. Barrett, P.M., Canudo, J.I., Coria, R.A., Chiappe, L.M., Galobart, A., Moratalla, J.J., Pereda, X., Ricqlès, A.J., Royo-Torres, R., Sanz, J.L., Weishampel, D.B. y Zhou, Z.). Tusquets editores. Barcelona.
- Rieke C.C. 2008. Symptoms of imbalance associated with cervical pathology. *Independent Studies and Capstones*. 293. Program of Audiology and Communication Science, Washington University School of Medicine.
- Rivera-Sylva, H.E. y B. Espinoza-Chávez. 2006. Ankylosaurid (dinosauria: tyreophora) osteoderms from the upper Cretaceous Cerro del Pueblo Formation of Coahuila, Mexico. *Carnets de Géologie/Notebook of Geology*. Letter: 1-5 (CG2006_L02).
- Rivera-Sylva, H.E., K. Carpenter y F.J. Aranda-Manteca. 2011. Late Cretaceous nodosaurids (ankylosauria: ornithischia) from Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 28: 271-278.
- Rivera-Sylva, H.E., J.R. Guzmán-Gutiérrez, F.J. Palomino-Sánchez, J. López-Espinosa y I. De La Peña-Oviedo. 2007. New vertebrate fossil localities from the Late Cretaceous of Northern Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 27(3 supplement): 135A.
- Roberts, E.M., R.R. Rogers y B.Z. Foreman, 2007. Continental insect borings in dinosaur bone: example from the Late Cretaceous of Madagascar and Utah. *Journal of Paleontology*. 81: 201-208.
- Rodriguez, Z.L. 2003. Algunos aspectos sobre la antropología física mexicana en la postrimetrías del siglo XX. Pp. 119-144, en: *Antropología física disciplina plural* (ed. Lory, J.M. y Cruchaga, X.L.). Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F.
- Romo de Vivar, M.P.R. 2011. Microvertebrados Cretácicos Tardíos del área del El Rosario, Baja California, México. *Tesis de Licenciatura (Biólogo)* UNAM, Facultad de Ciencias. 146 pp.
- Rosenberg, A. 2000. Sistema esquelético y patología tumoral de los tejidos blandos. Pp 1259-1313 En: *Robbins Patología estructural y funcional, sexta edición* (eds. Cotran, R.S., Kumar, V. y Collins, T.). McGraw-Hill. Colombia, Bogotá.
- Rothschild, B.M. 1997. Dinosaurian paleopathology. Pp: 426-448 En: *The complete dinosaurs* (eds. Farlow, J.O. y Brett-Surman, M.K.). Indiana University Press.
- Rothschild, B.M. 2009. Scientifically rigorous reptile and amphibian osseous pathology: lesson for forensic herpetology from comparative and paleopathology. *Applied Herpetology*. 6: 47-79.
- Rothschild, B.M. 2010. Macroscopic recognition of nontraumatic osseous pathology in the postcranial skeleton of crocodylians and lizards. *Journal of Herpetology*. 44: 13-20.

- Rothschild, B.M. y L.D. Martin. 1993. Paleopathology-Disease in the fossil record. Boca Raton, Florida: *CRC Press*.
- Rothschild, B.M. y L.D. Martin. 2006. Skeletal Impact of disease. *New Mexico Museum of Natural History Boletín* 18.
- Rothschild, B.M. y R.K. Panza. 2005. Epidemiologic assessment of trauma-independent skeletal pathology in non-passerine birds from museum collections. *Avian Pathology*. 34: 212-219.
- Rothschild B.M. y D.H. Tanke. 2007. Osteochondrosis in Late Cretaceous hadrosauria: a manifestation of ontologic failure. Pp: 171-183 En: *Horns and beaks: ceratopsian and ornithomimid dinosaurs* (ed. Carpenter, K.). Indiana University Press. Bloomington.
- Rothschild, B.M., Z. Xiaoting y L.D. Martin. 2012. Osteoarthritis in the early avian radiation: Earliest recognition of the disease in birds. *Cretaceous Research*. XXX: 1-3, doi:10.1016/j.cretres.2011.12.008.
- Rothschild B.M., D.H. Tanke, M. Helbling y L.D. Martin. 2003. Epidemiologic study of tumors in dinosaurs. *Naturwissenschaften*. 90: 495-500. DOI: 10.1007/s00114-003-0473-9
- Ruffer, M.A. 1913. On pathological lesions found in coptic bodies. *Journal of Pathology and Bacteriology*. 18:149-162.
- Ruffer, M.A. 1921. Studies in the Paleopathology of Egypt. Chicago: *University of Chicago Press*.
- San Andrés, M.D. y M.M. Hernández. 1992. Tema 2: lesiones óseas agresivas y no agresivas Pp: 13-27, en: *Radiología veterinaria: pequeños animales* (eds. H.M. Martínez, L.M.I. San Andrés, F.P. García, L.D. San Andrés y P.P. Lloréns, P.P.). Interamericana McGraw Hill. España.
- Sanz, J.L. 2007. ¿Qué son los dinosaurios a comienzos del siglo XXI? Pp: 13-40, en *Los Dinosaurios en el siglo XXI* (eds. P.M. Barrett, J.I. Canudo, R.A. Coria, L.M. Chiappe, A. Galobart, J.J. Moratalla, X. Pereda, A.J. Ricqlés, R. Royo-Torres, J.L. Sanz y D.B. Weishampel). Metatemas. España.
- Schwartz, M.S. y D.M. Crockett. 1990. Management of a Large Frontoethmoid Osteoma with Sinus Cranialization and Cranial Bone Graft Reconstruction. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. 20: 63-72.
- Seilacher, A., 1976. Sonderforschungsbereich 53, `Palökologie`: Arbeitsbericht 1970-1975, *Zentralblatt für Geologie und Mineralogie*, II, 1976: 203-494.
- Serrano-Brañas, C. I. 2006. Descripción de los Dinosaurios pertenecientes a la familia Hadrosauridae del Cretácico Superior de Coahuila, México. *Tesis de Maestría en Ciencias* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 173 pp.
- Shipmann, P. 1993. Life history of a fossil: an introduction to taphonomy and paleoecology. *Harvard University Press*.
- Shufeldt, R.W. 1893. Notes on paleopathology. *Popular Science Monthly*. 42:679-684.
- Skerry, T.M. 1998. Models for mechanical loading of bone and bone cells *in vivo* and *in vitro*. Pp: 149-176 En: *Methods in bone biology* (eds. Arnett, T.R. and Henderson, B.). Chapman and Hall. England.

- Straight, W.H., L.G. Davis, C.W. Skinner, A. Haims, B.L. McClennan y D.H. Tanke. 2009. Bone lesions in hadrosaurs: computed tomographic imaging as a guide for paleohistological and stable-isotopic analysis. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 29: 315-325.
- Swinton, W.E. 1981. Sir Marc Armand Ruffer: one of the first paleopathologists. *CMA Journal*. 124: 1388-1392.
- Tanke, D.H. y A.A. Farke. 2007. Bone resorption, bone lesions and extra cranial fenestrae in ceratopsid dinosaurs: a preliminary assessment. Pp: 319-347 En: *Horns and beaks: ceratopsian and ornithopod dinosaurs* (ed. Carpenter, K.). Indiana University Press. Bloomington.
- Tanke, D.H. y B.M. Rothschild. 2002. Dinosaurios: un anotado bibliografía de dinosaur paleopatología y temas relacionados- 1838-2001. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*. 20: 1-96.
- Tanke, D.H. y B.M. Rothschild. 2010. Paleopatologías en Alberta ceratopsidos y su importancia conductiva. Pp: 355-384 En: *New Perspectives on Horned Dinosaurs: The Royal Tyrrell Museum Ceratopsian Symposium* (eds. Ryan, M.J., Chinnery-Allgeier, B.J. y Eberth, D.A.). Indiana University Press.
- Tanke, D.H. y B.M. Rothschild. 2011. Osteopatía en hadrosauridae de Alberta, Canadá. *Hadrosaur Symposium*. Royal Tyrrell Museum. Drumheller, Alberta, Canadá. Abstract volumen: 145-147.
- Terio, K.A. 2004. Respuestas inflamatorias comparativas de vertebrados no mamíferos: Robbins y Contran para las aves. 55th Annual Meeting of the American College of Veterinary Pathologists and 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology, Middleton, WI, *International Veterinary Information Service*.
- Tew, K., S. Constantine y W.Y.C. Lew. 2011. Hemiaangioma óseo intramedular de la costilla que imita un tumor agresivo de la pared torácica. *Diagnostic and International Radiology* 17: 118-121.
- Thompson K. 2007. Huesos y articulaciones Pp: 1-280 En: *Jubb, Kennedy and Palmer's Pathology of domestic animals. Fifth edition*. (ed. Maxie, M.G.). USA. Elsevier Saunders.
- Thompson, K.G. y R.R. Pool. 2002. Tumores de huesos Pp: 245-318 En: *Tumors in domestic animals. Fourth edition* (ed. Meuten, D.J.). Iowa State Press a Blackwell Publishing Company. USA.
- Torres-Rodríguez, E., M. Montellano-Ballesteros, R. Hernández-Rivera y M. Benammi. 2010. Dientes de terópodos del Cretácico Superior del Estado de Coahuila, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 27: 72-83.
- Trigo, T.F.J. 2011. Aparato cardiovascular. Pp: 1-29 En: *Patología Sistémica Veterinaria. Quinta edición* (ed. Trigo, T.F.J.). McGraw-Hill. México.
- Tsuihiji, T. 2004. El sistema ligamentoso en el cuello de *Rhea Americana* y su implicación para la espina neural bifurcada de dinosaurios saurópodos. *Journal of Vertebrate Paleontology* 24: 165-172.
- Vainionpää, A. 2007. Adaptación ósea a la carga de impacto: importancia de la intensidad de la carga. *Thesis*. Facultad de Medicina de la Universidad de Oulu. Departamento de Fisiología. 114 pp.

- Vallés-Arjonen, A., B. Tejera-Segura y R. Pérez-Andrés, 2010. Los “fitos” de la columna. *Seminarios de la Fundación Española de Reumatología*. 11: 43-48.
- West, D.L. y S.T. Hasiotis. 2007. Trace fossils in archaeological context: examples from bison skeletons, Texas, USA. Pp. 545-561 en: *Trace fossils concepts, problems and prospects* (ed. Miller, W. III). Elsevier. Netherlands.
- Westgate, J. W., J. Pittman, P.B. Brown, y D. Cope. 2002. Continued excavation of the first dinosaur community from Chihuahua, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 22(Suppl.): 118A.
- Witzmann, F., P. Asbach, K. Remes, O. Hampe, A. Hilger y A. Paulke. 2008. Vertebral pathology in a ornithopod dinosaur: a hemivertebra in *Dysalotosaurus lettowvorbecki* from the Jurassic of Tanzania. *The Anatomical Record*. 291: 1149-1155.
- Witzmann, F., K.M. Claeson, O. Hampe, F. Wieder, A. Hilger, I. Manke, M. Niederhagen, B.M. Rothschild y P. Asbach. 2011. Paget disease of bone in a Jurassic dinosaur. *Current Biology* 21: 17 R648.
- Wolff, E.D.S. 2007. Oral pathology of the Archosauria bony abnormalities and phylogenetic inference. *Thesis*. Montana State University. Earth Science. 312 pp.
- Wolff, E.D.S., Sailsbury, S.W., Horner, J.R. y Varricchio, D.J. 2009. Common avian infection plagued the tyrant dinosaurs. *PLoS One*. 4: e77288. DOI:10.1371/journal.pone.0077288.
- Xing, L.D., H. Dong, G.Z. Peng, C.K. Shu, X.D. Hu y H.A. Jiang. 2009. A scapular fracture in *Yangchuanosaurus hepingensis* (Dinosauria: Theropoda). *Geological Bulletin of China*. 28: 1390-1395.
- Zanno, L.E., D.J. Varricchio, P.M. O’Connor, A.L. Titus y M.J. Knell. 2011. A new troodontid Theropod, *Talos sampsoni* gen. et sp. nov., from the Upper Cretaceous Western Interior Basin of North America. *PLoS One* 6: e24487. DOI:10.1371/journal.pone.0024487.

XI. ANEXOS.

Cuadro 11.1. Lista de fósiles de dinosaurios revisados de la Colección Nacional de Paleontología (IGM) del Instituto de Geología, UNAM.

Taxa	Colección	Localidad	Municipio y estado	Formación	Hueso	No. Total
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	9
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	18
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	12
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	9
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	18
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos y costillas	14
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	8
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	5
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	11
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	47
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	16
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	46
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	8
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	14
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos con bioerosión	35
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos deformado	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos con bioerosión	6
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	9
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	37

Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	17
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	13
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	15
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	13
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	8
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	16
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	8
Theropoda	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	15
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero de neonato	21
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario de neonato	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	7
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	18
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	6
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	5
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	11
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	6
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	7
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos y metatarso	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	6

Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero y fragmentos	2
Ankylosauria	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Escápula	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértabras	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fíbula	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	27
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	6
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fémur distal	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas I (IGM 307)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos.	6
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Vértabras caudales	9
Ankylosauria	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Metatarso	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Vértabra caudal	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	huesos largos	6
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos.	9
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos y ulna	9
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	4

Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos de hueso largo	6
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	6
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Vértebras	5
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Vértebra (G.P.Salas)	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	5
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Vértebra cervical y fragmento hueso largo	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Fragmentos	4
Dinosauria	IGM	Cañon del Oso (IGM 308)	Saltillo, Coahuila	Olmos	Vértebra anómala	2
Hadrosauridae	IGM	Tanque (IGM 309)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Tanque (IGM 309)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	3
Hadrosauridae	IGM	Tanque (IGM 309)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1

Hadrosauridae	IGM	Hedionda (IGM 310)	Saltillo, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Hadrosauridae	IGM	Hedionda (IGM 310)	Saltillo, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	3
Hadrosauridae	IGM	Hedionda (IGM 310)	Saltillo, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Hedionda (IGM 310)	Saltillo, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	La Rosa (IGM 311)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales	5
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	14
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	27
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	30
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	10
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos (junto con impresiones de piel)	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos (junto con impresiones de piel)	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	6
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero proximal	9
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	14
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales y torácicas	9
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	15
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	34
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	23
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	13
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos espina neural	30
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	6

Coahuila						
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	13
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Radio y fragmentos	10
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de huesos largos con impresiones de piel	7
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	6
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	8
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos largos	7
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Unguales	8
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarso y hueso largo	8
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	15
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	17
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Radio	8
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	13
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Maxilares, hueso largo, vértebras caudales	34
Theropoda	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de dientes y un hueso largo	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	9
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	26
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla con fractura tafonómica	21
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Ceratopsidae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metacarpo rugoso	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	10

Coahuila						
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	5
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero gigante	2
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Ulna proximal	11
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	26
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	16
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibia distal	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Hueso largo	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Hueso largo	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Radio con impresiones de piel	9
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	24
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales y radios	5
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales y cervicales	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales y cervicales	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de mandíbula	16
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	33
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dos vértebras cervicales	3
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales	4
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	56
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	24
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	22

Coahuila						
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	29
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	10
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos asociados a impresiones de piel	42
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	26
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	24
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero proximal	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero cuerpo	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Cuerpo fíbula	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fíbula proximal	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento hueso largo	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento hueso largo	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibia distal	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibia distal	1
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales	7
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales	11
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	65
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	98
Hadrosauridae	IGM	Rojas II (IGM 312)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	23
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Vértebra caudal	1
Theropoda	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Un diente	1
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	7
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	12
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	24
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	6
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	27

Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Huesos largos	3
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Vértebras	2
Hadrosauridae	IGM	Palau (IGM 313)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Hueso largo	1
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	3
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fémur distal	1
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	29
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	20
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	6
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos y proceso transversal deformado	31
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	6
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	1
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	4
Theropoda	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos de dientes	3
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	18
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Polvorín (IGM 314)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Fragmentos	6
Hadrosauridae	IGM	Cruce de Caminos (IGM 318)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	9
Hadrosauridae	IGM	Cruce de Caminos (IGM 318)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	3
Hadrosauridae	IGM	Cruce de Caminos (IGM 318)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	8
Ceratopsidae	IGM	Lomas del Aire (IGM 319)	General Cepeda, Coahuila	San Miguel	Vértebra caudal	1
Ceratopsidae	IGM	Nueva Rosita (IGM 1420)	Sabinas, Coahuila	Olmos	Huesos planos (¿craneales?)	1
Dinosaurio	IGM	Dinosaurio Armado (IGM 2408)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Ankylosauria	IGM	Dinosaurio Armado (IGM 2408)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	¿Osteodermos?	2
Ankylosauria	IGM	Dinosaurio Armado (IGM 2408)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de fémur	4
Sauropoda	IGM	Dinosaurio Armado (IGM 2408)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero y fragmentos	2
Hadrosauridae	IGM	Dinosaurio Armado	Parras de la Fuente,	Cerro del Pueblo	Vértebra torácica y caudal	10

		(IGM 2408)	Coahuila			
Hadrosauridae	IGM	Dinosaurio Armado (IGM 2408)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Troodontidae	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange (IGM 7710)	1
Theropoda	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange (IGM 7711)	1
Theropoda	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange (IGM 7712)	1
Theropoda	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange (IGM 7713)	1
Theropoda	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal (IGM 7714)	1
Dromaeosauridae	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange (IGM 7715)	1
Dromaeosauridae	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange (IGM 7716)	1
Hadrosauridae	IGM	Pelillal	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Diente (IGM 7709)	1
Tyrannosauridae	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Diente (IGM 4301)	1
Tyrannosauridae	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Diente (IGM 4302)	1
Tyrannosauridae	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Diente (IGM 4303)	1
Tyrannosauridae	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Diente (IGM 4304)	1
<i>Labocania anómala</i>	IGM	Arroyo del Rosario	Ensenada, Baja California	La Bocana Roja	Huesos craneales y varios huesos poscraneales	129
<i>Magnapaulia laticaudus</i>	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Vértebras torácicas (IGM 5844)	6
<i>Magnapaulia laticaudus</i>	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Húmero gigante y fíbula (IGM 5845)	2
<i>Magnapaulia laticaudus</i>	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Pubis derecho e izquierdo y un ilión	3
<i>Magnapaulia laticaudus</i>	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Isquión	1
<i>Magnapaulia laticaudus</i>	IGM	El Rosario	Ensenada, Baja California	El Gallo	Húmero pequeño	1
Titanosauridae	IGM	Altas	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebras (IGM 6080)	5
<i>Kritosaurus</i> sp.	IGM	Parras, Coah 1	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Parte rostral del cráneo y las mandíbulas (IGM 6685)	7
Hadrosauroidea	IGM	Barranca Los Bonetes	Tuzantla, Michoacán	Sin nombre	Tibia (IGM 8824)	1
<i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i>	IGM	Barranca Los	Tuzantla, Michoacán	Sin nombre	Un hueso craneal y varios poscraneales (IGM 6253)	62

Bonetes						
<i>Huehuecanauhtlus tiquichensis</i>	IGM	Barranca Los Bonetes	Tuzantla, Michoacán	Sin nombre	Fragmento de cervical y dentario (IGM 6254)	2
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Anizul	Ocampo, Coahuila	Aguja	Fragmentos	25
Ceratopsidae	IGM (Litoteca)	Dueto Miseria	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Dueto Miseria	Ocampo, Coahuila	Aguja	Tibia proximal	1
Titanosauridae	IGM (Litoteca)	Dueto Miseria	Ocampo, Coahuila	Aguja	Hueso largo	1
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Bengis Bar	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	vértebras sacras, caudales, escápula y fragmentos	25
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Álamos de Márquez	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebras caudales y húmero	10
Ceratopsidae	IGM (Litoteca)	Álamos de Márquez	Ocampo, Coahuila	Aguja	Fémur proximal	1
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Cri cri	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebra caudal y frag.	2
Ceratopsidae	IGM (Litoteca)	Cri cri	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Cuerno y frag.	2
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Icoteas	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebras cervicales, torácicas, metatarso, húmero	6
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Icoteas	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebras y huesos largos	6
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Icoteas	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Fragmentos.	23
Ceratopsidae	IGM (Litoteca)	Icoteas	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebra y dos falanges	3
Ceratopsidae	IGM (Litoteca)	Altares	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebra torácica	1
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	El Rebaje	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebra caudal gigante	1
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebra torácica	1
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebra torácica, metatarso y hueso largo	3
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebras y fragmentos	16
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	Falange, vértebra caudal y fragmentos	10
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebras, fragmento de dentario y fragmentos diversos	5
Hadrosauridae	IGM (Litoteca)	La Esperanza	Ocampo, Coahuila	Aguja	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	IGM (Laboratorio)	Anizul	Ocampo, Coahuila	Aguja	Metatarso	1
Hadrosauridae	IGM (Laboratorio)	Anizul	Ocampo, Coahuila	Aguja	Escápula	1
Hadrosauridae	IGM (Laboratorio)	Icoteas	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebra caudal deformada	1
Ceratopsidae	IGM (Laboratorio)	Altares	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Vértebra caudal	1
Nodosauridae	IGM (Laboratorio)	Altares	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Osteodermos	2

Nodosauridae	IGM (Laboratorio)	El Rebaje	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Osteodermos	2
Theropoda	IGM (Laboratorio)	El Rebaje	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Diente	1
Hadrosauridae	IGM (Laboratorio)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	Húmero	1
Ceratopsidae	IGM (Laboratorio)	Las Garzas	Ocampo, Coahuila	Aguja	Fémur	1
Ornithomimidae	IGM (Laboratorio)	Fronteras	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Falange	1
Nodosauridae	IGM (Laboratorio)	La Parrita	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Osteodermos	5
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	El Mezquite	Sabinas, Coahuila	Olmos	Endocráneo y maxilar (PASAC-1)	2
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	M6-03, Cerro de los Dinosaurios	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibia	1
Ceratopsidae	IGM (Museo de Geología)	M6-04, Cerro de los Dinosaurios	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fémur	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	M6-06, Cerro de los Dinosaurios	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	M6-27, Cerro de los Dinosaurios	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	178
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra torácicas, caudales, espinas, chevrones, maxilares, metatarsos, falanges, astrágalo y huesos del ilión	19
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Extremidades anteriores y posteriores, vértebras cervicales, torácicas y caudales	39
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	21
Ceratopsidae	IGM (Museo de Geología)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Escamoso (parte de la gola)	2
Titanosauridae	IGM (Museo de Geología)	Pico de Pato	Manuel Benavides, Chihuahua	Aguja	Fragmentos de fémur	145
Ceratopsidae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Sacro, fragmentos de fémures y ulna	4
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario, metatarsos, fíbula, fémur	6
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario	1

Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibias (IGM-74)	2
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de un fémur	1
<i>Latirhinus uistlani</i>	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales (SPA-88-9)	2
<i>Latirhinus uistlani</i>	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra, huesos cintura pélvica y escapular (IGM 6583, Isauria)	322
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Maxilar (Coah 14 3/2)	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de maxilar (Coah 14 3/3)	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Rincón Colorado (Coah 20)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra torácicas, fragmento de húmero, metatarsos y falange	13
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Rincón Colorado (Coah 20)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de húmeros y fíbulas	12
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Rincón Colorado (Coah 20)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla, fragmentos de huesos largos y ulna	63
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Snake y las Torres	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales, torácicas y una pedal	4
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	16
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	17
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	5
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Hueso largo, vértebra sacras, torácicas y caudales y espinas neurales torácicas	23
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de vértebra caudal	3
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal, arco neural, costillas y fragmentos de huesos largos	11
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de tendones osificados	28
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas.	84
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos, escápula,	13

	de Geología)	los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	Cepeda, Coahuila	Pueblo	epífisis, fragmentos de vértebras, fragmentos de dentario y diversos fragmentos	
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas, huesos planos y de metatarsos	56
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Ulna, metatarsos y falanges	6
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	12
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de húmero	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	12
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	7
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	7
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de huesos planos	12
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas.	37
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	8
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange, tibia distal izquierda y tibia distal derecha	3
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	13
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudal	1

	Geología)	Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	Coahuila			
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de húmero	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de tibia derecha, radio distal, costilla, vértebra caudal	4
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	14
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	21
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	9
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de huesos largos	20
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de húmero y falange	2
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de huesos largos	14
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	22
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas y huesos largos	12
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	5
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	12

(Coah 1, cantera 2)						
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	189
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal y procesos transversos	7
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de espinas neurales y costillas	153
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	14
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos, falanges de extremidad anterior y posterior	6
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	79
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra, proceso espinoso y postcigapófisis de cervical	3
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Cerro de los Dinosaurios (Coah 1, cantera 2)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	No. 307	Coahuila	Cerro del Pueblo	Ungual pedal	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	No. 29	Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de hueso largo	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales y torácicas	4
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Hueso raro	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Ungual pedal	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	18
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos, costillas y procesos espinosos, vértebras y fragmento de tibia	5
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	10
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras, proceso transverso, diáfisis y epífisis fémur y fíbulas derechas e izquierdas	6
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de vértebras caudales, torácicas, huesos largos y diversos fragmentos	38
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal, sacro y hueso plano	3
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	14

Geología)						
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra torácica, caudal y coracoide	3
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	5
Ankylosauria	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Hueso plano ¿pélvico?	1
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras, fragmento de húmero, costillas, arco neural, procesos espinosos	6
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	15
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Hueso largo, metatarso, vértebra caudal, cuerpos vertebrales	5
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	13
Hadrosauridae	IGM (Museo de Geología)	Presa San Antonio (Coah 14)	Parras de la Fuente, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de huesos largos y vértebras	7
TOTAL						4474

Cuadro 11.2. Lista de fósiles de dinosaurios revisados de las colecciones de la Estación Regional del Noroeste de Sonora (ERNO), del Instituto de Geología, UNAM. La columna en negro representan los ejemplares con patologías.

Taxa	Colección	Localidad	Municipio y estado	Formación	Hueso	No. Total
Hadrosauridae	ERNO	SON-30	Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebras caudales, chevrones y hueso plano	11
Hadrosauridae	ERNO	SON-30	Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebras caudales	5
Ornithomimidae	ERNO	SON-30	Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra caudal	1
Ceratopsidae	ERNO		Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra	1
Ornithomimidae	ERNO		Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	ERNO		Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra y fragmentos	2
Hadrosauridae	ERNO	SON-27	Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra caudal y espina neural	3
Ceratopsidae	ERNO	SON-14	Naco-Cananea, Sonora	Corral de Enmedio	Espina neural, falange y vértebra	4
Ceratopsidae	ERNO	SON-2-5	Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra	1
Hadrosauridae	ERNO	SON-2-5	Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Falange	1
Tyrannosauridae	ERNO	SON-11	Naco-Cananea, Sonora	Corral de Enmedio	Dientes	12
Ceratopsidae	ERNO		Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebras caudales	4
Hadrosauridae	ERNO		Naco-Cananea, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebras caudales	2
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Metatarso proximal y fragmentos diversos	5
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Húmero distal y fragmentos	5
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebras caudal, cóndilo de fémur y fragmentos diversos	4
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra torácica	1
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra caudal	1
Ceratopsidae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra caudal	1
Ceratopsidae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebras caudales y fragmentos	16
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Hueso plano	1
Ceratopsidae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra caudal y fragmentos	11
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra cervical	8
Hadrosauridae	Fronteras	"El Álamo"	Fronteras, Sonora	Grupo	Fragmentos	4

			Sonora	Cabullona		
Hadrosauridae	Fronteras	El Alamito	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Esqueleto axial, ilión, pubis e isquion	527
Ceratopsidae	Fronteras	El Alamito	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	Fronteras	Toscalar	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Húmero y fragmento de vértebra	2
Hadrosauridae	Fronteras	Agua de los Conejos	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Fragmentos	16
Hadrosauridae	Fronteras	Agua de los Conejos	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Tibia proximal, húmero y fragmentos diversos	6
Hadrosauridae	Fronteras	El Alamito	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Arco neural y fragmentos	3
Hadrosauridae	Fronteras	El Alamito	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Proceso transversal y fragmentos	4
Hadrosauridae	Fronteras	Puerto Viejo	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Fragmentos	17
Theropoda	Fronteras	Puerto Viejo	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Falange	1
Theropoda	Fronteras	El Alamito	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Metatarso	1
Ceratopsidae	Fronteras	El Alamito	Fronteras, Sonora	Grupo Cabullona	Fémur proximal	1
TOTAL						684

Cuadro 11.3. Lista de fósiles de dinosaurios revisados de las colecciones paleontológicas de Saltillo, Coahuila. Las columnas en negro representan los ejemplares con patologías.

Taxa	Colección	Localidad	Municipio y estado	Formación	Hueso	No. Total
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibia izquierda, costilla y fíbula	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra sacra	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de hueso largo y otros fragmentos	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Ulnas y escápula	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fíbula y radio	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Hueso largo y proceso espinoso	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos. costillas y tendones	60
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fíbula	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra cervical, costillas, isquion	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fémur	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costillas derechas	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fíbulas derechas e izquierda, ulna derecha e izquierda y radio	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Coah 1-1	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales, torácicas y falange	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Escápula, húmero derecho e izquierdo, vértebras caudales	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Los Pinos (Coh 18-8-1)	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Coracoide	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	19
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Costillas, metatarsos y fragmentos	17
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	CER-02-09	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras torácicas	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	22
Hadrosauridae	SEPC	La Parrita	General	Cerro del	Vértebras torácicas, caudales	9

	(MUDE)	(LP)	Cepeda, Coahuila	Pueblo	y fragmentos diversos	
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Ejido Puebla	Saltillo, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales, torácicas, sacras	13
Ceratopsidae	SEPC (MUDE)	Ejido Puebla	Saltillo, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarso	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal, metatarso y fragmentos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos, vértebra torácica y cervicales y coracoide	8
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero izquierdo	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra torácica y costilla	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange, costilla y fragmento de radio	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD-7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Costillas	11
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	El Carmen (Coah 18)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras, metatarsos, fragmentos de mandíbula, falange	69
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de costillas	46
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD, cantera 4)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos y dentario	59
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 3)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	18
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 3)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	8
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 3)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra, costilla y fragmentos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras cervicales, falanges y vértebra caudal	7
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Escápula	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 3)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges, vértebras caudales, costilla	19
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 3)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	52
Theropoda	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 3)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de fémur	1

Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	HB, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra torácica	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	La Parrita (LP)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibia, fibula, falange, vértebra torácica, fémur, metacarpos, metatarsos y fragmentos diversos	18
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	El Carmen (Coah 18)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	194
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	El Carmen (Coah 18)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario, vértebra caudal, falange y fragmentos	11
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 3)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange y fragmentos	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fíbulas y astrágalos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Espina neural y fragmentos	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	El Carmen (Coah 18)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Astrágalo	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Los Pinos	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Astrágalo	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de costilla e isquion	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	El Carmen (Coah 18)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértabras caudales y falanges	8
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	El Carmen (Coah 18)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	59
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	36
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Radio	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costillas, metatarsos y vértebra caudal	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal, proceso espinoso y metatarsos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos largos	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Cóndilos de fémur	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Bota isquiática	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarso y vértebra caudal	3

Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de dentario	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	13
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal y mandíbula	6
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla, metatarso, proceso espinoso y falange	13
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario y fragmentos de huesos largos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de dentario	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange, vértebras caudales y costillas	7
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costillas	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Ungual	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges, vértebras torácica, caudal, sacra y fragmentos	9
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	51
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de tibia	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales, torácica y fragmentos	17
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de húmero	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	19
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla y metatarso	5

Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	35
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	39
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudales	10
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos y chevrón	205
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	71
Theropoda	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Arco neural	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	6
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (René 1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	20
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarso, fragmento de ili6n, h6mero y huesos craneales	7
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Astr6galo, falanges y huesos irregulares	10
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	El Barril	Ramos Arizpe, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange y fragmentos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	14
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de f6mur y v6rtebra tor6cica	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (Coah-1, cantera 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	F6mur	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	FA, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	F6mur	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	FA, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	FA, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	FA, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de pubis	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	FA, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	22
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Valles de los Tirannos (RC-7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	22
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Valles de los Tirannos	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario	1

		(RC-7)	Coahuila			
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Valles de los Tirannos (RC-7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Valles de los Tirannos (RC-7)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerca del "Ceratopsian site" (RC-19)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Coracoide, vértebra torácica, cervical, hueso largo y metatarso	13
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerca del "Ceratopsian site" (RC-19)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerca del "Ceratopsian site" (RC-19)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-18)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario y falange	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-6)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange, metacarpos	9
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-6)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	10
Ceratopsidae?	SEPC (MUDE)	"Ceratopsian" (RC-20)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos o metacarpos	3
Ceratopsidae?	SEPC (MUDE)	"Ceratopsian" (RC-20)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos craneales	6
Ornithomimidae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-29)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-40)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-37)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de dentario	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-35)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-35)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-8)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario, vértebra caudal, falange y húmero	4
Theropoda	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-8)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal	1
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-8)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC cantera 5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Ilión, fémur, vértebras, metatarsos, tibia, ulna, húmero y fragmentos diversos	15
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios (CD-5)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges, vértebras caudales, sacras	13
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Sacro y proceso espinoso	4
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costillas	3
Hadrosauridae	SEPC	Rincón	General	Cerro del	Falange y proceso espinoso	2

	(MUDE)	Colorado	Cepeda, Coahuila	Pueblo		
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Tendones osificados y falanges	10
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario y falanges	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Costilla y falange	5
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-44)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras, costillas y falange	7
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras, falange, hueso largo y fragmentos	22
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	Rincón Colorado (RC-1)	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos de maxilar	2
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmento de dentario	9
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Dentario, arcos neurales y huesos largos	23
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	6
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales, metatarsos y fragmentos	23
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	FA, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal, dentario y fragmentos	167
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)	FA, Rincón Colorado	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra caudal, falange y fragmento	3
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	73
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange y fragmentos	27
Hadrosauridae	SEPC (MUDE)		Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	16
<i>Velafrons coahuilensis</i>	CPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios, cantera 7a	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos craneales y poscraneales (CPC-59)	118
<i>Velafrons coahuilensis</i>	CPC (MUDE)	Cerro de los Dinosaurios, cantera 7a	Coahuila	Cerro del Pueblo	Dientes (CPC-59)	62
<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i>	CPC (MUDE)	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos craneales (CPC-276)	23
<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i>	CPC (MUDE)	Porvenir de Jalpa	Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos diversos (PJC- 03)	27
Hadrosauridae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos craneales, postcraneales y fragmentos (BENC 18/1-0901)	1514
Hadrosauridae	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	Fíbula y tibia (BENC 1/1- 0001)	2
Hadrosauridae	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales (BENC 1/1-0006)	3
Hadrosauridae	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	Húmero frag, ungual, falanges y costilla (BENC 19/1-0001)	8
Hadrosauridae	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	Proceso espinoso (BENC 3/1-0001)	1
Hadrosauridae	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	Tibia derecha (BENC 1/1- 0011)	1
Hadrosauridae	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	Maxila y fragmento de dentario (BENC 1/1-007)	2

Hadrosauridae	BENC	El Palmar	Coahuila	Cerro del Pueblo	Escápula, unguales y astrágalo (BENC 1/1-0009)	3
Ornithomimidae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fémur (BENC 1/2-0081)	1
Ornithomimidae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges unguales (BENC 1/2-0066)	2
Ornithomimidae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges pedales (BENC 1/2-0068)	2
Ornithomimidae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales (BENC 1/2-0042 y BENC 1/2-0085)	2
Ornithomimidae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges (BENC 1/2-0070)	1
Ornithomimidae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebra torácica (BENC 1/2-0045)	1
Ankylosauridae	BENC	El Palmar	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Osteodermos (BENC 1/4-0001, 0002, 0003, 0004)	6
Hadrosauridae	INAH Saltillo	La Hedionda chica	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales, cervicales, falange, Tibia frag., ulna y fémur	44
Hadrosauridae	CLéon	Ejido Puebla	Saltillo, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales y sacras	9
Hadrosauridae	CLéon		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras cervicales, caudales, sacras y torácicas	14
<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i>	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras torácicas y caudales, ulna y frag tibia	20
<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i>	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Cuernos, vértebras cervicales	10
<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i>	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges y metatarsos	5
<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i>	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	91
<i>Coahuilaceratops magnacuerna</i>	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos largos	14
Hadrosauridae	CLéon		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras sacras	19
Hadrosauridae	CLéon		Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos y falanges	37
Hadrosauridae	CLéon		Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales, cervicales y torácicas	118
Ceratopsidae	CLéon		Coahuila	Cerro del Pueblo	Falange y vértebra	2
Theropoda	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras torácicas	1
Theropoda	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Vértebras caudales	6
Theropoda	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Metatarsos	11
Theropoda	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fémur	1
Theropoda	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Falanges	10
Theropoda	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Huesos largos, falanges y vértebras	49

Coahuila						
Theropoda	CLéon	Porvenir de Jalpa	General Cepeda, Coahuila	Cerro del Pueblo	Fragmentos	7
TOTAL						4288