

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

DESCRIPCIÓN DE DOS ESQUELETOS PARCIALES DE HADROSAURIDAE
(Dinosauria: Ornithischia) DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE LA REGIÓN DE
FRONTERAS, SONORA, MÉXICO



RUBÉN DUARTE BIGURRA

Hermosillo, Sonora

Junio 2013

Repositorio Institucional UNISON




"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

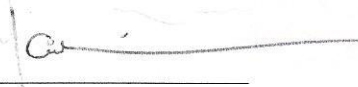
FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Rubén Duarte Bigurra, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en Recursos Naturales Terrestres.



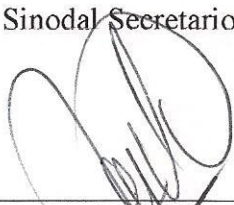
Dr. Carlos M. González León

Director de Tesis



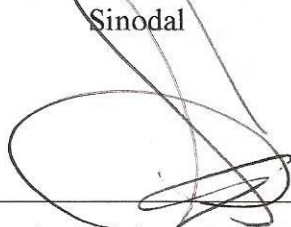
Dra. María Cristina Peñalba Garmendia

Sinodal Secretario



M.C. Francisco J. Grifalva Noriega

Sinodal



Ing. Rafael Pacheco Rodríguez

Suplente

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Francisco, mi padre, que siempre me apoyó en mis decisiones y a Yolanda, mi madre, que me sigue apoyando y ayudándome a ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, por el apoyo académico y profesional durante mis estudios de licenciatura.

Al M.C. **Rene Hernández Rivera** por todas sus enseñanzas y por aceptarme en su grupo de trabajo.

Al Ingeniero **Rafael Pacheco Rodríguez** por apoyo y amistad desde el inicio de este trabajo.

Al Dr. **Carlos González León** por haberme aceptado como su tesista y por todo su apoyo para que pudiera llevar a cabo este trabajo.

A la Dra. **María Cristina Peñalba Garmendia** por su disposición a ser parte de este comité de tesis y todas sus aportaciones para un mejor y más comprensible escrito.

Al M.C. **Francisco Grijalva Noriega** por sus aportaciones al trabajo de tesis y su disponibilidad para ser parte de mi comité.

Al Grupo México por su apoyo durante nuestra estancia en el municipio de Fronteras.

A **Tito** por toda su ayuda, tanto en el campo, como en el cuidado del material de estudio y el resto de los fósiles que hemos encontrado.

A **Ángel** y **Ricardo** por toda la ayuda, enseñanzas y apoyo recibido a lo largo de este trabajo.

Al Dr. **Robert McCord** y al Dr. **Thomas M. Lehman** sus aportaciones al presente trabajo.

A mi compañero **Cesar Hinojo Hinojo** por su ayuda en la descripción de la vegetación de Fronteras.

A todos mis profesores a lo largo de la carrera por compartir sus conocimientos en inspirarme para seguir queriendo saber más.

A todos biólogos con los que lleve clases y compartimos tiempo durante la carrera, por su amistad, ayuda y enseñanzas.

A mi hermano **Humberto** por tener la paciencia para escucharme explicar el tema y hacerlo más entendible.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
II.1. Generalidades de Hadrosauridae	4
II.2. Biogeografía de Hadrosauridae	6
II.3. Filogenia de la familia Hadrosauridae	10
II.4. La Familia Hadrosauridae en México	13
III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. OBJETIVO	20
IV.1. Objetivo General	20
IV.2. Objetivos Específicos	20
V. HIPÓTESIS	21
VI. METODOLOGÍA	22
VI.1. Sitio de Estudio	22
VI.2. Marco Geológico	26
VI.3. Prospección	28
VI.4. Limpieza del Terreno	30
VI.5. Boceto y Extracción	32
VI.7. Descripción	33
VII. RESULTADOS	38
VII.1. Individuo H1	38
VII.1.1. Columna vértebra I	40
VII.1.1.1. Vértebra cervical (H1-06)	40
VII.1.1.2. Vértebra cervical (H1-21)	40
VII.1.1.3. Vértebra cervical (H1-02)	41
VII.1.1.4. Vértebra torácica (H1-10)	43
VII.1.1.5. Vértebra torácica (H1-14)	43
VII.1.1.6. Vértebra torácica (H1-09)	43
VII.1.1.7. Centro de vértebra torácica (H1-13)	44
VII.1.1.8. Vértebra torácica (H1-12)	44

VII.1.1.9. Vértebra torácica (H1-35)	46
VII.1.1.10. Vértebra torácica (H1-01)	46
VII.1.1.11. Vértebra torácica (H1-11)	46
VII.1.1.12. Vértebra torácica (H1-37)	47
VII.1.1.14. Centro de vértebra torácica (H1-18)	49
VII.1.1.15. Centro de vértebra torácica (H1-16)	49
VII.1.1.16. Centro de vértebra torácica (H1-15)	51
VII.1.1.17. Centro de vértebra torácica (H1-17)	51
VII.1.1.18. Centro de vértebra torácica (H1-19)	51
VII.1.1.19. Espina neural (H1-28)	53
VII.1.1.20. Espina neural (H1-29)	53
VII.1.1.21. Espina neural (H1-30)	53
VII.1.1.22. Espina neural (H1-31)	53
VII.1.1.23. Espina neural (H1-32)	53
VII.1.1.24. Espina neural (H1-33)	53
VII.1.1.24. Espina neural (H1-34)	54
VII.1.1.24. Espina neural (H1-38)	54
VII.1.1.24. Espina neural (H1-39)	54
VII.1.1.2.6. Vértebra caudal (H1-04)	56
VII.1.2. Costillas	57
VII.1.2.1. Costilla torácica izquierda (H1-03)	57
VII.1.2.2. Costilla torácica izquierda (H1-22)	57
VII.1.2.3. Costilla torácica izquierda (H1-23)	58
VII.1.2.4. Costilla torácica derecha (H1-24)	58
VII.1.2.5. Costilla torácica derecha (H1-25)	58
VII.1.2.6. Costilla torácica derecha (H1-26)	58
VII.1.2.7. Conjunto de costillas torácicas (H1-27)	60
VII.1.3. Cintura pélvica y extremidades traseras	61
VII.1.3.1. Ilion (H1-05)	61
VII.1.3.2. Pubis (H1-07)	61
VII.1.3.4. Isquion (H1-08)	62
VII.2. Individuo H2	67

VII.2.1 Vértebra torácica (H2-01)	68
VII.2.2 Espina neural (H2-02)	69
VII.2.3 Espina neural (H2-03)	69
VII.2.4 Espina neural (H2-04)	69
VII.2.5 Espina neural (H2-05)	69
VII.2.6 Espina neural (H2-06)	69
VII.2.7 Diapófisis (H2-07)	69
VII.2.7 Costilla torácica (H2-08)	70
VIII. DISCUSIÓN	71
IX. CONCLUSIONES	73
X. LITERATURA CITADA	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Escala de tiempo geológico del Mesozoico con sus periodos, épocas, pisos y el tiempo de inicio de cada uno de ellos, en millones de años. Modificado de engineering.purdue.edu .	9
---------	--	---

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Árbol filogenético de Hadrosauridae, mostrando los diferentes clados de la familia, al igual que especies en clados superiores. Tomada de Prieto-Márquez, 2010b. 12
- Figura 2 Figura 3. Mapa de México mostrando los estados donde se han encontrado restos fósiles y huellas, al igual que el tipo de dinosaurio al que pertenecen los hallazgos. Modificado de Rubén Rodríguez-de la Rosa, 2007 15
- Figura 3 Algunos ejemplares recolectados durante el mes de noviembre de 2011, en el municipio de Fronteras, Sonora, México: humero izquierdo en vista lateral (A) y medial (B), ilion incompleto (C) y vertebra de ceratópsido (D), fósiles no asociados; húmero derecho de un hadrosaurio en vista lateral (E) y vista medial (F); vertebra de cocodrilo (G); dentario incompleto de animal indeterminado (H); varios fragmentos de madera petrificada (I); fragmentos de caparazón y humero de tortuga (J); y diversos moluscos de agua dulce como son almejas y gasterópodos (K). Identificación preliminar por René Hernández-Rivera (comunicación personal, noviembre de 2011). Fotografías de Rubén Duarte Bigurra. 16
- Figura 4 Diente de dinosaurio carnívoro encontrado en la Formación Corral de En medio, perteneciente al Grupo Cabullona (ejemplar ERNO-UNAM. 8027). Diente en vistas laterales (A y B), vista caudal (C) y craneal o rostral (D). Altura apical de (aa) 81.2 mm, se perdió la punta apical; altura de la corona (ac) 79.22 mm, se perdió la punta apical; largo de la corona (lc) 31.02 mm; ancho de la corona (ac) 18.75 mm. Presenta una proporción de la base en corte transversal ancha, coincidiendo con tiranosaurios o dromeosaurios grandes; Posee dentículos redondeados como en los tiranosaurios; 16/cm en su borde caudal apical y aumenta a 22/cm en la parte caudal, 15/cm en el borde rostral; 16-22/cm es típico para los tiranosaurios, pero no Tyrannosaurus. Cuenta con surcos 17

interdenticulares, presentes en los tiranosaurios. El perfil de la corona en vista rostra-caudal se flexiona muy poco como para ser de alosáurido o abelisáurido. La falta de una curvatura marcada en el bode rostral sugiere que no pertenece a los dromeosáuridos. Descripción por el Dr. Robert McCord, curador del Arizona Museum of Natural History (comunicación personal 2012). Fotografías de Rubén Duarte Bigurra.

- Figura 5 Reconstrucción paleogeográfica de México y posición de Sonora hace 75 millones de años (nótese que en ese tiempo la península de Baja California aún permanecía unida a la costa actual de Sonora). Los puntos negros representan asociaciones de *Kritosaurus-Parasaurolophus* en varios yacimientos de fósiles de la región. Corresponden a las formaciones Fruitland y Kirtland, Nuevo México (A), formación Fort Crittenden, Arizona (B), formación Ringbone, Nuevo México (C), Grupo Cabullona, Sonora (D) y formación San Carlos, Texas (E). Mapa de Ron Blakey (2011) basado en Lehman (2001). 18
- Figura 6 Mapa del área de estudio donde se muestra el poblado de Fronteras, los puntos H1 y H2 que representan los sitios del primer y segundo esqueleto, respectivamente. Mapa de INEGI. 24
- Figura 7 A) Panorámica de los afloramientos de las rocas del Grupo Cabullona al oriente de Fronteras, Sonora de donde se colectaron los ejemplares H1 y H2. La flecha indica la localización aproximada del sitio en detalle mostrado en B) de donde se encontró a H1. Fotografía de Dr. Carlos M. González León. 25
- Figura 8 Columna estratigráfica del área de estudio de Fronteras, Sonora (C. M. González León, comunicación personal, 16 de abril de 2012). La figura muestra la posición estratigráfica de los dos ejemplares de *Hadrosauridae* (H1 y H2), reportados en el presente trabajo. Figura de Rubén Duarte Bigurra. 27
- Figura 9 Fotografías de varios fósiles de dinosaurio tomadas in situ: se observa diferencia de color con respecto al suelo o roca madre (A-G el fósil encerrado en el círculo rojo); forma diferente al resto de las rocas del 29

sustrato, con forma de hueso aun estando en el sitio (B); superficie del hueso lisa (círculo verde en B y E); acercamiento a la parte interior de un fósil donde se muestra la porosidad que alguna vez tuvo el hueso (H e I). Fotografías de Rubén Duarte Bigurra.

- Figura 10 Fotografía que muestran las excavaciones realizadas en el Sitio 1 cuando tenía un avance del 50%. Fotografía de Dr. Carlos M. González León. 31
- Figura 11 Fotografía que muestran las excavaciones realizadas en el Sitio 2 cuando tenía un avance del 50%. Fotografía de Rubén Duarte Bigurra. 31
- Figura 12 Esquema de las direcciones generales en el cuerpo de un organismo y en las extremidades, donde se sustituye dorsal y ventral por proximal y distal, respectivamente. Modificado de G. S. Paul. 34
- Figura 13 Formas básicas de las vértebras de un hadrosaurio en vista craneal (Cr), caudal (Cd), lateral izquierdo (Lt) y ventral (Vt), mostrando sus características principales: prezigoapófisis (Pr), postzigoapófisis (Ps), centro de la vértebra (C), diapófisis (Di), espina neural o proceso espinoso (Es) y costica cervical (Cc). Las vistas ventrales de las 3 vértebras muestran las diferencias entre cada uno de los tipos. No se incluyeron las vértebras sacras ya que no se han encontrado en H1 ni H2. Figuras de Rubén Duarte Bigurra. 35
- Figura 14 Huesos que forman la cadera pélvica con sus características morfológicas principales. Características del ilion; proceso preacetabular (Ppr), pedúnculo púbico (Ppu), acetábulo (Ac), proceso supraacetabular (Psa), pedúnculo isquial (Pis), proceso postacetabular (Ppo). Características del pubis; paleta púbica (Plp), cuello púbico (Cpu), pedúnculo iliar (Pil), acetábulo (Ac), pedúnculo isquial (Pis), surco obturador (So), post pubis (Pp). Características del isquion; pedúnculo púbico (Ppu), acetábulo (Ac), pedúnculo iliar (Pil), fosa obturadora (Fob), proceso obturador (Pob), bastón iliar (Bti); en caso se la familia Saurolophinae la terminación del bastón es diferente, poseen un “bota” con talón isquial (Tis) y en ocasiones un dedo isquial (Dis). Figuras de Rubén Duarte Bigurra. 36

- Figura 15 Características de una costilla torácica (vista craneal); tubérculo (Tb), cabeza (Cb), cuello (Cu), cuerpo (Cp). Características de un fémur envista caudal (en medio) y dorsal (abajo); cabeza femoral (Cf), trocánter mayor (Tm), trocánter menor (Tn), cuarto trocánter (Ct). Figuras de Rubén Duarte Bigurra. 37
- Figura 16 Esquema del sitio H1, éste se realizó antes de hacer alguna extracción y no se registraron las posiciones de algunos huesos subyacentes. Vertebra torácica (VT) H1-01(A); VT H1-11 (B); conjunto de costillas H1-27 (C); VT H1-10 (D); VT H1-37 (E); ilion H1-05 (F); costilla torácica H1-24 (G); par de isquion H1-08 (H); par de pubis H1-07 (I). Figura de Rubén Duarte Bigurra. 39
- Figura 17 Vértebra 06 en vista craneal (E), vista caudal (F), vista lateral derecho e izquierdo (G y H respectivamente). Vértebra 21 en vista craneal (A), vista caudal (B), vista lateral derecho e izquierdo (C y D respectivamente). Vértebra 02 en vista craneal (I), vista caudal (J), vista lateral derecho e izquierdo (J y L respectivamente). Se muestra la escala en centímetros. 42
- Figura 18 Vértebra 10 en vista craneal (A), vista caudal (B), vista lateral derecho e izquierdo (C y D respectivamente). Vértebra 14 en vista craneal (E), vista caudal (F), vista lateral derecho e izquierdo (G y H respectivamente). Vértebra 09 en vista craneal (I), vista caudal (J), vista lateral derecho e izquierdo (J y L respectivamente). Vértebra 13 en vista craneal (M), vista caudal (N), vista lateral derecho e izquierdo (Ñ y O respectivamente). Se muestra la escala en centímetros. Vértebra 12 en vista craneal (M), vista caudal (N), vista lateral derecho e izquierdo (Ñ y O respectivamente). Se muestra la escala en centímetros. 45
- Figura 19 Vértebra 35 en vista craneal (A), vista caudal (B), vista lateral derecho e izquierdo (C y D respectivamente). Vértebra 11 en vista craneal (E), vista caudal (F), vista lateral derecho e izquierdo (G y H respectivamente). Vértebra 37 en vista craneal (I), vista caudal (J), vista lateral derecho e izquierdo (J y L respectivamente). Vértebra 20 en vista 48

craneal (M), vista caudal (N), vista lateral derecho e izquierdo (Ñ y O respectivamente). Se muestra la escala en centímetros.

- Figura 20 Fragmentos de centros torácicos: H1-20 en vista craneal (A), vista caudal (B), lateral derecho (C) e izquierdo (D); H1-18 en vista craneal (E), vista caudal (F), lateral derecho (G) e izquierdo (H); H1-16 en vista craneal (I), vista caudal (J), lateral derecho (K) e izquierdo (L). Se muestra la escala en centímetros. 50
- Figura 21 Fragmentos de centros torácicos: H1-15 en vista craneal (A), vista caudal (B), lateral derecho (C) e izquierdo (D); H1-17 en vista craneal (E), vista caudal (F), lateral derecho (G) e izquierdo (H); H1-19 en vista craneal (I), vista caudal (J), lateral derecho (K) e izquierdo (L). Se muestra la escala en centímetros. 52
- Figura 22 Vistas laterales de nueve espinas neurales. Orientación identificada: espinas 29 lateral izquierdo (C) y derecho (D); espinas 32 lateral izquierdo (I) y derecho (J); espinas 33 lateral izquierdo (K) y derecho (L); espinas 34 izquierdo (M) y derecho (N); las espinas restantes no se poseen suficientes fragmentos, haciendo difícil identificar su orientación. Se muestra la escala en centímetros. 55
- Figura 23 Vértebra caudal en vista craneal (A), lateral derecho (B), lateral Izquierdo (C) y caudal (D). Se muestra la escala en centímetros. 56
- Figura 24 Costilla torácica izquierda H1-03 en vista craneal (A) y vista caudal (B). Costillas torácicas izquierdas en matriz de roca H1-22 en vista craneal (C y C') y vista caudal (D y D'). Costilla torácica izquierda H1-23 en vista craneal (E) y vista caudal (F). Costilla torácica derecha H1-24 en vista craneal (G) y vista caudal (H). Costilla torácica derecha H1-24 en vista craneal (I) y vista caudal (J). Costilla torácica derecha H1-24 en vista craneal (K) y vista caudal (L). Se muestra la escala en centímetros. 59
- Figura 25 Conjunto de 6 costillas parciales en una matriz de roca sedimentaria. 60
- Figura 26 Ilion izquierdo en vista lateral (A), vista dorsal (B) y vista ventral (C): reconstrucción en dibujo del Ilion izquierdo (D) (dibujos de R. Duarte Bigurra), con partes faltantes resaltadas en negro. Tipo de ilion más 63

similar al de H1 (E), según Brett-Sureman. Imagen E) de Brett-Sureman, 1989. Se muestra la escala en centímetros.

- Figura 27 Par de pubis en matriz de roca; pubis derecho en vista lateral (A); pubis izquierdo en vista lateral (C): reconstrucción de pubis derecho (B) e izquierdo (D) en dibujo (dibujos de R. Duarte Bigurra), con partes faltantes resaltadas en negro. Tipo de pubis más similar al de H1 (E), según Brett-Sureman. Imagen E) de Brett-Sureman, 1989. Se muestra la escala en centímetros. 64
- Figura 28 Isquion izquierdo en vista lateral (A); isquion derecho en vista medial (B); reconstrucción de ambos huesos en dibujo (C y D respectivamente) (dibujos de R. Duarte Bigurra), con partes faltantes resaltadas en negro. Debido a la fragilidad de ambos, no fue posible obtener más fotos. Tipo de isquion más similar a la región craneal del isquion de H1 (E) e isquion más parecido al bastón de H1 (F), según Brett-Sureman. Imagen E) y F) de Brett-Sureman, 1989. Se muestra la escala en centímetros. 65
- Figura 29 Parte proximal del fémur derecho en vista caudal (A), vista craneal (B) y dorsal (C): dibujo con reconstrucción del fémur completo, con partes faltantes resaltadas en negro. Se muestra la escala en centímetros. 66
- Figura 30 Representación de la posición original de los restos en el Sitio 2. Vértebra torácica H2-01 (A); espinas neurales fragmentadas (B-F); diapófisis izquierda (G). El resto de los huesos no fue posible identificarlos. Figura de Rubén Duarte Bigurra. 67
- Figura 31 Centro de vértebra torácica H2-01, sin espina neural, ni diapófisis; vista craneal (A), caudal (B), lateral derecho (C) e izquierdo (D). Se muestra la escala en centímetros. 68
- Figura 32 Espina neural H2-02 en vista lateral izquierdo (A) y derecho (B); espina neural H2-03 en vista lateral izquierdo (C) y derecho (D); espina neural H2-04 en vista lateral izquierdo (E) y derecho (F); espina neural H2-05 en vista lateral izquierdo (G) y derecho (H); espina neural H2-06 en vista lateral izquierdo (I) y derecho (J); diapófisis izquierda H2-07 en vista craneal (K) y caudal (L); costilla torácica derecha H2-08 en vista caudal 70

(M) y craneal (N). Se muestra la escala en centímetros.

- Figura 33 Reconstrucción de los huesos identificados del dinosaurio H1, no se incluyeron las costillas en la matriz debido a que la misma matriz de roca hace difícil saber qué posición tenían en el organismo. Figura de R. Duarte Bigurra. 74
- Figura 34 Comparación de la cadera del individuo H1 (A) con la cadera del *Kritosaurus* de la formación Olmos (B). Figura “B” de J.I. Kirkland, 2006. 74

RESUMEN

Los dinosaurios de la familia Hadrosauridae fueron muy comunes en las Américas durante el Cretácico Tardío, hace alrededor de 99 a 65 millones de años y dejaron una plétora de restos fósiles que nos da un mejor entendimiento de la biología de estas criaturas. La mejor pieza para hacer una identificación taxonómica de un dinosaurio es el cráneo. Sin embargo, tal es el entendimiento de su anatomía, que es posible identificar a que familia pertenece un hadrosaurio por las características morfológicas de los huesos de la cadera, que son el ilion, pubis e isquion. El presente trabajo se dedicó al estudio, descripción, ilustración gráfica de 2 esqueletos parciales de dinosaurios (H1 y H2) pertenecientes a la familia Hadrosauridae del Cretácico Superior de la región de Fronteras, Sonora, México. Dichos restos fueron encontrados en un paquete de limolitas de 10 m de espesor que se encuentra dentro de la secuencia de rocas sedimentarias perteneciente al Grupo Cabullona, el cual fue formado en ambiente de ríos y lagos entre 75 y 72 Ma. Las rocas del Grupo Cabullona favorecieron la preservación de varios de los organismos que vivieron durante su acumulación, lo que explica la abundancia en esas rocas de madera petrificada, gasterópodos y bivalvos de agua dulce y restos de vertebrados como tortugas, cocodrilos y dinosaurios. Del esqueleto H1 se hizo la identificación taxonómica de los huesos de la cadera están suficientemente completos como para hacer un análisis cladístico a nivel de subfamilia. Se realizó una comparación morfológica del ilion, isquion y pubis, cada uno por separado, con descripciones e imágenes de estos huesos presentadas en el trabajo Dr, Brett-Sureman de 1989, con el fin de determinar a que clado pertenece el organismo. La mayoría de las características morfológicas del ilion, pubis e isquion sugieren que pertenece a la subfamilia Saurolophinae.

I. INTRODUCCIÓN

La primera vez que se usó la palabra “dinosaurio” fue en 1842, por el gran anatomista comparativo y paleontólogo británico Richard Owen, quien la usó para denominar tres huesos que, aunque incompletos, eran de un tamaño impresionante.

Owen erigió el clado Dinosauria para incluir a taxa que notó eran diferentes a otros reptiles. Estos eran grandes, y aunque otros reptiles fósiles, como los mosasaurios, ictiosaurios, plesiosaurios y cocodrilos también lo eran, los dinosaurios, sin embargo, eran terrestres y no acuáticos. Owen señaló que poseían cinco vértebras sacras fusionadas y una estructura de la cadera que les daba una postura erguida, por lo que no podían caminar como los reptiles actuales, con las patas situadas a los costados. También se observó la altura, anchura, y la estructura de los arcos neurales; costillas con dos cabezas; el ancho y en ocasiones complicado coracoides y la larga y esbelta escápula, proporcionalmente grande pero de delgadas paredes, de los huesos de las extremidades, que indicaban hábitos terrestres.

El concepto de Dinosauria cambió en 1887 y 1888, cuando Harry Govier Seeley concluyó que había dos tipos de estructuras de caderas, una caja craneal distintiva, vértebras y armadura dermal. A un primer tipo de cadera la llamó Saurischia, debido a su semejanza con la de otros reptiles actuales, con el pubis dirigido mayormente en dirección craneal y el isquion dirigido mayormente en dirección caudal. Al segundo tipo de cadera le llamó Ornithischia, llamado así por su semejanza superficial con la pelvis de las aves, ya que el pubis cuenta con una proyección alargada que se inclina en dirección caudal junto con el isquion; lo anterior, aunque no tengan conexión evolutiva con las aves y en cambio sean Saurischia los ancestros evolutivos de éstas. En muchos casos se desarrolló una nueva proyección cráneo-lateral en el pubis, diferente a la original caudo-ventral y medial.

La diagnosis, descripción característica y diferencial abreviada, de Dinosauria comienza por reconocer a Ornithischia, Sauropodomorpha, dinosaurios de tamaño mediano a grande de cuello largo, y Theropoda, dinosaurios bípedos en su mayoría carnívoros como *Tyrannosaurus* o *Allosaurus*, como monofiléticos separados y como grupo, y al final por reconocer a herrerasaurios y otros ornitodiros como miembros más antiguos del grupo

(Gauthier, 1986). Padian y May (1993) propusieron que la definición de Ornithischia sería todo aquel dinosaurio más cercano a *Triceratops* que a las aves, y a Saurischia como a todo dinosaurio más cercano las aves que a *Triceratops*. Ornithischia y Saurischia son taxa hermanos, siendo éstos los grupos basales, por lo que la mayoría de los miembros de Dinosauria pertenece a alguno de estos dos grupos.

Dentro de Ornithischia han sido reconocidos, tradicionalmente, un gran número de grupos mayores. Entre ellos están Stegosauria, Ankylosauria, Ceratopsia, Pachycephalosauria y varios otros taxa. En 1986 Sereno estableció un diagnóstico completo cladístico del grupo basado en 32 sinapomorfías, que son caracteres primitivos compartidos que se originaron en el ancestro común más reciente de los dientes, cráneo y postcrania. Entre las características sobresalientes se incluyen la forma similar a una hoja de los dientes y su corona triangular y raíz pequeñas, hueso palpebral, hueso predentario, punta áspera desdentada de la premaxila, reducción de la fosa anteorbital, cinco o más vértebras sacras, pubis dirigido a caudo-ventral, poseen un cuarto trocánter en el fémur, el quinto dígito de las extremidades traseras esta reducido sin falanges y tendones osificados epiaxiales.

Se asume que todos los miembros de Ornithischia eran herbívoros y que inicialmente eran bípedos, sin embargo varios grupos evolucionaron, independientemente, a una locomoción cuadrúpeda facultativa y otros se tornaron cuadrúpedos totales. Como los cuadrúpedos ceratópsidos, los cuadrúpedos facultativos iguanodóntidos y hadrosauridos o los bípedos paquicefalosáuridos. La radiación de los ornitíquios parece haber empezado en el Jurásico Temprano, con la primera aparición del sub orden Thyreophora, del que surgió *Stegosaurus* en el Jurásico Medio. Por el lado de los ornitópodos, el registro estratigráfico muestra una divergencia radial esperada en los heterodontosaurios en el Jurásico Temprano, iguanodontes en el Cretácico Temprano y hadrosáuridos en el Cretácico Tardío.

A finales del Cretácico los hadrosaurios y neoceratópsidos tuvieron una gran radiación, desarrollando baterías dentales muy semejantes, evidentemente usadas en el procesamiento oral de material vegetal duro. Esto les ayudó a formar la primera comunidad de tetrápodos herbívoros de gran tamaño, junto a los sauropodomorfos,. Los dientes frontales se perdieron, dando lugar al crecimiento de especies de pico puntiagudo y

ganchudo, semejante al de un perico en los ceratópidos y ancho y plano, semejante al de los patos, en los hadrosaurios.

Los Hadrosauridae fueron grandes bípedos facultativos con una longitud de hasta 15 m, con alrededor de 30 géneros. De estos se han colectado cientos de especímenes a lo largo de toda América, Europa y Asia (Weishampel y Horner, 1990). El primer material de hadrosaurio se encontró en 1856 siendo éste un solo diente y algunos huesos gastados de Montana y Dakota del Sur. Estos fueron descritos en 1856 por Joseph Leidy. Un año más tarde se encontró un esqueleto parcial de un hadrosaurio en la formación Haddofield en Nueva Jersey, siendo éste el primer esqueleto casi completo de todo el mundo, que se llamó *Hadrosaurus foulkii* (Leidy, 1858). Los Hadrosaurios fueron uno de los últimos grupos de dinosaurios en surgir, sin embargo, fue un grupo de ornitópodos muy exitoso, que se expandió casi por todo el mundo al final de la era de los dinosaurios. Gracias a sus restos bien preservados, se sabe más de la historia de vida de los hadrosaurios que de cualquier otro grupo de dinosaurios, ya que en muchas especies se han podido recrear los ciclos de vida casi por completo. Examinando la morfología única de sus esqueletos, al igual que las impresiones de piel, rastros de huellas, huevos y nidos e información de los patrones de crecimiento y dimorfismo sexual, se tiene una buena idea de cuál era su apariencia, cómo y qué comían, cómo se paraban y andaban, al igual que muchos aspectos de su reproducción y crecimiento se pueden ver más allá de los huesos.

Al igual que los iguanodontes, grupo más primitivo en el árbol filogenético, los hadrosaurios tenían tendones rígidos y osificados que corrían como un enrejado a lo largo del dorso de la espalda, sacro y cola. Estos servían para contrarrestar la gravedad y evitar encorvamientos. Los rastros de estos animales prueban que podían andar tanto bípeda como cuadrúpedamente (Lockley, 1994). Sin embargo es muy probable que a altas velocidades se desplazaran en dos patas, mientras que al momento de buscar comida en vegetación baja caminaran con sus cuatro patas.

El objetivo del presente estudio es describir morfológicamente los huesos fósiles de dos esqueletos incompletos de dos dinosaurios hadrosaurios (R. Hernández-Rivera, comunicación personal, 18 de octubre de 2010) encontrados cerca del pueblo de Fronteras, Sonora, tratando de identificar a qué clado taxonómico pertenecen.

II. ANTECEDENTES

II.1. Generalidades de Hadrosauridae

Los hadrosaurios se distinguen principalmente por su pico formado por los predentarios expandidos medio-lateralmente sin dientes; un gran diastema entre éste y el dentario; una batería dental bien desarrollada; canales nasales hipertrofiados; y, en muchas especies, la presencia de una notable cresta ósea supracraneal. Gracias a la abundancia de restos, su amplia distribución y extraordinaria preservación, estos dinosaurios ofrecen un excelente modelo de estudio que nos da un mejor entendimiento de sus vidas, su interacción con el medioambiente, y de cómo las variaciones anatómicas se relacionan en la identificación de especies entre otras cosas.

Se reconocen tres clados principales en este grupo: las subfamilias Lambeosaurinae, Saurolophinae y Hadrosaurinae (Prieto-Márquez, 2010b). Casi todos los hadrosáuridos se pueden colocar en uno de 3 subtaxa. Los Lambeosaurinae o hadrosaurios de “crestas huecas”, Saurolophinae o hadrosaurios de “cabezas planas” y Hadrosaurinae que cuenta con solo 2 especies, sin embargo, hay dos muy primitivos hadrosáuridos que quedan fuera de estos grandes grupos, como *Lophorhothen atopus* o *Claoraurus agilis* entre otros (Weishampel y Horner, 1990; Weishampel, 1993). Algunas de las características craneales importantes que distinguen a Lambeosaurinae incluyen una separación total de los pasajes nasales en el hocico, parietales cortos, exclusión del hueso frontal de la órbita ocular, un contacto extenso de los escamosos, cuadrados encorvados cranealmente, y crestas huecas de varias formas que alojan complejos pasajes nasales. Hadrosaurinae cuenta solo con la especie tipo, *Hadrosaurus folulkii*, debido a la falta de fósiles más completos de éste, muchas sinapomorfías solo se pueden asumir y se le otorgó su propio clado. Los Saurolophinae se diagnostican, en parte, por desarrollar depresiones circulares alrededor de las narinas externas, la ausencia de denticulos marginales en los dientes y un proceso rostral prominente en la maxila (Brett-Surman, 1989), al igual que la ausencia de las complejas cámaras nasales. Es posible diferenciar a Saurolophinae y Lambeosaurinae poscranealmente. Existen dos formas principales del humero, siendo generalmente la forma robusta de los Lambeosaurinae y la más grácil de los Saurolophinae, pero en el caso de este

hueso existen muchas formas intermedias y no se considera una forma definitiva de identificación. En ausencia de cabeza la forma más confiable de identificar a estos organismos, a nivel de subfamilia y con un estudio detallado hasta nivel de especie, es la pelvis con sus tres pares de huesos, el ilion, el isquion, y el pubis; cada uno es único para cada especie. Con estos 3 huesos es posible asignar a un espécimen a alguno de estos grupos, haciéndolos una gran herramienta al momento de determinar su clado taxonómico.

Como describe en la revisión de estos dinosaurios Brett-Surman (1989), en su trabajo de disertación, en la que se basará el presente estudio, se reconocen varias formas básicas para cada uno de estos huesos, tomando como fundamento las características morfológicas de cada hueso (Figura 12). En el extremo craneal del ilion se encuentra el proceso preacetabular, semejante a una paleta, que se curva ventralmente; en la sección media; en la parte ventral, está el acetábulo y en el margen dorsal la cresta suprailiar extendiéndose lateralmente; en la sección caudal está el proceso postacetabular, que es semejante a una paleta rectangular en vista lateral: este hueso presenta cinco formas esenciales. El pubis presenta el proceso púbico, cuya forma lateral se asemeja a un remo en su extremo con una porción más angosta o “cuello”; la sección media cuenta con el margen acetabular, con el pedúnculo isquial proyectándose caudalmente y el pedúnculo iliar dorsalmente; el extremo caudal cuenta con el proceso postpúbico, que es un proceso que se extiende ventralmente a lo largo del margen ventral del isquion; también existen cinco tipos básicos de este hueso. El isquion se proyecta a 45° del acetábulo caudo-ventralmente; la parte proximal es el acetábulo, seguido por los pedúnculos iliar y púbico y el proceso obturador; en la parte media se encuentra el eje isquiático, que es básicamente una columna sin rasgos; el extremo distal termina en un nodo o en algunos casos un “pie” con talón y dedo como se le ha llamado, en este caso se distinguen 4 tipos de isquion. En estos 3 huesos se basará este estudio para identificar a que subfamilia pertenecen los esqueletos parciales, si están presentes.

II.2. Biogeografía de Hadrosauridae

Como se ha mencionado, la familia Hadrosauridae estaba entre los herbívoros más comunes en los ecosistemas terrestres del Cretácico Tardío (Tabla 1), con una distribución geográfica muy amplia, indicada por sus cuantiosos restos fósiles, encontrados en cuatro continentes, exceptuando África y Oceanía (Weishampel, 1990; Case et al., 2000). Sin embargo, muchos géneros y especies de dinosaurios hadrosaurios tenían un rango geográfico muy pequeño, a diferencia de los mamíferos grandes de la actualidad. Se ha encontrado que muchas especies de dinosaurios, con restos muy abundantes, cuentan con las distribuciones más restringidas. Por ejemplo no se conocen restos de *Corythosaurus* y *Centrosaurus* fuera del sur de Alberta, Canadá (Lehman, 2001) donde son los dinosaurios más abundantes del Campaniano. Este endemismo propone que estos animales estaban siendo restringidos por la limitación de la vegetación disponible, un estrecho rango climático u otros elementos ambientales, sugiriendo un alto grado de especialización, lo que pudo haber afectado su respuesta a cambios ambientales.

Los hadrosauridos fueron muy comunes durante el Cretácico tardío en Europa, Asia, América y la Antártida (Forster, 1997; Case et al., 2000; Lund y Gates, 2006). Sus restos son los más abundantes de los dinosaurios no aviares, ya que incluyen docenas de esqueletos articulados completos (Lull y Wright, 1942), miles de huesos desarticulados de agrupaciones de múltiples individuos (Dodson, 1971; Varricchio y Horner, 1993), especímenes que muestran variados estadios de crecimiento (Horner, 2000), impresiones de tejido suave y piel, contenido estomacal, huevos, nidos y crías (Horner y Makela, 1979; Horner, 1982; Horner y Currie, 1994). Gracias a esta abundancia, es posible hacer estudios más profundos y acertados acerca de estos dinosaurios.

Se han propuesto varias ideas para el origen y distribución de los hadrosaurios, que se comentan a continuación en orden cronológico. En 1942, casi un siglo después de ser descubiertos los primeros fósiles de hadrosaurios, Lull y Wright sugirieron brevemente que los hadrosaurios de cabeza plana, del oeste de América del Norte, podrían haberse originado del lado este del continente, siguiendo un camino que atravesaba el mar interior del Cretácico tardío. Morris, en 1973, propuso que *Lambeosaurus*, *Prosaurolophus* y

Saurolophus se habían dispersado desde Canadá, durante el Campaniano y Maastrichtiano, a Baja California a lo largo de la costa del Pacífico.

Después se propuso un origen en el este de Asia, durante el Jurásico Medio (Bajociano), a partir de ancestros iguanodóntidos a través de vicarianza: basándose en el hallazgo de taxa nuevos en Asia central (Milner y Norman, 1984). El intercambio de fauna entre continentes fue apoyado por Russell (1993) por medio del corredor de Bering. En cambio, a lo largo de la historia hubo sucesivas interpretaciones para su origen geográfico. Así, Head (1998) propuso un origen en América del Norte durante el Cenomaniano; apoyaba también la idea que algunos hadrosáuridos de los más antiguos hayan sobrevivido en América del Sur y Europa. Propuso que después de originarse en Norte América, se dispersaron por Asia y América del Sur, con una regresión de especies del este de Norte América al oeste, por el mar interior, y desde Asia por el mismo estrecho de Bering. Para apoyar su hipótesis se basó en la presencia de iguanodóntidos, el grupo del que evolucionaron los hadrosaurios, al oeste de América del Norte, al igual que en el hecho de que el hadrosáurido más primitivo encontrado hasta ese entonces, había sido hallado en América. Sin embargo se encontraron taxa más antiguos en Asia, dando lugar a hipótesis más recientes que tomaban en cuenta estos hallazgos, como en el caso de You et al. (2003), que describieron un hadrosauroide no hadrosáurido del Cretácico Inferior, Barremiano tardío, *Equijubus normani*, que apoyaba la hipótesis de un origen en Asia. Sin embargo, poco después Horner et al. (2004) apoyaban de nuevo la noción de un origen americano. Estos autores se basaban en sus filogenias para explicar la presencia de *Telmatosaurus* en Europa como un evento de dispersión a mediados del Cretácico. Horner también pensaba que la divergencia de los hadrosaurines y lambeosaurines se llevó a cabo en América del Norte en el mismo periodo. Se postuló que, dentro de los hadrosaurines, hubo un evento de dispersión hacia el interior de Asia durante el Maastrichtiano Temprano y otra dispersión hacia América del Sur en el Campaniano. Mientras que los lambeosaurinos tuvieron su dispersión a Asia a más tardar en el Campaniano, explicando la presencia de *Tsintaosaurus spinorhinus* en China del Campaniano Temprano.

Se propuso que varios linajes se dispersaron por América del Norte desde Asia durante el Campaniano a través del estrecho de Bering (Godefried, Zan y Jin, 2001). Entre los linajes hadrosaurinidos están los de *Kerberosaurus*, del Maastrichtiano del este de

Rusia; mientras que los de lambeosaurinidos se propuso el linaje de *Charonosaurus*, taxón hermana de *Parasaurolophus*, que se habría dispersado antes de la evolución de este último.

Gates (2007) notó que generalmente los lambeosaurinos tenían un rango geográfico menor que el de los hadrosaurinos, identificando la mayor diversidad de estos últimos en la cuenca oeste del interior de América del Norte. Al año siguiente, Godefroit et al. (2008) apuntó a un origen en Asia para los hadrosaurinos y lambeosaurinos después de inferir una filogenia donde los miembros más antiguos de cada clado vivieran en este continente.

Prieto-Márquez en su trabajo de biogeografía (2010a) dedujo que el origen de la superfamilia Hadrosauroidea fue en Asia durante el Aptiano Temprano, al igual que la dispersión de estos animales durante el Cenomaniano. También indicó que el área ancestral de la familia Hadrosauridae estaba localizada en América del Norte durante el Cenomaniano, coincidiendo con Head (1998), Kirkland (1998) y Horner et al. (2004). La región originaria de la subfamilia Saurolophinae también la colocó en la misma región de América del Norte, en el Campaniano tardío, de aquí partieron a Asia. En esta vicarianza evolucionaron dos linajes: *Shantungosaurus giganteus* en Asia y los más diversificados clados de Norte América, que incluyen a edmontosaurios, saurolofidos y kritosauridos. Éstos tuvieron otro evento de dispersión hacia el sur por una cadena de islas, que hizo posible el arribo a América del Sur y posteriormente a la Antártida, donde se encontraron dientes aislados de hadrosáuridos del Maastrichtiano tardío en la formación López de Bertodano (Case et al., 2000). Para Lambeosaurinae, Case et al. colocaron su origen en Asia durante el Santoniano tardío, en acuerdo con Godefroit et al. (2001, 2004), dispersándose de ahí a Europa, a través del archipiélago europeo del Campaniano Temprano (Haq, et al., 1987). Para el Campaniano tardío los lambeosaurinos ya habitaban el este de América del Norte a través de islas o durante la regresión del mar interior que dividía a ésta parte del continente durante el Cretácico Tardío.

Era	Periodo	Epoca	Piso	Inicio en Millones de Años	
Mesozoico	Cretácico	Superior/ Tardío	Maastrichtiano	~70.6	
			Campaniano	~83.5	
			Santoniano	~85.8	
			Coniaciano	~88.6	
			Turoniano	~93.6	
			Cenomaniano	~99.6	
			Inferior/ Temprano	Albiano	~112
		Aptiano		~125	
		Barremiano		~130	
		Hauteriviano		~133.9	
		Valanginiano		~140.2	
		Berriasiano		~145.5	
		Jurásico		Superior/ Tardío	Titoniano
			Kimmeridgiano		~155.6
	Oxfordiano		~161.2		
	Medio		Calloviano	~164.7	
			Bathoniano	~167.7	
			Bajociano	~171.6	
			Aaleniano	~175.6	
	Inferior/ Temprano	Toarciano	~183		
		Pliensbachiano	~189.6		
Sinemuriano		~196.5			
Hettangiano		~199.6			
Triásico	~	~	~251		

Tabla 1. Escala de tiempo geológico del Mesozoico con sus periodos, épocas, pisos y el tiempo de inicio de cada uno de ellos, en millones de años. Modificado de engineering.purdue.edu.

II.3. Filogenia de la familia Hadrosauridae

La familia Hadrosauridae fue erigida por Cope en 1870 para acomodar a *Hadrosaurus foulkii* y *Trachodon mirabilis* (Leidy, 1856). Desde entonces esta familia ha sufrido muchos cambios taxonómicos con respecto a sus subtaxa. En 1914, Brown propuso dividir a los hadrosaurios en Trachodontinae o cabezas planas y los crestados Saurolophinae. Lambe (1920) sugirió que se dividían en tres linajes; Hadrosaurinae, sin crestas; Saurolophinae con cresta sólida y Stephanosaurinae con crestas huecas. Parks (1923) renombró ésta última como Lambeosaurinae después de invalidar el género *Stephanosaurus* del cual tomaba su nombre.

Se hizo un gran avance en la comprensión sistemática de los hadrosaurios con el trabajo de Brett-Sureman (1975, 1979, 1989) que incluyó taxa de Europa, Asia y América del Sur, y no solo de América del Norte; dicho autor también realizó una extensa revisión taxonómica de su anatomía postcraneal: dejando una mejor apreciación de estas características como fuente de diagnóstico. En 1979, presento la primera hipótesis evolutiva que abarcara todos los géneros conocidos hasta ese entonces. Poco después se hicieron análisis cladísticos por Norman y Sereno, en 1984 y 1986 respectivamente, apoyaban la monofilia de Hadrosauridae y su divergencia en Hadrosaurinae y Lambeosaurinae. Pero el primer análisis cladístico enfocado en las relaciones dentro de Hadrosauridae, fue hecho por Weishampel y Horner en 1990. Señalaba dos clados dentro de Hadrosaurinae; el primero compuesto por *Gryposaurus*, *Aralosaurus*, *Maiasaura* y *Brachylophosaurus* y el segundo por *Saurolophus*, *Prosaurolophus*, *Lophorhothon*, *Edmontosaurus* y *Shantungosaurus*. Lambeosaurinae incluía *Parasaurolophus* y un subclado compuesto por *Corythosaurus*, *Hypacrosaurus* y *Lambeosaurus*.

Horner (1985, 1990) propuso un origen difilético para explicar el origen de los hadrosáuridos en el que Hadrosauridae solo incluyera a Hadrosaurinae; además elevó Lambeosaurinae a la categoría de familia, la nombró Lambeosauridae y unió a ambos grupos en una superfamilia que llamó Iguanodontoidea. En cambio, en 2006, Prieto-Márquez et al. reexaminaron Hadrosauridae para incluir a Hadrosaurinae y Lambeosaurinae: dividieron en dos taxa hermanas a los hadrosaurinos con *Edmontosaurus* representando uno de ellos; los lambeosaurinos los dividió en tres clados más

diversificados. Prieto-Márquez (2010a) también evaluó la filogenia de Hadrosauridae, utilizando como base características morfológicas y métodos estadísticos. El clado más inclusivo fue Hadrosauroidea (Serenó, 1986), donde acomodó todo organismo más relacionado a *Hadrosaurus foulkii* y a *Iguanodon bernissartensis*. La primera división importante después de este clado fue Saurolophidae de donde parten todas las formas de cresta hueca y sólida al igual que las que carecen de esta característica: *H. foulkii* quedó fuera de Hadrosauroidea por falta de fósiles para una reconstrucción adecuada y al quedar fuera de ambos clados, estos no podían llevar su nombre, según las reglas de la sistemática y la llamo Saurolophidae (Figura 1). Determinó que Saurolophidae contaba con dos clados principales, congruente con la mayoría de los modelos cladístico propuestos. Uno de ellos fue Lambeosaurinae y el otro lo llamó Saurolophinae, al no poder mantener el nombre Hadrosaurinae. Lambeosaurinae se definió como todo organismo más emparentado a *Lambeosaurus lambei* que a *Hadrosaurus foulkii* o *Edmontosaurus regalis*, resultando en, para Prieto-Márquez, el clado de crestas huecas (Figura 1). Saurolophinae es el clado llamado anteriormente Hadrosaurinae, con todas las formas con o sin cresta sólida y canales nasales hipertrofiados, más emparentados a *Saurolophus osborni* que a *Hadrosaurus foulkii* o *Lambeosaurus lambei* (Figura 1). Este trabajo se basará en las descripciones de Brett-Sureman (1989) y la filogenia propuesta por Prieto-Márquez (2010b).

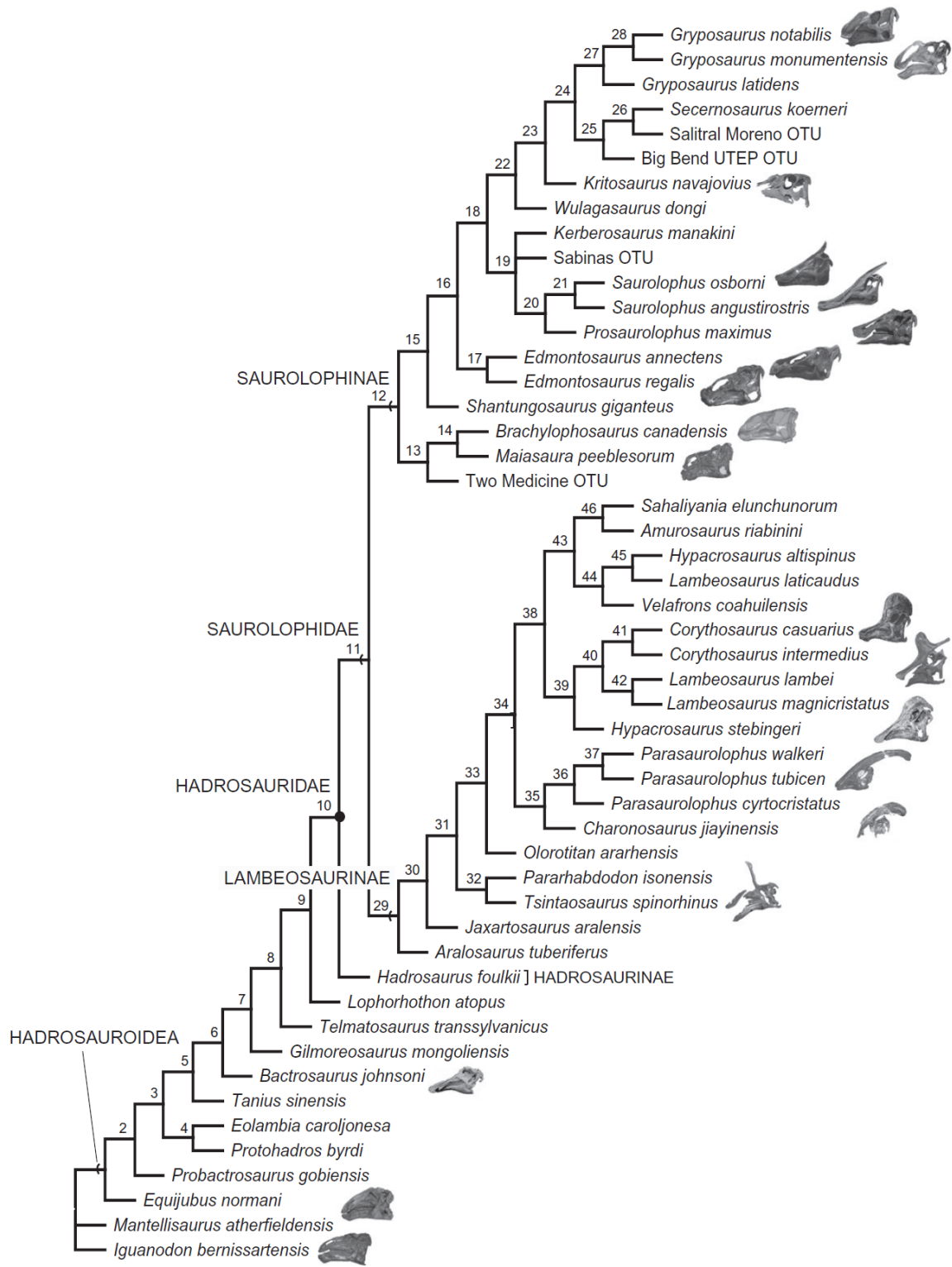


Figura 1. Árbol filogenético de Hadrosauridae, mostrando los diferentes clados de la familia, al igual que especies en clados superiores. Tomada de Prieto-Márquez, 2010b.

II.4. La Familia Hadrosauridae en México

En México se hicieron los primeros reportes de la presencia de dinosaurios en 1926 por el alemán Werner Janensch, que reportó restos de dinosaurios ceratópidos del Cretácico Tardío provenientes de Coahuila. En 1978 se encontraron las primeras huellas de dinosaurio en México, estas se encontraron en Michoacán (Ferrusquía-Villafranca et al., 1978; Rodríguez-de la Rosa et al., 2004), al igual que huellas del Maatrischtiano en El Aguaje en el suroeste de Michoacán (Ortiz-Medieta, 2001; Rodríguez-de la Rosa et al., 2004). En Tamaulipas se encontraron algunos de los restos de dinosaurios más antiguos del país. Estos, con una antigüedad de alrededor de 160 millones de años, se encontraron en el Cañon del Huizachal (Muner, 1999). En Oaxaca, aproximadamente del mismo periodo, se conocen huellas de dinosaurios carnívoros y pequeños saurópodos, cerca de Xochitlapilco (Ferrusquía_Villafranca et al., 1996; Rodríguez-de la Rosa et al., 2004). En Baja California se han encontrado varios restos de dinosaurios del Cretácico tardío en la formación La Bocana Roja, de hace 70 a 80 millones de años, de donde proviene *Labocania anómala*, un dinosaurio carnívoro de gran tamaño (Paul, 1998; Molnar, 1974; Molnar et al., 1990). En el estado de Chihuahua se han encontrado abundantes restos de dinosaurios, entre ellos hadrosaurios, ceratopsidos, carnívoros grandes y el saurópodo más grande encontrado en México (Westgate, 2001; Montellano-Ballesteros, 2003) (Figura 2).

En 1933 fue Taliaferro quien publicó el segundo descubrimiento del país, que fue en el noreste de Sonora, reportó huesos y dientes que colectó en rocas sedimentarias del grupo Cabullona, al sur de Naco. Taliaferro identificó restos de dinosaurio que asignó a "*Trachodon*" *mirabilis*. Sin embargo, debido a que una asignación de "*Tachodon*" basándose en tan solo en unos dientes aislados no parece tener mucha justificación (Lucas et al., 1995) por lo que el nombre ha pasado a desuso y solo refiere dicho hallazgo a Hadrosauridae. Posteriormente (Lucas y González-León, 1990 y 1996; Lucas et al., 1995) se ha encontrado una abundante fauna fósil en las rocas del grupo e incluye restos de dinosaurios, tanto herbívoros como carnívoros, peces, cocodrilos, tortugas, así como bivalvos y gasterópodos de agua dulce (Figura 3 y 4), al igual que una gran cantidad de huellas y rastros de dinosaurios en una cantera cercana al poblado de Esqueda, dentro del municipio de Fronteras (Pacheco et al, 2010).

Las rocas sedimentarias del Grupo Cabullona fueron depositadas en la cuenca Cabullona, localizada en el noreste de Sonora. Se han encontrado restos de los grandes carnívoros tiranosauridos, de los cuales se tienen dientes aislados, una tibia y parte de una pata trasera. Aunque éstos no corresponden a *Tyrannosaurus rex* debido a que son más pequeños, se ha sugerido, tentativamente, que pertenecen al género *Albertosaurus* (Lucas y González-León, 1990; Lucas et al. 1995; Lucas y González-León, 1996). También se han encontrado varias vértebras de Hadrosauridae (Lucas y González-León, 1996) y escasos restos de Ceratopsidae, que incluyen centros de vértebras inarticuladas (Lucas et al., 1995). Los fósiles más comunes de dinosaurios son las vértebras de hadrosaurios. Sin embargo las partes hasta ahora descubiertas no son suficientemente útiles como para hacer una identificación taxonómica genérica de estos organismos.

Todos los ejemplares del Grupo Cabullona se han encontrado en rocas sedimentarias que fueron depositadas en canales de ríos y en planicies de inundación. lo que indica que los organismos muertos fueron desarticulados antes de ser cubiertos por sedimentos. La edad de las rocas del Grupo Cabullona y consecuentemente la de su fauna fósil ha sido precisada como del Cretácico más tardío (pisos Santoniano Tardío al Maastrichtiano), gracias a la identificación de polen fósil y la lagartija *Chamops segnis* (Lucas et al., 1995). Por la abundancia de dinosaurios y otros reptiles, así como por la vegetación que representa el contenido polínico y las características del depósito sedimentario que indica la existencia de grandes ríos y lagos, se infiere que durante el Cretácico Tardío la región mantuvo un clima tropical y con abundantes lluvias.

En regiones aledañas y de edad cercana a la del Grupo Cabullona, como al sur de Utah y al norte de Nuevo México, se han encontrado asociaciones de *Kritosaurus* con *Parasaurolophus* (Hunt y Lucas, 1993) y en Texas se han encontrado fauna similar también dominada por *Kritosaurus* (Rowe et al., 1992). Ya que en estas regiones tan cercanas predomina *Kritosaurus* y *Parasaurolophus*, Hunt y Lucas (1993) sugirieron que esta asociación sería la más probable en el Grupo Cabullona (Figura 5), lo que nos podría dar indicios de que especies de hadrosaurios esperar en la región.

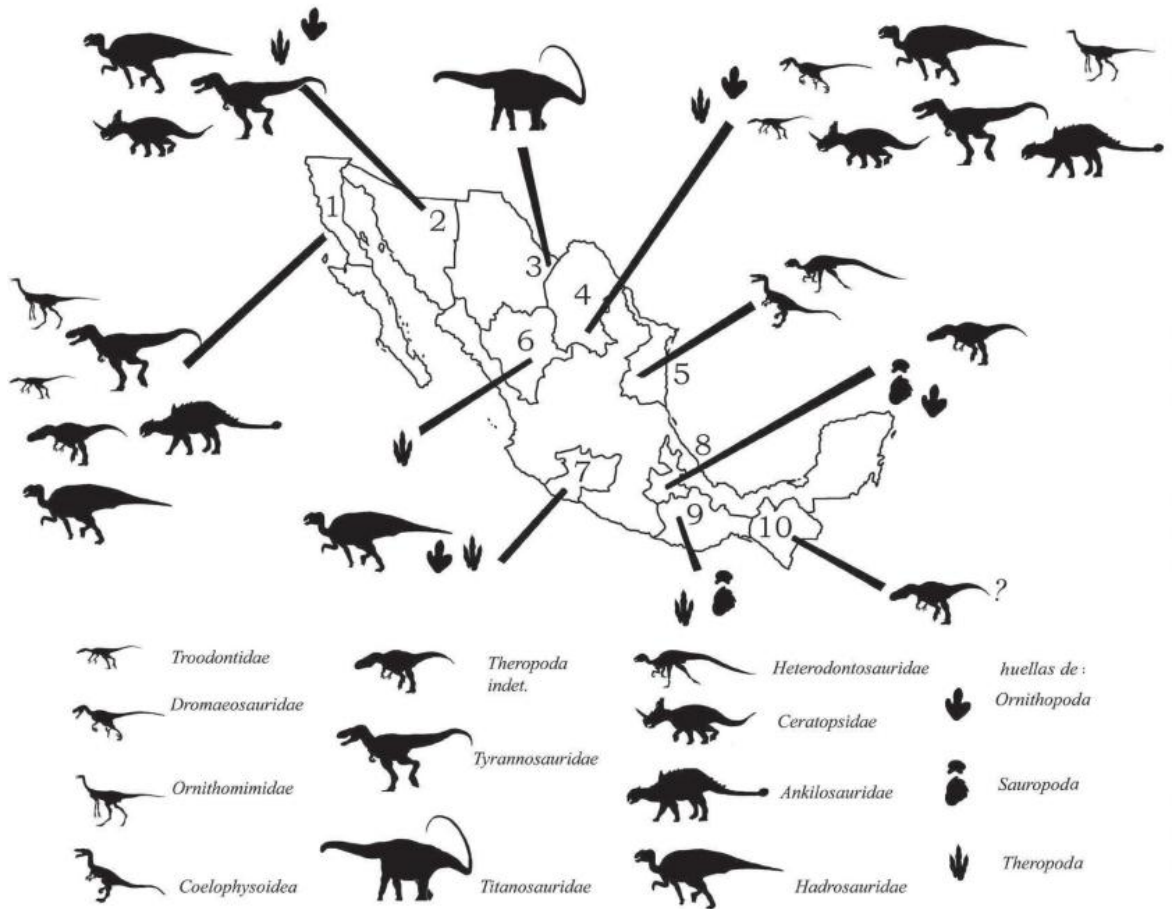


Figura 2. Mapa de México mostrando los estados donde se han encontrado restos fósiles y huellas, al igual que el tipo de dinosaurio al que pertenecen los hallazgos. Modificado de Rubén Rodríguez-de la Rosa, 2007.

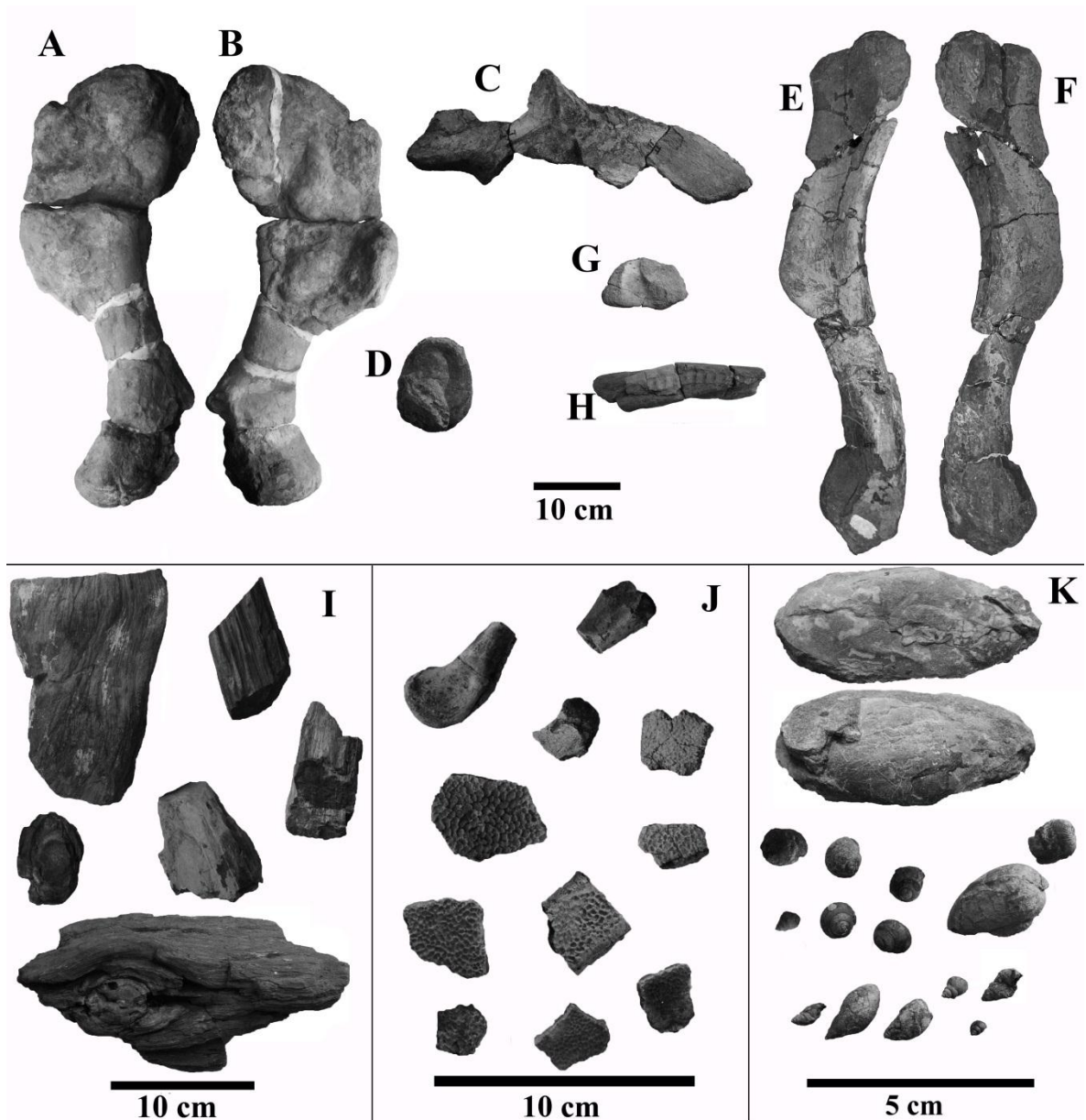


Figura 3. Algunos ejemplares recolectados durante el mes de noviembre de 2011, en el municipio de Fronteras, Sonora, México: humero izquierdo en vista lateral (A) y medial (B), ilion incompleto (C) y vértebra de ceratópsido (D), fósiles no asociados; humero derecho de un hadrosaurio en vista lateral (E) y vista medial (F); vértebra de cocodrilo (G); dentario incompleto de animal indeterminado (H); varios fragmentos de madera petrificada (I); fragmentos de caparazón y humero de tortuga (J); y diversos moluscos de agua dulce como son almejas y gasterópodos (K). Identificación preliminar por René Hernández-Rivera (comunicación personal, noviembre de 2011). Fotografías de Rubén Duarte Bigurra.

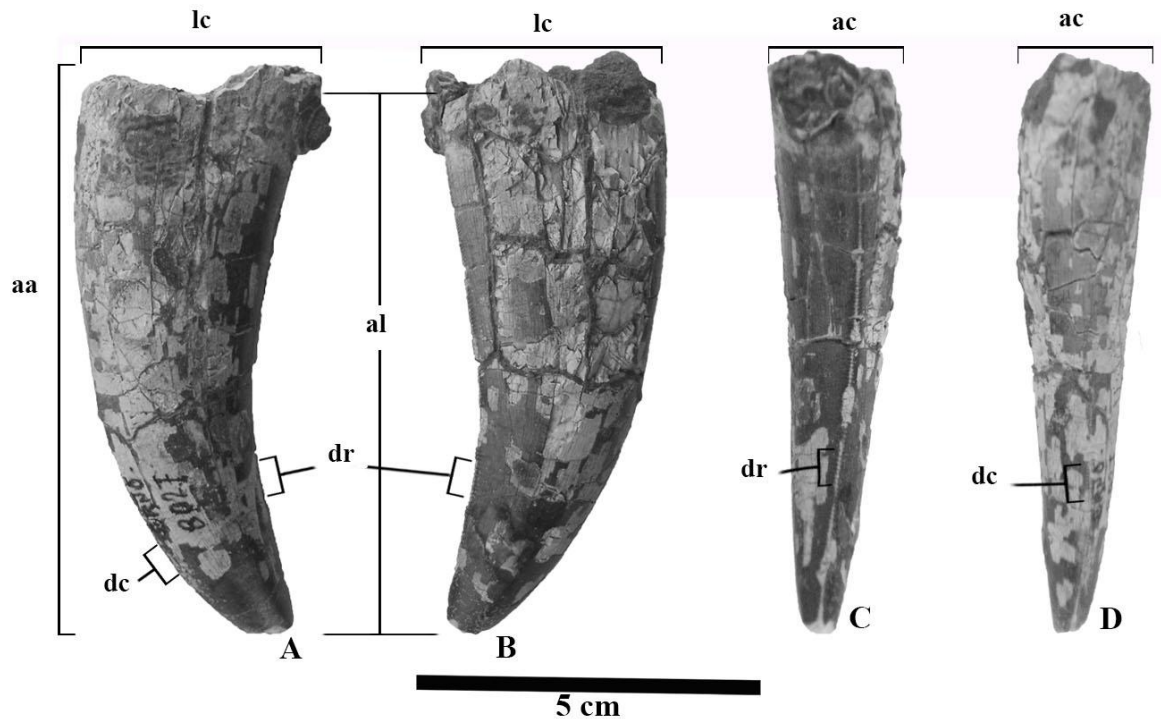


Figura 4. Diente de dinosaurio carnívoro encontrado en la Formación Corral de En medio, perteneciente al Grupo Cabullona (ejemplar ERNO-UNAM. 8027). Diente en vistas laterales (A y B), vista caudal (C) y craneal o rostral (D). Altura apical de (aa) 81.2 mm, se perdió la punta apical; altura de la corona (al) 79.22 mm, se perdió la punta apical; largo de la corona (lc) 31.02 mm; ancho de la corona (ac) 18.75 mm. Presenta una proporción de la base en corte transversal ancha, coincidiendo con tiranosaurios o dromeosaurios grandes; Posee dentículos redondeados como en los tiranosaurios; 16/cm en su borde caudal apical y aumenta a 22/cm en la parte caudal (dc), 15/cm en el borde rostral (dr); 16-22/cm es típico para los tiranosaurios, pero no *Tyrannosaurus*. Cuenta con surcos interdenticulares, presentes en los tiranosaurios. El perfil de la corona en vista rostra-caudal se flexiona muy poco como para ser de alosáurido o abelisáurido. La falta de una curvatura marcada en el bode rostral sugiere que no pertenece a los dromeosáuridos. Descripción por el Dr. Robert McCord, curador del Arizona Museum of Natural History (comunicación personal 2012). Fotografías de Rubén Duarte Bigurra.

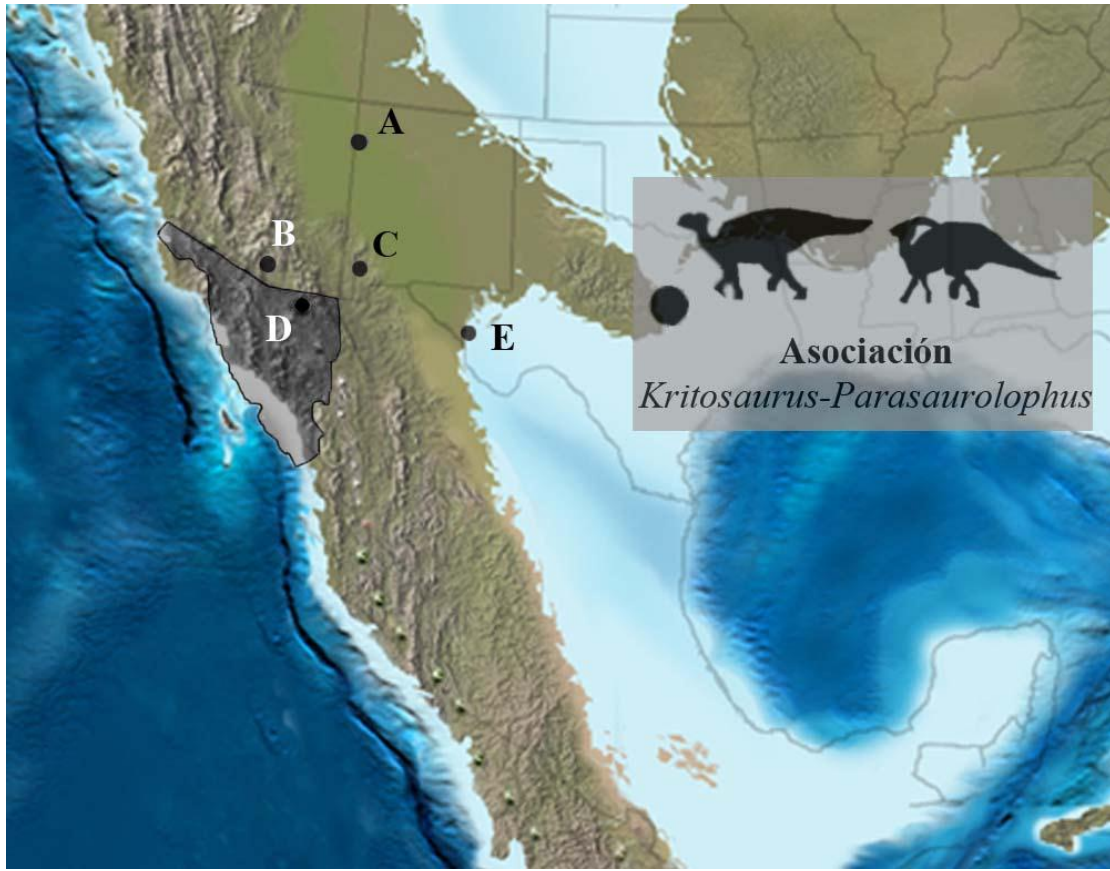


Figura 5. Reconstrucción paleogeográfica de México y posición de Sonora hace 75 millones de años (nótese que en ese tiempo la península de Baja California aún permanecía unida a la costa actual de Sonora). Los puntos negros representan asociaciones de *Kritosaurus-Parasaurolophus* en varios yacimientos de fósiles de la región. Corresponden a las formaciones Fruitland y Kirtland, Nuevo México (A), formación Fort Crittenden, Arizona (B), formación Ringbone, Nuevo México (C), Grupo Cabullona, Sonora (D) y formación San Carlos, Texas (E). Mapa de Ron Blakey (2011) basado en Lehman (2001).

III. JUSTIFICACIÓN

Aunque se sabe que en el estado de Sonora existieron dinosaurios durante el periodo Cretácico debido a los hallazgos reportados del Grupo Cabullona, a la fecha no se ha encontrado ningún ejemplar que pueda asignarse más allá del nivel de familia debido que solo se han hallado fragmentos de huesos. Los aquí reportados son los primeros esqueletos parciales para la región, por lo que es conveniente realizar un estudio detallado de estos especímenes para dar a conocer el hallazgo y acercar una posible identificación. El material de estudio prueba que los restos de dinosaurios son importantes en las rocas del Grupo Cabullona y demuestra que existe potencial en la región para encontrar especímenes más completos, lo que hace necesario su identificación. De hecho la descripción que aquí se presenta sería la más detallada para un ejemplar de dinosaurio en Sonora.

IV. OBJETIVO

IV.1. Objetivo General

Describir morfológicamente dos esqueletos parciales de dinosaurios de la familia Hadrosauridae, encontrados en una sección sedimentaria de carácter fluvial y lacustre perteneciente al Grupo Cabullona ubicado en el municipio de Fronteras, Sonora, México.

IV.2 Objetivos Específicos

- Identificar taxonómicamente ambos especímenes, de ser posible.
- Desarrollar una metodología para el estudio de campo de los dinosaurios en Sonora.

V. HIPÓTESIS

Debido a que uno de los dos esqueletos cuenta con una cadera casi completa y ya que después del cráneo, los huesos de la cadera son los más importantes, con estos se podrá llegar a la determinación de los fósiles para hacer una identificación. Por las características que presentan los huesos de uno de los individuos, tales como una paleta púbica grande y delgada, un isquion cuyo bastón termina en un nódulo redondeado y un ilion largo con un proceso preacetabular inclinado en dirección ventral, se podrá situar a este espécimen en la subfamilia Saurolophinae.

VI. METODOLOGÍA

VI.1. Sitio de Estudio

El municipio de Fronteras no había sido explorado antes en busca de dinosaurios, hasta que en el año 2009 pobladores locales encontraron pisadas y rastros de ellos en afloramientos de rocas sedimentarias que afloran justo al oriente del poblado de Esqueda, Sonora. Las rocas donde estos fósiles fueron encontrados se han asignado al Grupo Cabullona y sus afloramientos se extienden desde Esqueda hasta el poblado de Fronteras a lo largo de las partes bajas de la cordillera de baja altitud que se extiende justo al oriente de dichos poblados. El Grupo Cabullona tiene en esta región una edad de entre 75 y 72 Ma, semejante a la que se tiene de estas mismas rocas en la región de Naco, Sonora ubicada a 30 km al norte de Esqueda. Estas edades son de acuerdo a fechamientos radiométricos de rocas volcánicas intercaladas en el Grupo Cabullona pero aún no publicadas (C. González León, comunicación personal, 2013)

El sitio donde fueron colectados los ejemplares fósiles estudiados en el presente trabajo se localiza a 1 km al oriente del poblado de Fronteras, Sonora. Fronteras se encuentra ubicado al noreste del estado de Sonora, a 55 kilómetros al sur de la ciudad de Agua Prieta y a unos 200 kilómetros al noreste, en línea recta, de la capital del estado. Su principal vía de comunicación es la Carretera Federal 17 que comunica a Fronteras con estas dos poblaciones, al norte Agua Prieta y al sur Nacozari, además de con otras localidades del mismo municipio, como Esqueda. El Sitio 1, donde fue desenterrado el primer ejemplar (H1) se localiza en las coordenadas 30° 53' 21" N, 109° 32' 43" W. El Sitio 2, de donde fue colectado el segundo ejemplar (H2) corresponde a las coordenadas 30° 53' 21" N, 109° 32' 49" W, ambas alrededor de los 1150 m de elevación sobre el nivel del mar. Ambos sitios son cercanos entre sí, con aproximadamente 200 m de distancia (Figura 6 y 7).

El clima en esta región, de acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Köppen modificado por García (1973), es de tipo BSokw(x'). Es decir, seco con régimen de lluvias en verano, templado con veranos cálidos y de temperatura media anual entre 12 y 18°C. El relieve está compuesto por lomeríos que drenan en el arroyo Fronteras.

Actualmente las localidades poseen una vegetación de matorral desértico micrófilo espinoso del Desierto Chihuahuense, según los mapas de vegetación de INEGI.

Como se ha mencionado, la fauna fósil encontrada en las rocas del Grupo Cabullona es muy abundante (Figuras 4 y 5). La presencia de estos fósiles, junto con el tipo de rocas, sugieren para el Cretácico un ambiente ripario y de vegetación de galería en planicie fluvial de inundación, con abundante agua disponible para mantener, tanto comunidades de árboles grandes, como comunidades de grandes dinosaurios. El trabajo de campo de exploración y fechamiento radiométrico en las rocas del Grupo Cabullona de la región, así como el financiamiento parcial para el presente trabajo fueron proporcionados por el proyecto UNAM-PAPIIT IN101811-3 “Análisis del origen, evolución y desorganización de la cuenca Cabullona (Cretácico Superior), noreste de Sonora” cuyo responsable es el Dr Carlos González León.

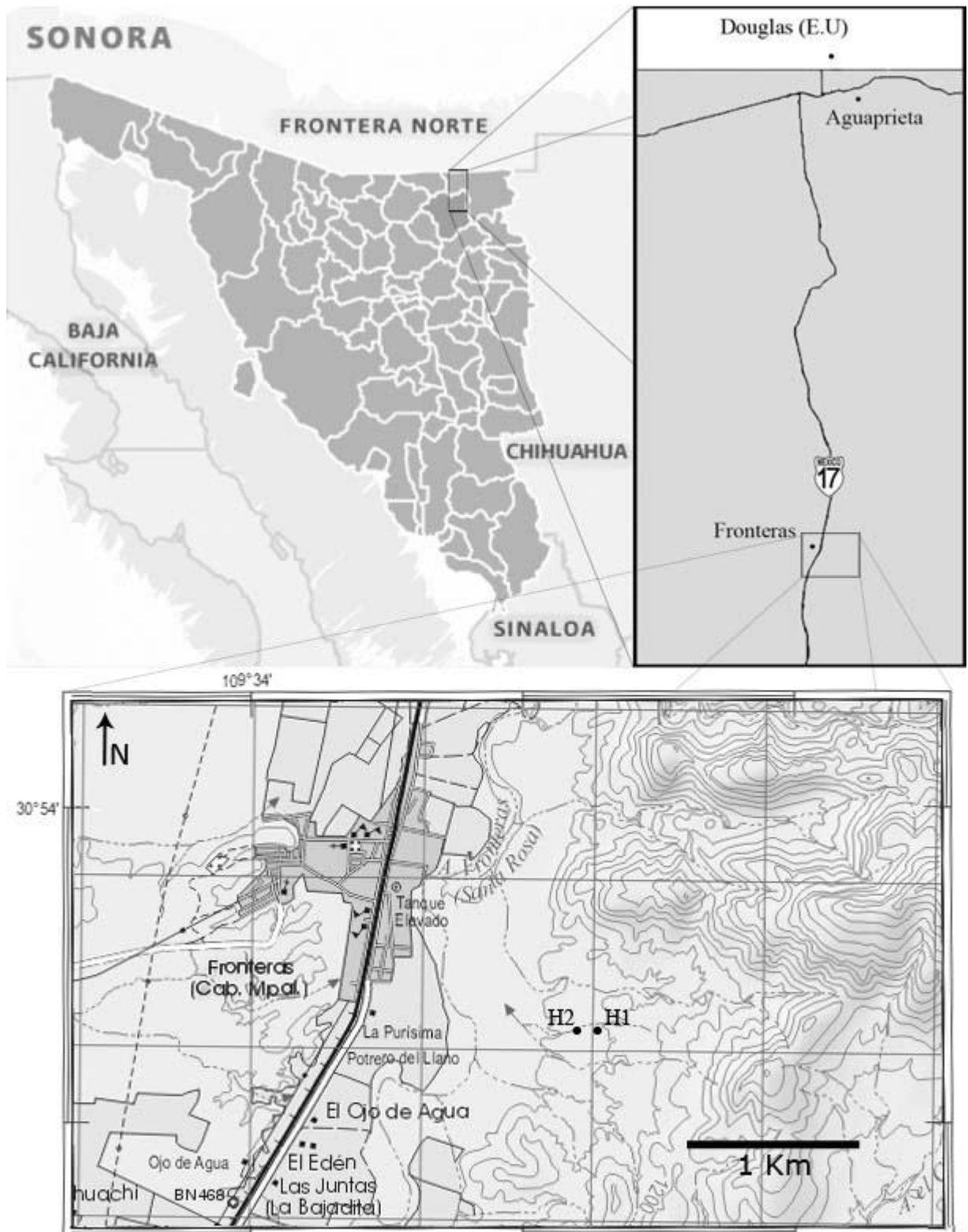


Figura 6. Mapa del área de estudio donde se muestra el poblado de Fronteras, los puntos H1 y H2 que representan los sitios del primer y segundo esqueleto, respectivamente. Mapa de INEGI.

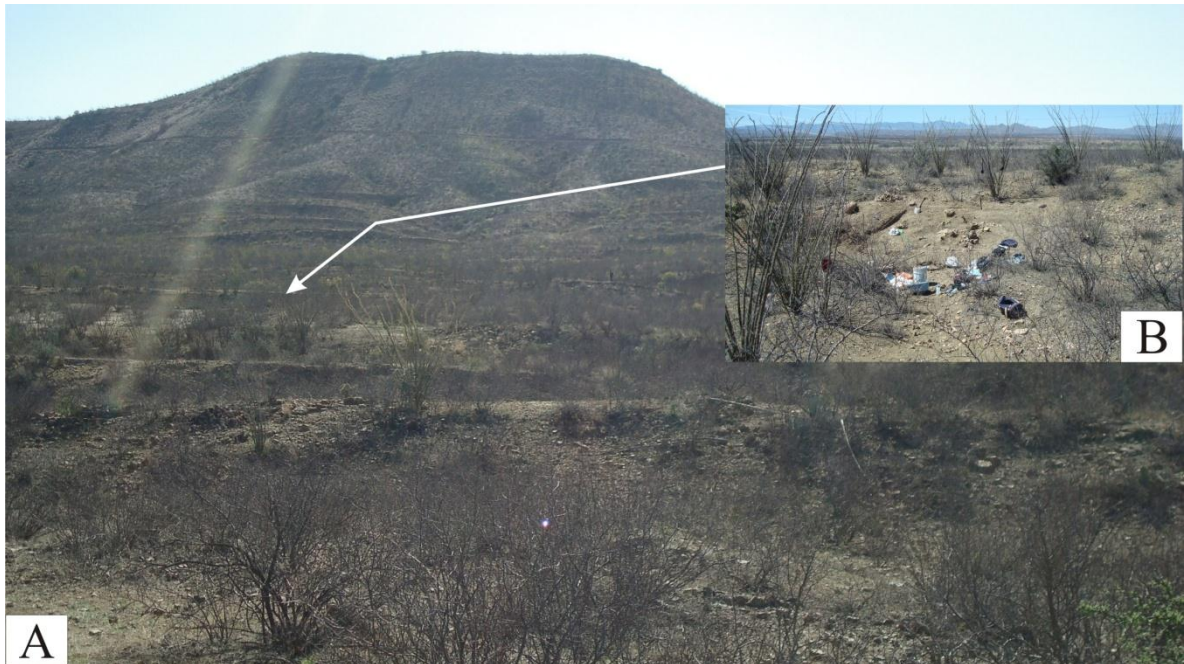


Figura 7. A) Panorámica de los afloramientos de las rocas del Grupo Cabullona al oriente de Fronteras, Sonora de donde se colectaron los ejemplares H1 y H2. La flecha indica la localización aproximada del sitio en detalle mostrado en B) de donde se encontró a H1. Fotografías de Dr. Carlos M. González León.

VI.2. Marco Geológico

El Grupo Cabullona está formado, mayormente, por rocas sedimentarias de origen continental que alcanzan un espesor de 2.5 km. Estos sedimentos se depositaron al mismo tiempo de la formación de la cuenca del mismo nombre, una depresión formada por fallamiento contemporáneo a finales del Periodo Cretácico. Los ambientes sedimentarios continentales que predominaban al tiempo de formación de las rocas del Grupo Cabullona eran grandes abanicos aluviales, ríos, deltas y lagos.

La columna estratigráfica que aflora en la zona estudiada y que contiene a los ejemplares fósiles consiste de una sucesión de conglomerados, areniscas, limolitas y lutitas bien consolidadas que alcanzan un espesor de 500 m. La columna se termina en su parte superior por un paquete de casi 100 m de roca volcánica. Esta es una secuencia sedimentaria incompleta ya que no se conoce ni su base ni su cima, por estar cubierta, pero que se asigna a las rocas del Grupo Cabullona por su parecido litológico, contenido fósil y edad. La edad de esta parte de la columna se constriñe entre 75 y 72 millones de años (Campaniano) de acuerdo a fechamientos isotópicos que se han realizado en secciones estratigráficas parecidas en la región comprendida entre esta localidad y el poblado de Esqueda, localizado a unos 20 km al sur del área (C. M. González León, comunicación personal, 14 de octubre de 2012).

La litología de la columna estudiada forma secuencias cíclicas de varios metros de espesor (Figura 8) que representan los ambientes de depósito de grandes ríos que cruzaban el paisaje de esos tiempos. Los conglomerados y las areniscas, de grano más grueso, forman la parte inferior de las secuencias y representan los paleocanales de los ríos, mientras que las limolitas que los sobreyacen representan las planicies de inundación de esos ríos. Aproximadamente a 150 m de la base de la columna medida se intercala, entre los depósitos fluviales, un paquete de 50 m de sedimento más fino, lutitas negras con bivalvos y gasterópodos, que representan el depósito de lagos.

Entre los depósitos de origen fluvial se encuentran vértebras, dientes y otros fragmentos de huesos de dinosaurios al igual que abundantes fragmentos de madera fósil. A la fecha, los restos más completos de dinosaurios que se han encontrado corresponden a los aquí descritos más adelante.

VI.3. Prospección

Durante el año 2010 en diversas temporadas de campo se realizaron caminamientos de prospección en la región de Esqueda-Fronteras con el objetivo de localizar restos de dinosaurios y otros fósiles; un martillo geológico es muy útil en este tipo de trabajos para quebrar y mover rocas. Es posible encontrar fragmentos esparcidos o que hayan rodado cuesta debajo de su estrato original. Cuando se encuentra algún resto que esté parcialmente enterrado, se comienza a desenterrar poco a poco con una brocha en busca de algún otro hueso relacionado, que podría ser un esqueleto parcial.

En el caso de los fósiles de dinosaurio pueden ser identificados por diferentes características: usualmente los fósiles presentan una coloración diferente al del estrato en donde se encuentra; la superficie del hueso, si no está cubierta de sedimento, tiene una apariencia lisa y en ocasiones brillante; si el fósil está roto, en la superficie fracturada generalmente se le observa el tejido óseo poroso y áspero (Figura 9). En ocasiones es posible saber si es un hueso fósil por la forma de éste, aun cuando esté cubierto por una capa de sedimento.

En marzo del 2010 durante prospección conjunta del M.C. René Hernández Rivera y del Dr. Carlos M. González León del Instituto de Geología de la UNAM, fue localizado y levantado el ejemplar H1. Los restos fueron guardados y limpiados en un local proporcionado por el H. Ayuntamiento de Fronteras y posteriormente el autor del presente trabajo los estudió para ser reportados en la presente tesis El segundo ejemplar (H2) se localizó durante un trabajo de campo realizado por el M.C. René Hernández Rivera y el autor de este trabajo en noviembre del 2011. En esa ocasión el equipo humano se separó buscando indicios de fósiles que hayan aflorado a la superficie, mientras caminaban, ya que si están enterrados es más probable que haya más restos asociados. Se encontraron algunos fragmentos dispersos y solitarios, hasta dar con el Sitio 2.

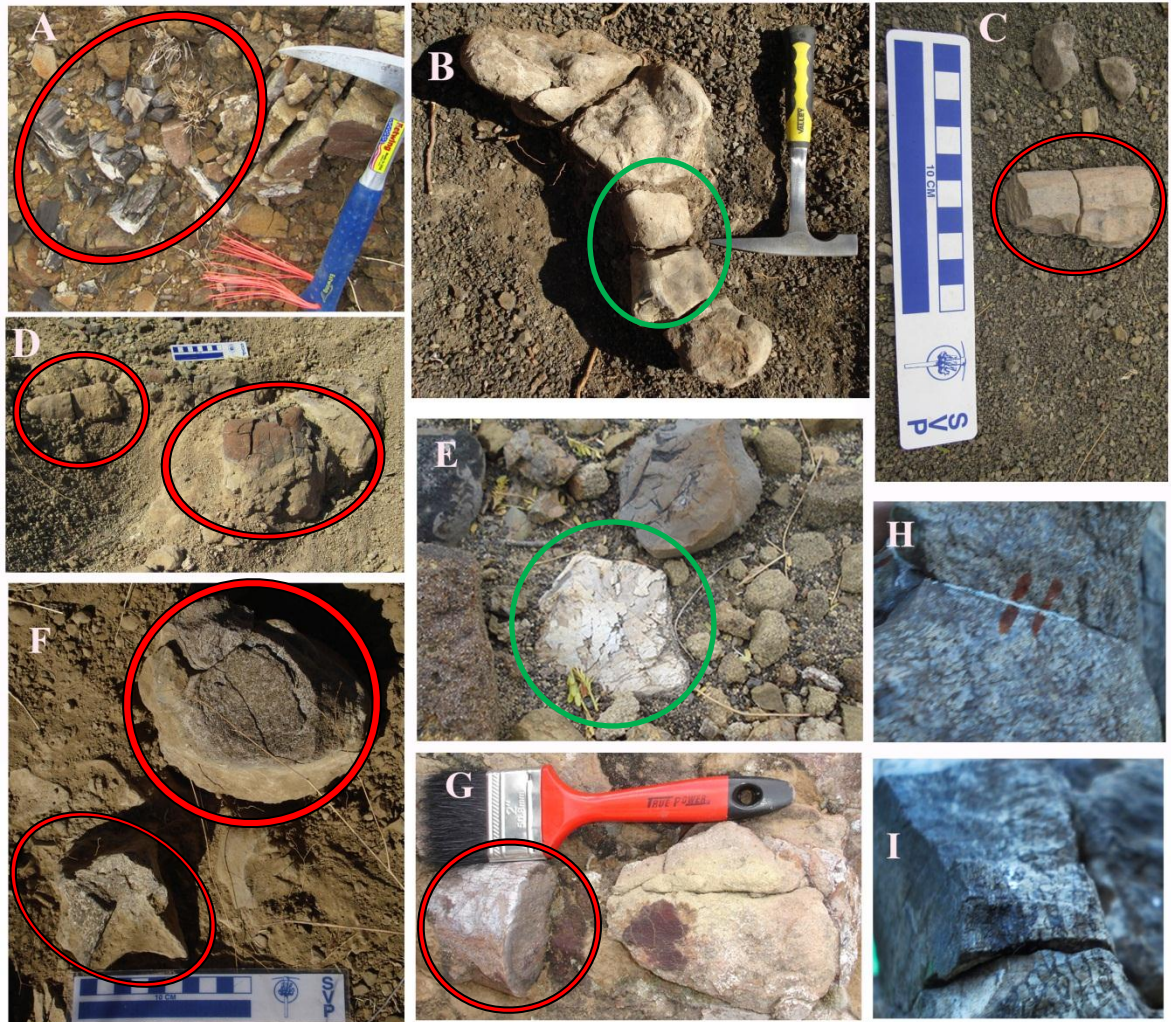


Figura 9. Fotografías de varios fósiles de dinosaurio tomadas *in situ*: se observa diferencia de color con respecto al suelo o roca madre (A-G el fósil encerrado en el círculo rojo); forma diferente al resto de las rocas del sustrato, con forma de hueso aun estando en el sitio (B); superficie del hueso lisa (círculo verde en B y E); acercamiento a la parte interior de un fósil donde se muestra la porosidad que alguna vez tuvo el hueso (H e I). Fotografías de Rubén Duarte Bigurra.

VI.4. Limpieza del Terreno

La localización de los ejemplares H1 y H2 empezó al realizar la excavación de una vértebra que afloraba parcialmente en cada sitio. Al hacerlo se empezaron a detectar otras vértebras por lo que se instaló un campamento para continuar con las excavaciones. Los sitios se localizaron con un GPS de bolsillo. Una vez que ya fueron descubiertos la mayoría de los componentes fósiles del espécimen y para controlar la posición de cada uno de ellos se tendió una cuadrícula de hilo, la cual sirvió además para poder dibujar a escala la distribución y posición de cada componente (Figuras 10 y 11). Los instrumentos utilizados para la limpieza y excavación fueron palas, picos, martillos, cinceles y brochas. Los huesos más superficiales en ambos sitios se encontraron en suelo poco duro, pero a medida que se enterraban a profundidad se encontraron en roca consolidada y dura. En total se trabajó escarbando en un área de aproximadamente 4x4 m y a una profundidad de 70 cm en el sitio de H1, mientras que en el Sitio 2 se trabajó un área aproximada de 3x4 m y una profundidad de 50 cm. Todo el trabajo se realizó con gran cuidado para no dañar el material encontrado, aunque en general las piezas estaban moderadamente fracturadas.



Figura 10. Fotografía que muestran las excavaciones realizadas en el Sitio 1 cuando tenía un avance de 50%. Fotografía de Dr. Carlos M. González León.



Figura 11. Fotografía que muestran las excavaciones realizadas en el Sitio 2 cuando tenía un avance del 50%. Fotografía de Rubén Duarte Bigurra.

VI.5. Boceto y Extracción

Como se dijo antes, una vez limpio el terreno con la mayor cantidad de huesos expuestos, se levantó una cuadrícula con cuerdas formando secciones de 1m^2 cada una. A cada columna se le asignó un número, mientras que a las filas una letra; esto para diferenciar cada segmento de la cuadrícula. Esta técnica es muy utilizada en arqueología. Sirve para hacer un dibujo, en una hoja milimétrica, para establecer en qué posición se encontraban cada uno de los huesos, al igual que su orientación con respecto al norte en una brújula. El dibujo fue lo más detallado posible, a escala 1:25 en el caso de H1 y 1:20 en H2, incluyendo la cuadrícula. Todo esto para una mejor reconstrucción, entendimiento de cómo estaban ordenados los huesos al momento de que el organismo fue enterrado y qué posición tendría cada hueso en el organismo al estar vivo.

Los fósiles fueron extraídos con mucho cuidado dentro de una férula de yeso que se les construyó alrededor para evitar que se rompieran, ya que estaban parcialmente fracturados y se enumeraron de acuerdo a su posición dentro de la cuadrícula. La férula de yeso se hace cubriendo el hueso con papel higiénico mojado, previniendo así que el yeso se pegue al hueso. Sobre el papel mojado se agregan dos o tres capas de mantas de saco de ixtle bañadas en una solución de yeso con agua. Entre capa y capa se debe esperar a que seque un poco la capa anterior para agregar la siguiente. Una vez hecho esto y si existen condiciones soleadas y de poca humedad, la férula de yeso se secará y el hueso cubierto estará listo para levantarse en unas tres horas. El levantamiento de las férulas del Sitio 1 se hizo excavando la parte inferior del hueso consolidado por la férula y el transporte se hizo hasta el poblado en una carretilla, de hueso en hueso; en el Sitio 2 se cargaron en una camioneta para ser transportadas al poblado.

VI.6. Limpieza de los Fósiles y Reconstrucción

Cuando los fósiles son extraídos y se encuentran en el laboratorio, se procede a remover todo aquel sedimento, polvo, tierra o férula que esté cubriendo al fósil, con ayuda de cepillos metálicos o instrumentos de dentista, como pequeñas espátulas o ganchos, todo esto con mucho cuidado. Se retira la mayor cantidad posible de estos elementos, esto con el fin de tener una mejor apreciación de las formas de los huesos.

La reconstrucción se basa principalmente en las marcas hechas en los huesos al momento de ser encontrados; sin embargo se pueden encontrar algunos fragmentos que no estaban unidos en el sitio y esto puede tomar mucho tiempo ya que se debe de inspeccionar cada fragmento de hueso que se haya extraído para ver si puede completar algún otro ejemplar. Para unir las piezas se utiliza resina o pegamento de secado rápido. Los extremos a unir se limpian para una mejor fijación, si es necesario con los instrumentos de dentista. La reconstrucción, al igual que la limpieza, sirve para identificar los huesos y para poder percibir mejor las formas de los mismos. Sí los restos presentan una capa de sedimento pegado a su superficie, se utiliza un percutor, accionado por una compresora de aire, para remover todo aquello que no sea fósil.

Todo este trabajo se realizó en una instalación que el ayuntamiento de Fronteras proporcionó para guardar el material colectado. Sin embargo la instalación no contaba con todo el equipo requerido para hacer un buen trabajo, por lo que en muchos casos la limpieza no fue lo más completa posible. Este problema sin embargo no fue grave, ya que los huesos colectados salieron de manera bastante limpia. El fracturamiento de muchos de ellos pudo resolverse al pegarlos con una resina adecuada para el caso. Para esta tesis los fósiles no fueron limpiados en su totalidad en el contexto de esta tesis, ya que se necesitan instrumentos especializados con los que no se cuentan actualmente.

VI.7. Descripción

Una vez limpio y preparado el material para estudio, se procedió a fotografiarlo, con la ayuda de un tripié. Los huesos se tomaron en sus caras caudal, craneal, dorsal, ventral y

laterales (Figuras 12, 13, 14 y 15) junto con una escala para representar sus dimensiones en cada foto. Estas se tomaron sobre un fondo de color uniforme, neutro, de preferencia que no fuera blanco o negro para no perder detalles de los huesos. Se observó cada uno de los huesos describiendo cada una de sus características, tomando nota de todas estas particularidades.

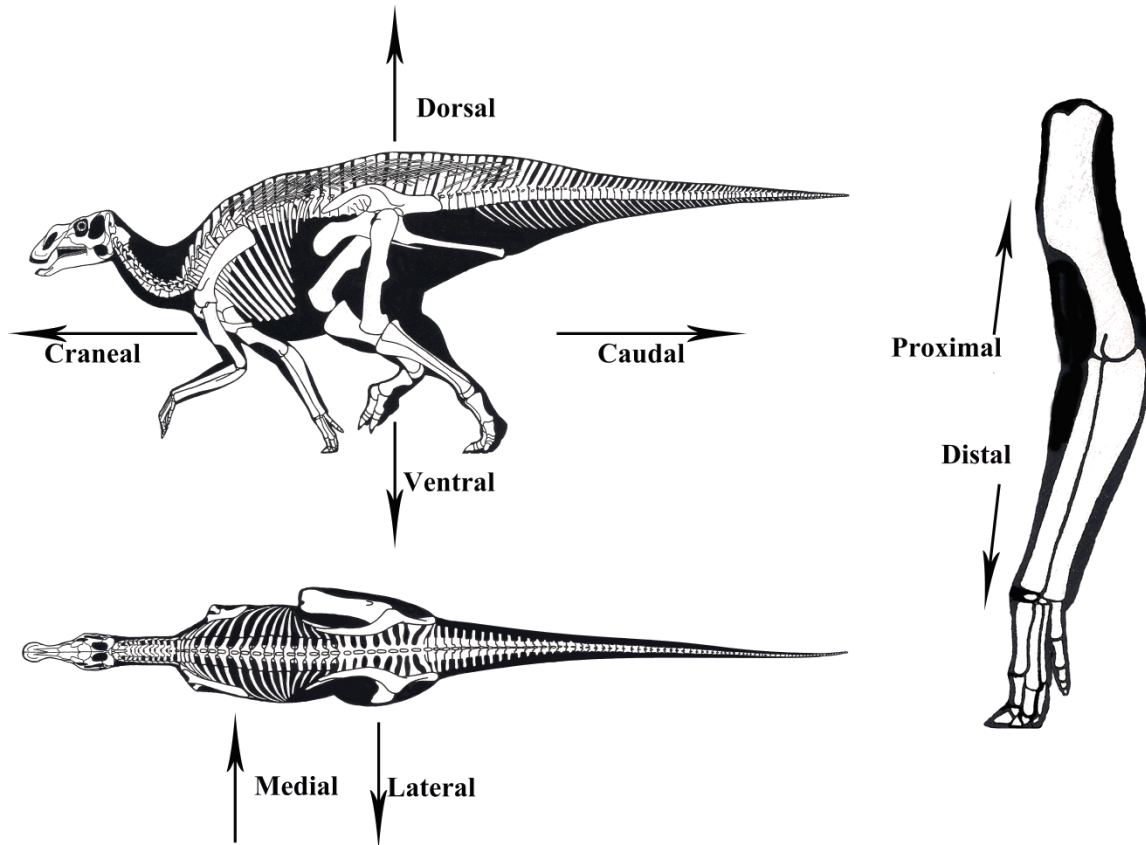
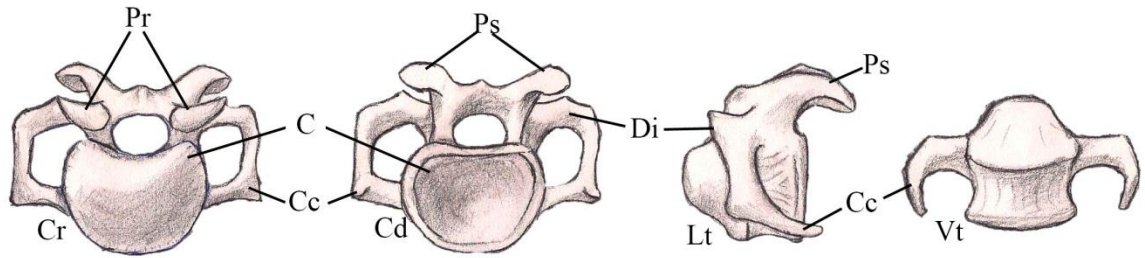
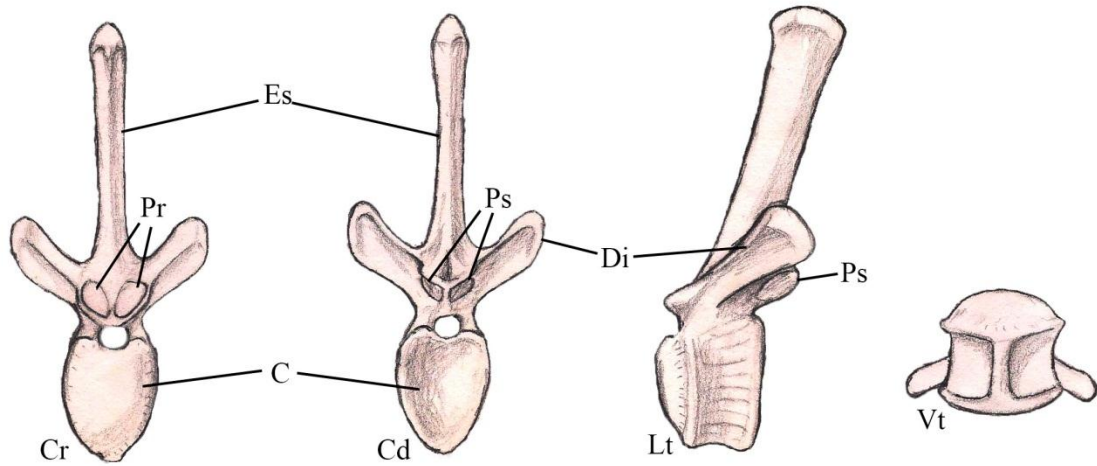


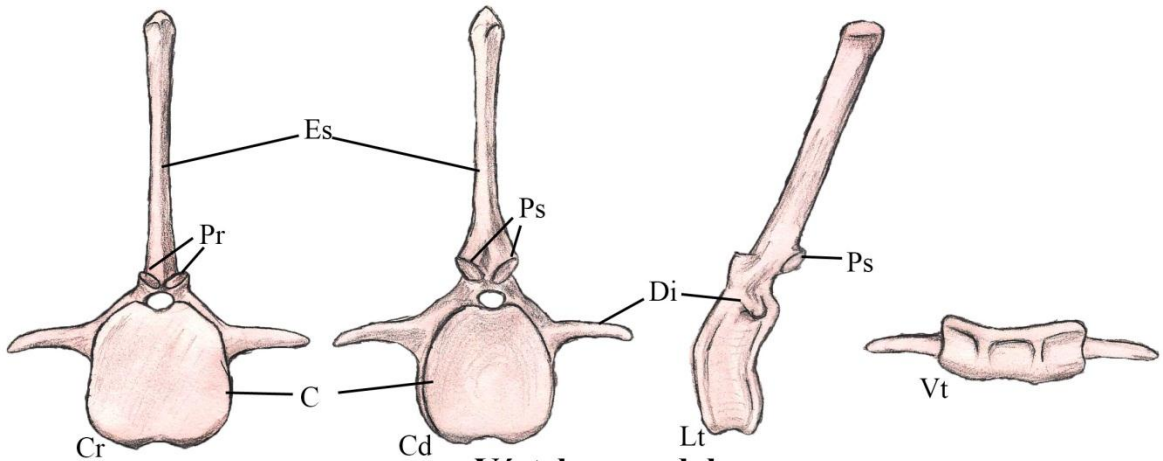
Figura 12. Esquema de las direcciones generales en el cuerpo de un organismo y en las extremidades, donde se sustituye dorsal y ventral por proximal y distal, respectivamente. Modificado de G. S. Paul (2010).



Vértebra cervical



Vértebra torácica



Vértebra caudal

Figura 13. Formas básicas de las vértebras de un hadrosaurio en vista craneal (Cr), caudal (Cd), lateral izquierdo (Lt) y ventral (Vt), mostrando sus características principales: prezygopófisis (Pr), postzygopófisis (Ps), centro de la vértebra (C), diapófisis (Di), espina neural o proceso espinoso (Es) y costica cervical (Cc). Las vistas ventrales de las 3 vértebras muestran las diferencias entre cada uno de los tipos. No se incluyeron las vértebras sacras ya que no se han encontrado en H1 ni H2. Figuras de Rubén Duarte Bigurra.

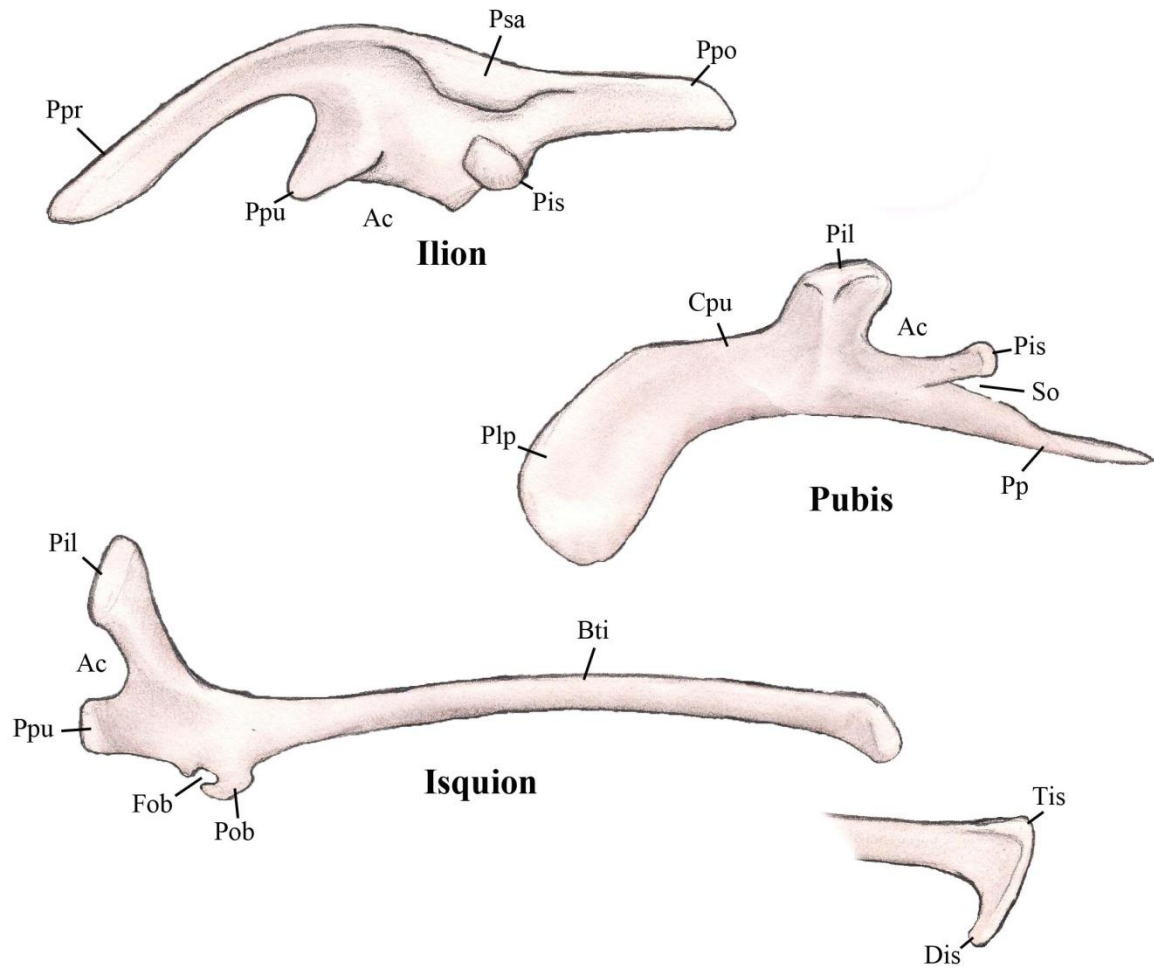


Figura 14. Huesos que forman la cadera pélvica con sus características morfológicas principales. Características del ilion; proceso preacetabular (Ppr), pedúnculo púbico (Ppu), acetábulo (Ac), proceso supraacetabular (Psa), pedúnculo isquial (Pis), proceso postacetabular (Ppo). Características del pubis; paleta púbica (Plp), cuello púbico (Cpu), pedúnculo iliar (Pil), acetábulo (Ac), pedúnculo isquial (Pis), surco obturador (So), post pubis (Pp). Características del isquion; pedúnculo púbico (Ppu), acetábulo (Ac), pedúnculo iliar (Pil), fosa obturadora (Fob), proceso obturador (Pob), bastón iliar (Bti); en caso se la familia Saurolophinae la terminación del bastón es diferente, poseen un “bota” con talón isquial (Tis) y en ocasiones un dedo isquial (Dis). Figuras de Rubén Duarte Bigurra.

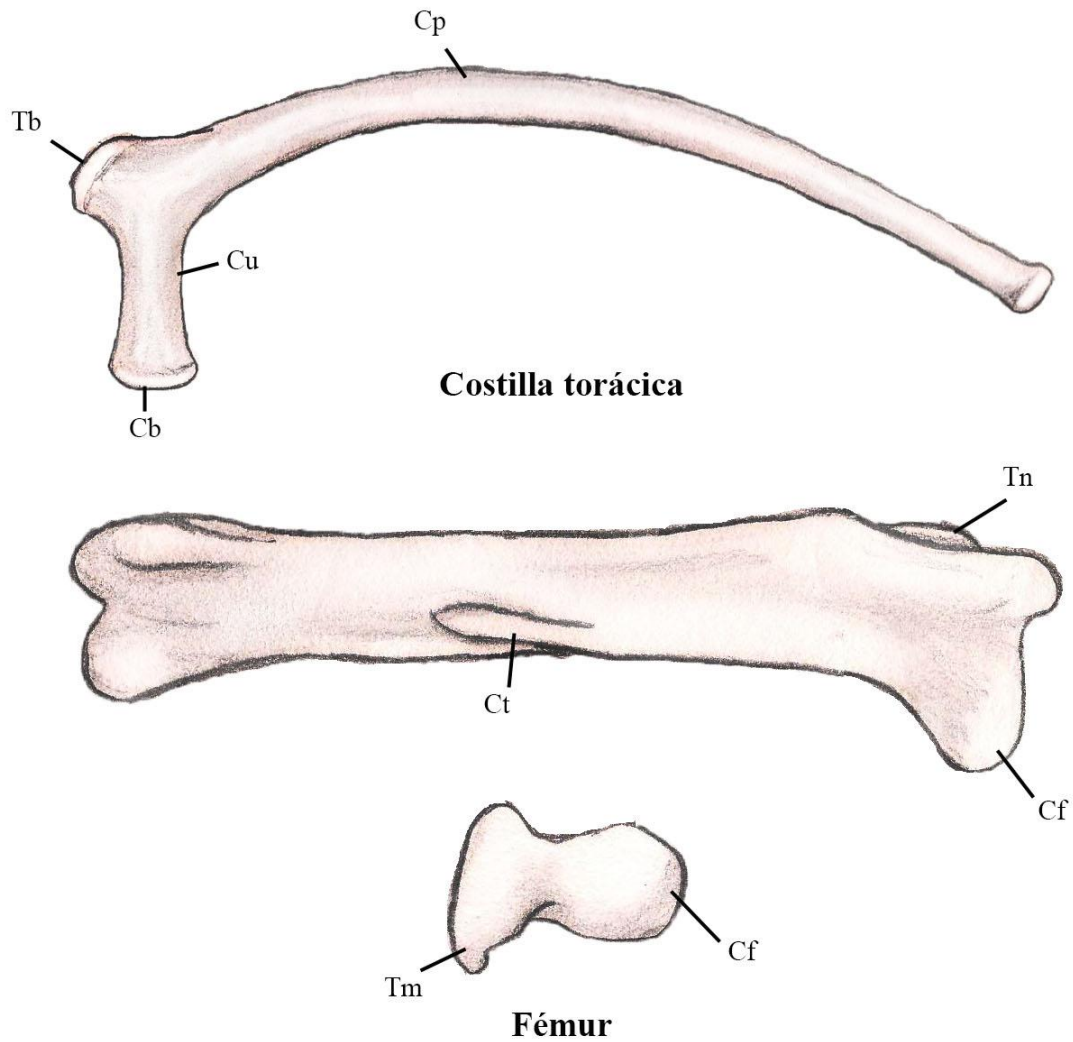


Figura 15. Características de una costilla torácica (vista craneal); tubérculo (Tb), cabeza (Cb), cuello (Cu), cuerpo (Cp). Características de un fémur envista caudal (en medio) y dorsal (abajo); cabeza femoral (Cf), trocánter mayor (Tm), trocánter menor (Tn), cuarto trocánter (Ct). Figuras de Rubén Duarte Bigurra.

VII. RESULTADOS

Durante este estudio se le otorgó un número único, no oficial, a cada uno de los huesos a medida que se describían, para ayudar en su identificación, diferenciación entre cada hueso y entre cada sitio. El mismo será usado para representar a cada fósil en cada una de las figuras que se mostraran en las imágenes de las descripciones. Sin embargo estarán ordenadas por su posición en el dinosaurio. Por ejemplo en la columna vértebra I se empezará con las vértebras cervicales, seguidas de las vértebras torácicas y por último las vértebras caudales.

VII.1. Individuo H1

En el individuo H1 se extrajeron cuarenta y seis piezas fósiles. Éstos incluyen veintisiete vértebras; tres cervicales, nueve torácicas, una caudal, seis centros incompletos de vértebra s torácicas y nueve espinas neurales; un fémur parcial, trece costillas parciales, ilion izquierdo, par de pubis y par de isquion. En la Figura 16 se puede ver la posición original en la que se encontraron los restos.

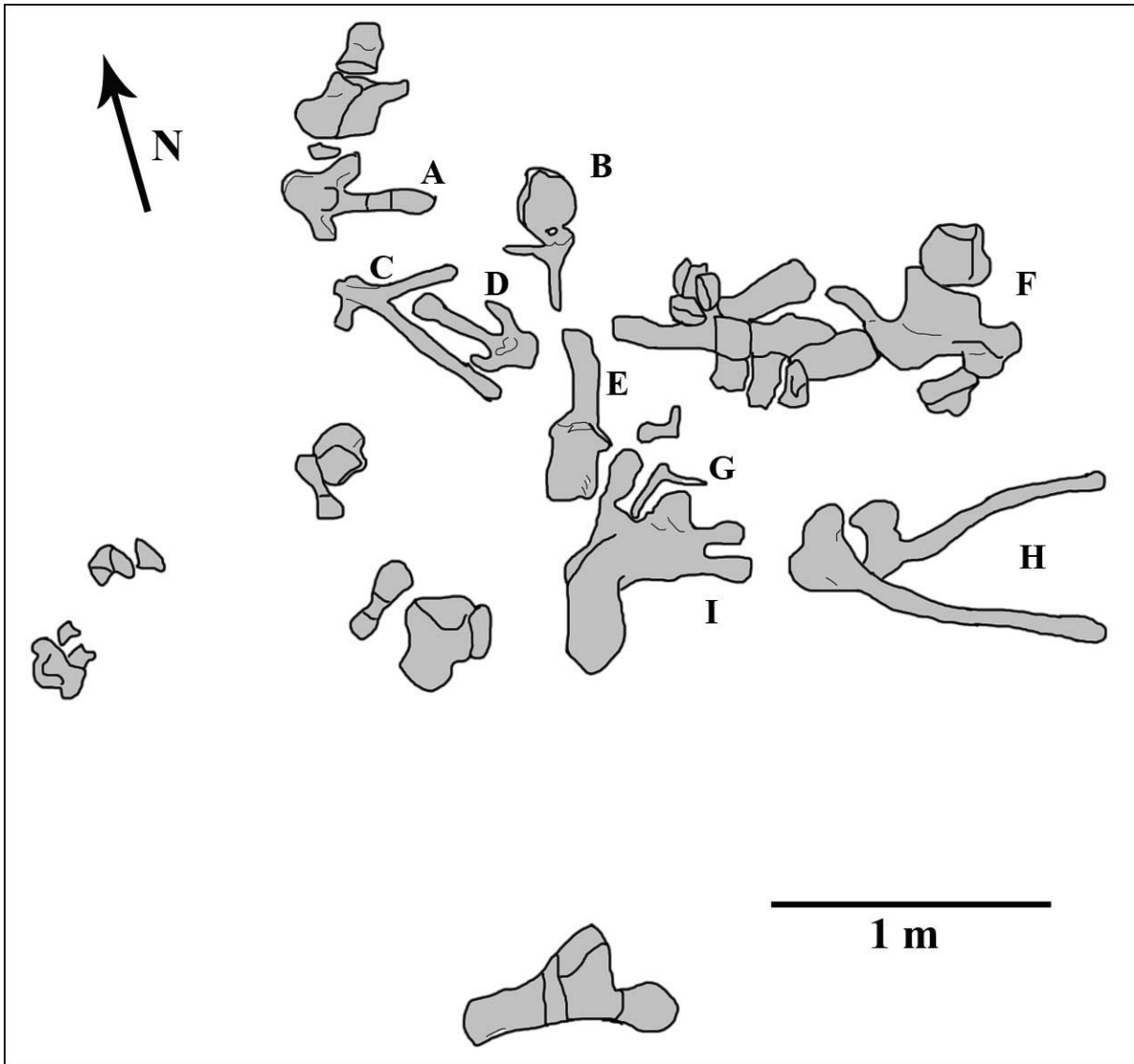


Figura 16. Esquema del Sitio 1, éste se realizó antes de hacer alguna extracción y no se registraron las posiciones de algunos huesos subyacentes. Vértebra torácica (VT) H1-01(A); VT H1-11 (B); conjunto de costillas H1-27 (C); VT H1-10 (D); VT H1-37 (E); ilion H1-05 (F); costilla torácica H1-24 (G); par de isquion H1-08 (H); par de pubis H1-07 (I). Figura de Rubén Duarte Bigurra.

VII.1.1. Columna vértebra I

Las partes que corresponden a la columna vértebra I del organismo H1 incluyen 3 vértebras cervicales (Figura 17); 9 vértebras torácicas (Figuras 18 y 19); 6 centros de vértebras torácicas (Figuras 20 y 21) y 9 espinas neurales (Figura 22); la única vértebra caudal encontrada (Figura 23). Las vértebras estarán ordenadas por su posición en la columna, empezando por las más cercanas al cráneo.

VII.1.1.1. Vértebra cervical (H1-06)

El centro es opistocélico bien marcado. Las caras laterales son cóncavas y muy anchas, casi tanto como la cara craneal. El canal neural es muy ancho y está cubierto de sedimento. El proceso espinoso es apenas perceptible, como una pequeña cresta en la parte central dorso-craneal del arco neural. Las diapófisis y prezigoapófisis izquierdas se perdieron. La diapófisis restante es corta, en su parte dorsal se encuentra la prezigoapófisis. Esta es ancha y de gran tamaño y su faceta se inclina levemente en dirección cráneo-medial, sobresaliendo dorsalmente en su extremo lateral. Junto con el sedimento que recubre la diapófisis restante se encuentra la costilla cervical. En el extremo ventro-caudal de ésta, se observa la punta del cuerpo que se curva ligeramente en dirección medial. Las postzigoapófisis se extienden en dirección caudal, son cortas y robustas. Sus facetas se inclinan ligeramente ventro-lateralmente.

VII.1.1.2. Vértebra cervical (H1-21)

Centro opistocélico bien marcado. Caras laterales cóncavas y angostas con relación a las caras craneal y caudal. El canal neural es ancho y muy visible a pesar de estar cubierto de sedimentos. Las diapófisis se extienden casi horizontalmente hacia los laterales y ligeramente en dirección caudal; el elemento derecho está en una matriz de roca que cubre casi por completo este lado del centro, posiblemente la costilla cervical se encuentre dentro. Las prezigoapófisis apenas son visibles entre el sedimento. Las postzigoapófisis se perdieron poco arriba de su base. Se nota un indicio de espina neural justo arriba del canal neural.

VII.1.1.3. Vértebra cervical (H1-02)

El centro es opistocélico bien marcado, sus caras laterales están cubiertas de sedimento, pero se distingue su concavidad. Estas son angostas con relación a las caras craneal y caudal del centro. La cara craneal es un poco más estrecha que la caudal. El canal neural está completamente cubierto por roca. Las diapófisis se extienden hacia los laterales haciendo una ligera curva en dirección caudal, son robustas. Las prezigapófisis se encuentran sobre la base de las diapófisis, con sus facetas viendo en dirección cráneo-dorsal. Las postzigapófisis se extienden en dirección caudal curvándose ligeramente a caudo-ventral, con sus facetas se inclinan un poco en dirección ventro-lateral. Se distingue un indicio de la espina neural como una pequeña cresta entre las postzigapófisis en la cara craneal, justo encima del canal neural. Las facetas costales están cubiertas por sedimento y solo se ve un pequeño bulto en las caras laterales del centro.

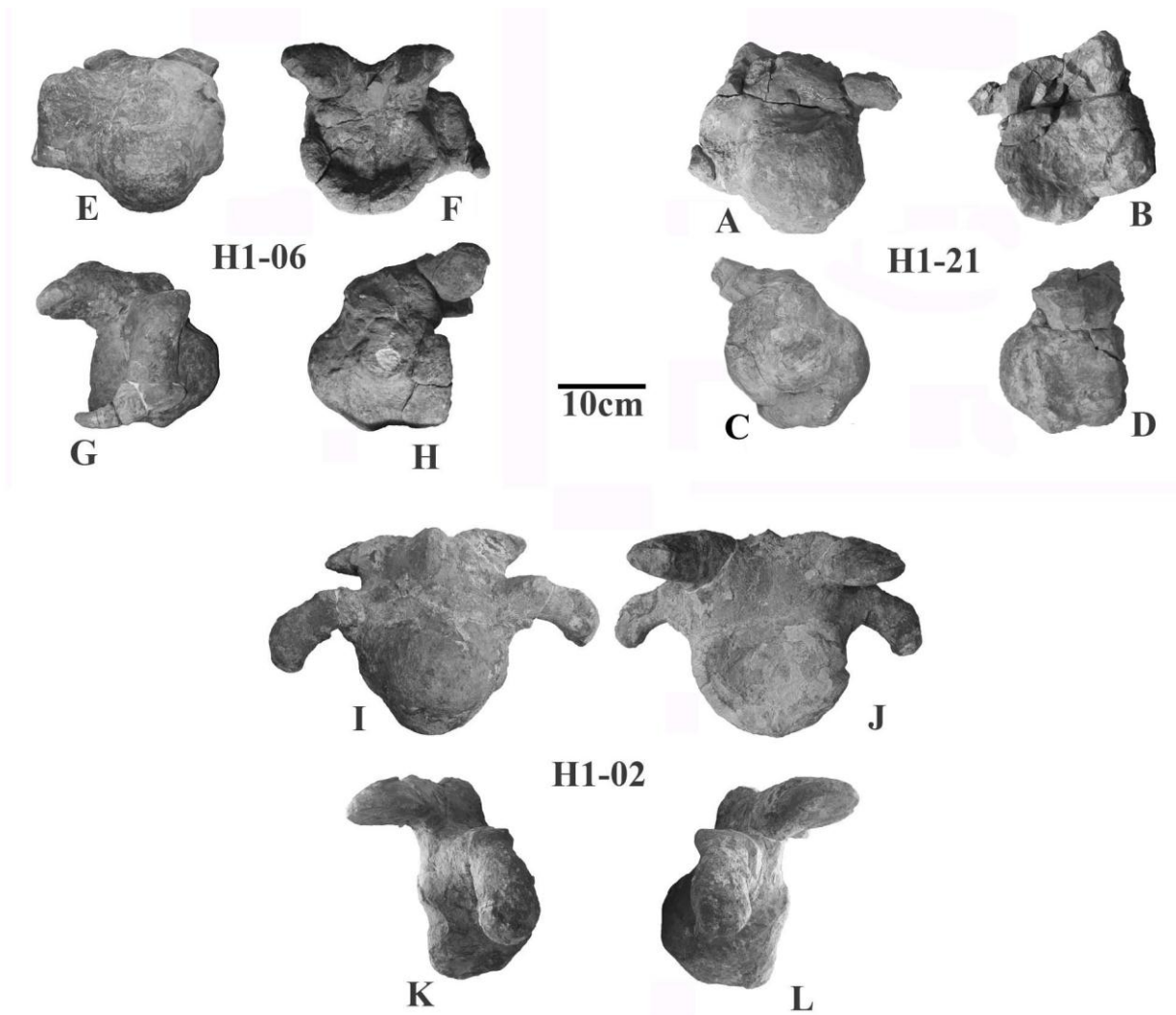


Figura 17. Vértebra 06 en vista craneal (E), vista caudal (F), vista lateral derecho e izquierdo (G y H respectivamente). Vértebra 21 en vista craneal (A), vista caudal (B), vista lateral derecho e izquierdo (C y D respectivamente). Vértebra 02 en vista craneal (I), vista caudal (J), vista lateral derecho e izquierdo (J y L respectivamente). Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.1.4. Vértebra torácica (H1-10)

El arco neural está separado del centro. Las prezigapófisis están erosionadas y apenas visibles. Las postzigapófisis están mejor preservadas, se inclinan en dirección latero-ventralmente y sobresalen a causal sobre donde debería estar el centro. Las diapófisis se inclinan latero-dorsalmente de una forma muy marcada. La espina neural es alta, se inclina fuertemente en dirección caudal, casi 45° y robusta con 2 protuberancias ovoides, posiblemente concreciones.

VII.1.1. 5. Vértebra torácica (H1-14)

Arco neural sin centro. Las prezigapófisis están desgastadas y sobresalen en dirección caudal sobre la posición del centro. Las diapófisis se perdieron desde su base, pero se puede observar que apuntaban en dirección dorso-lateral. La espina neural es robusta, no muy ancha ni muy angosta cráneo-dorsalmente; se inclina fuertemente en dirección caudal, aunque no tanto como H1-10, y aún más hacia lateral izquierdo. Ésta última posible se debe a una deformación por la fosilización.

VII.1.1.6. Vértebra torácica (H1-09)

El centro es opistocélico y angosto latero-medial, sus caras laterales son cóncavas y anchas cráneo-caudalmente. El canal neural está cubierto por completo de sedimento. La prezigapófisis izquierda se perdió, la derecha está erosionada levemente. Las postzigapófisis poco erosionadas; sobre salen en dirección caudal por encima del centro y el canal neural. Las diapófisis están casi completas, son robustas e inclinadas notablemente en dirección dorsal. El proceso espinoso robusto y largo, ligeramente inclinada en dirección caudal.

VII.1.1.7. Centro de Vértebra Torácica (H1-13)

Centro opistocélico completo, angosto medio- lateralmente. Con caras laterales cóncavas muy anchas. No cuenta con el arco neural.

VII.1.1.8. Vértebra Torácica (H1-12)

El centro es muy similar a H1-09, opistocélico y angosto latero-medialmente, con caras laterales cóncavas y anchas cráneo-caudalmente. Las prezigoapófisis están erosionadas levemente. Las postzigoapófisis poco erosionadas; sobre salen hacia caudal por encima del centro y el canal neural en dirección caudal. Las diapófisis se inclinan dorso-caudalmente. El proceso espinoso robusto y largo, ligeramente inclinada en dirección caudal.

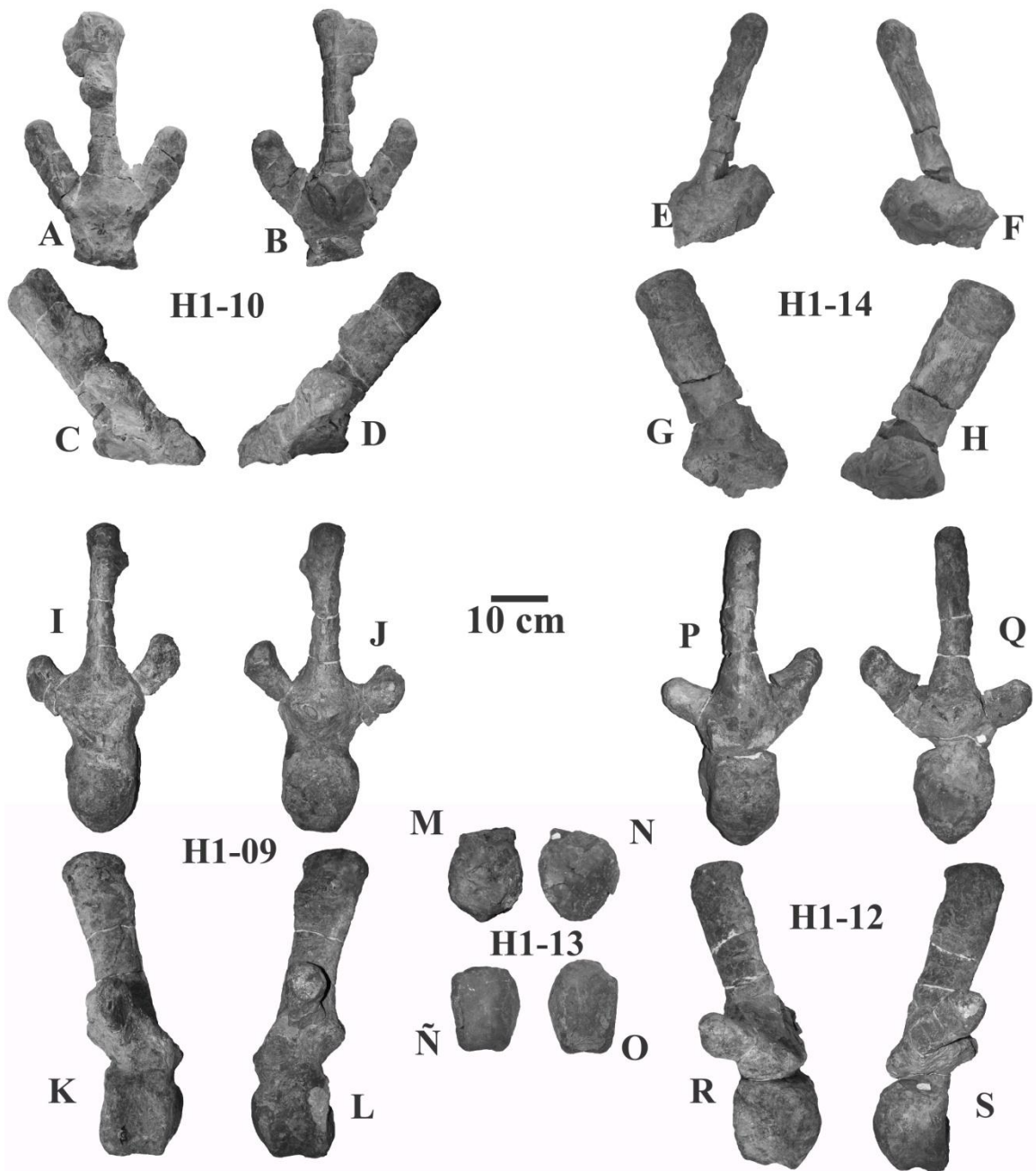


Figura 18. Vértebra 10 en vista craneal (A), vista caudal (B), vista lateral derecho e izquierdo (C y D respectivamente). Vértebra 14 en vista craneal (E), vista caudal (F), vista lateral derecho e izquierdo (G y H respectivamente). Vértebra 09 en vista craneal (I), vista caudal (J), vista lateral derecho e izquierdo (K y L respectivamente). Vértebra 13 en vista craneal (M), vista caudal (N), vista lateral derecho e izquierdo (Ñ y O respectivamente). Se muestra la escala en centímetros. Vértebra 12 en vista craneal (P), vista caudal (Q), vista lateral derecho e izquierdo (R y S respectivamente). Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.1.9. Vértebra torácica (H1-35)

El centro opistocélico, aunque se observa faltan algunos fragmentos. Las caras craneal y caudal, las laterales son cóncavas y están poco erosionadas. El arco neural está incompleto. Prezigoapófisis izquierda está completa mientras que la derecha le falta su parte caudal; se inclinan dorso-medialmente, no son muy robustas. Solo la diapófisis izquierda está presente y es robusta y casi en la horizontal extendiéndose a latera.

VII.1.1.10. Vértebra torácica (H1-01)

La cara craneal del cuerpo es convexa y la cara caudal es cóncava, opistocélica, las caras laterales son cóncavas. El arco neural sigue cubierto por sedimento muy grueso. Las diapófisis se inclinan ligeramente en dirección dorso-caudal. Las prezigoapófisis derecha se encuentra erosionada, mientras que la opuesta sigue bajo una capa de roca. Ambas se inclinan ligeramente hacia cráneo-dorsal. La postzigoapófisis izquierda le falta un fragmento de su parte central, la derecha se observa completa. Estas se inclinan ligeramente hacia caudo-ventral. La espina neural es robusta, casi vertical, inclinándose un poco en dirección caudal.

VII.1.1.11. Vértebra torácica (H1-11)

Centro es opistocélico muy ligeramente, casi anficélico, es ancho latero-medialmente no tanto como lo es cráneo-caudal. Las caras laterales fuertemente cóncavas con la cresta ventral muy marcada. El canal neural es angosto y está cubierto de sedimentos. Las prezigoapófisis están ligeramente erosionadas, están dirigidas dorso-medialmente. La postzigoapófisis derecha se perdió, la izquierda es grande, extendiéndose caudalmente y viendo en dirección latero-ventral, aunque muy poco a lateral. La diapófisis derecha, la única restante, es corta y levemente inclinada en dirección dorsal. La espina neural no se ha encontrado.

VII.1.1.12. Vértebra torácica (H1-37)

La cara craneal del centro es ligeramente convexa y ligeramente más pequeña que la que la cara caudal. Ésta última es ligeramente cóncava, casi anficélica. Las caras laterales angostas y con concavidad muy marcada hasta la cresta ventral. El canal neural es angosto y cubierto de sedimento. Las prezigoapófisis se perdieron al igual que las diapófisis. Las postzigoapófisis son grandes y sobresalen en dirección caudal por sobre el centro caudalmente, éstas se inclinan en dirección ventral y ligeramente lateralmente. La espina neural es angosta y no muy alta, y se curva ligeramente en dirección craneal.

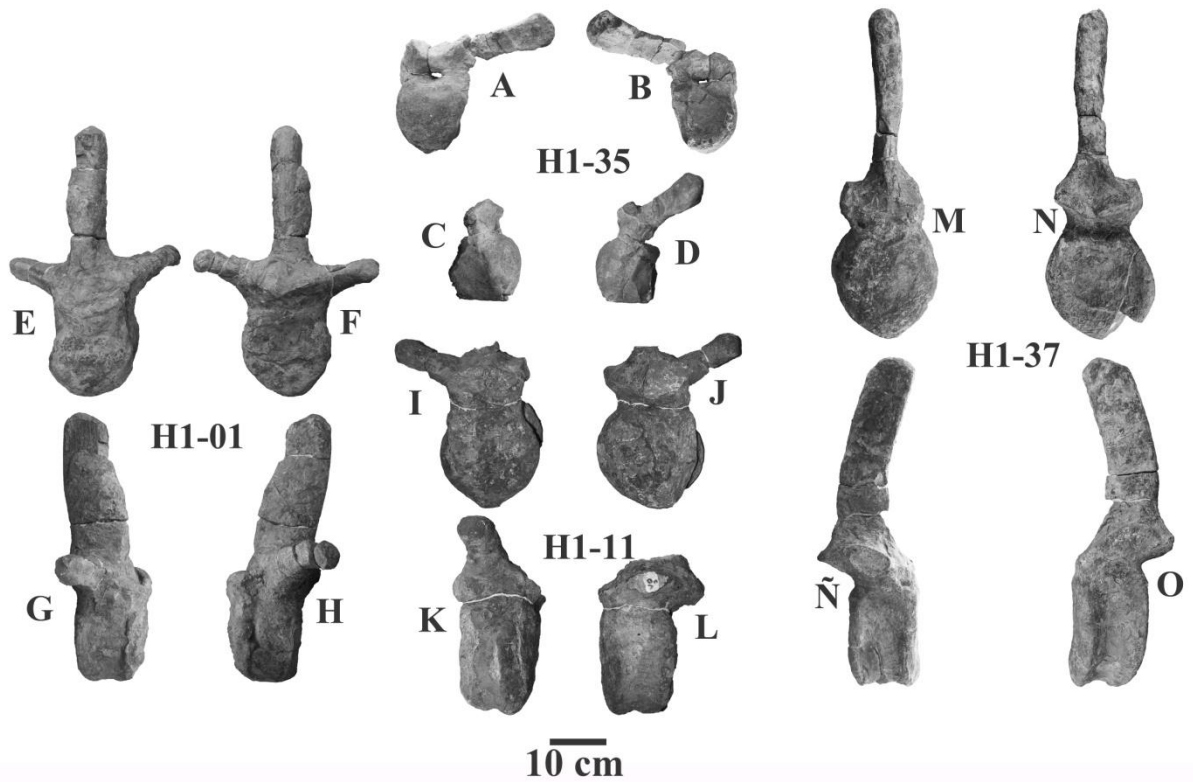


Figura 19. Vértebra 35 en vista craneal (A), vista caudal (B), vista lateral derecho e izquierdo (C y D respectivamente). Vértebra 11 en vista craneal (E), vista caudal (F), vista lateral derecho e izquierdo (G y H respectivamente). Vértebra 37 en vista craneal (I), vista caudal (J), vista lateral derecho e izquierdo (J y L respectivamente). Vértebra 20 en vista craneal (M), vista caudal (N), vista lateral derecho e izquierdo (Ñ y O respectivamente). Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.1.13. Centro de vértebra torácica (H1-20)

Parte ventral de un centro opistocélico, la cara craneal está un poco más completa que la caudal, que solo cuenta con poco más de la mitad. Las caras laterales son cóncavas y no muy anchas. El centro es ancho cráneo-caudalmente y estrecho latero-medialmente.

VII.1.1.14. Centro de vértebra torácica (H1-18)

Fragmentado de un centro opistocélico, sin arco neural. La cara craneal está casi completa, la otra se pierde casi en su extremo caudal. Las caras laterales son cóncavas, unidas por la cresta ventral visible pero erosionada.

VII.1.1.15. Centro de vértebra torácica (H1-16)

Fragmento ventral del centro opistocélico, con cresta ventral, alrededor de tres cuartos del centro se perdió. La cara caudal esta menos representada y casi ausente.

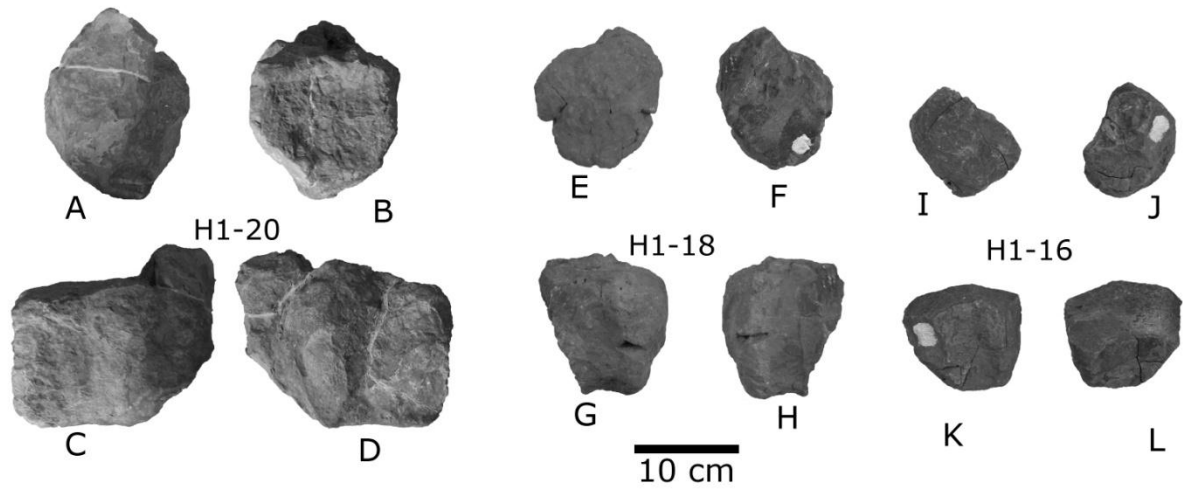


Figura 20. Fragmentos de centros torácicos: H1-20 en vista craneal (A), vista caudal (B), lateral derecho (C) e izquierdo (D); H1-18 en vista craneal (E), vista caudal (F), lateral derecho (G) e izquierdo (H); H1-16 en vista craneal (I), vista caudal (J), lateral derecho (K) e izquierdo (L). Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.1.16. Centro de vértebra torácica (H1-15)

Centro opistocélico muy erosionado, angosto latero-medialmente. Sin arco neural y sin la parte latero-dorsal derecha del centro. Las caras laterales se perdieron en su mayor parte, al igual que la cresta ventral.

VII.1.1.17. Centro de vértebra torácica (H1-17)

Segmento ventral de un centro ligeramente opistocélico muy ancho y aun con la cresta ventral muy erosionada. Las caras laterales son cóncavas y muy angostas con relación a la cara craneal.

VII.1.1.18. Centro de vértebra torácica (H1-19)

El centro anficélico ancho casi completo, le faltan fragmentos ventrales del lateral derecho. El arco neural se perdió. Las caras laterales son cóncavas, pero están fragmentadas. En general muy erosionado.

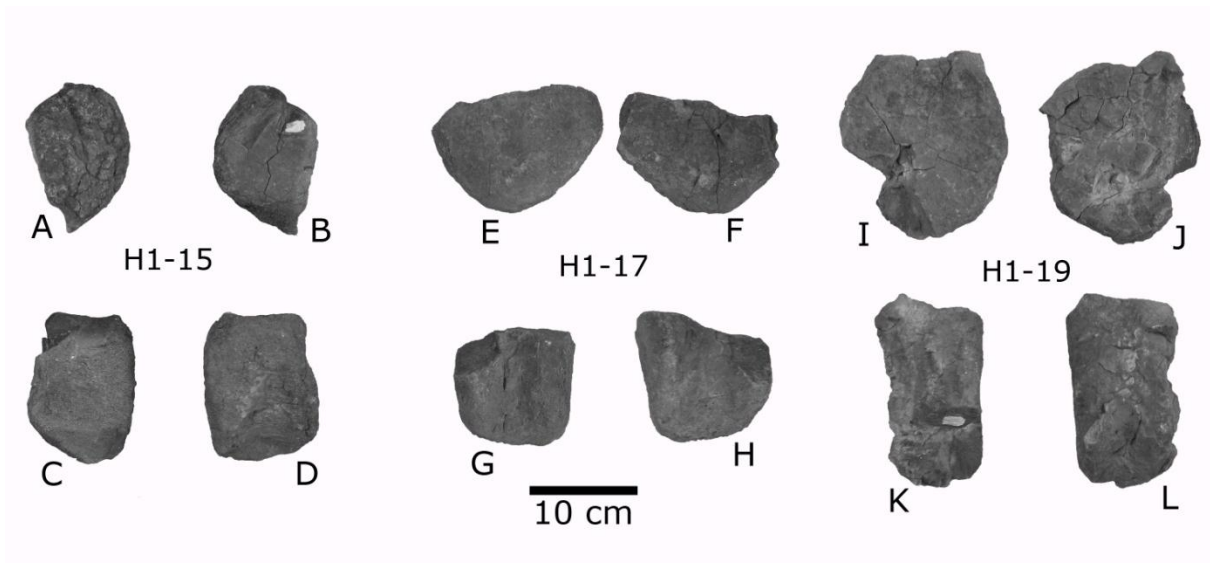


Figura 21. Fragmentos de centros torácicos: H1-15 en vista craneal (A), vista caudal (B), lateral derecho (C) e izquierdo (D); H1-17 en vista craneal (E), vista caudal (F), lateral derecho (G) e izquierdo (H); H1-19 en vista craneal (I), vista caudal (J), lateral derecho (K) e izquierdo (L). Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.1.19. Espina neural (H1-28)

Espina ancha cráneo-caudalmente, falta el segmento de la base y un poco de la sección media. Muy cubierta de sedimentos.

VII.1.1.20. Espina neural (H1-29)

Espina neural completa, deformada ligeramente curvándose en el centro hacia el lateral derecho. Esta es robusta y ancha en dirección cráneo-caudal.

VII.1.1.21. Espina neural (H1-30)

Espina neural sin base, esta desgastada y erosionada en su parte ventral. Es robusta y no tan ancha como en H1-29.

VII.1.1.22. Espina neural (H1-31)

Extremo dorsal de la espina. No muy ancha en dirección cráneo-caudal y robusta.

VII.1.1.23. Espina neural (H1-32)

Espina neural completa, aun con su base, tan angosta como H1-30. Su parte media se curva ligeramente en dirección craneal. Es robusta, larga dorso-ventralmente pero no muy ancha.

VII.1.1.24. Espina neural (H1-33)

Espina completa con su base poco fracturada. Corta dorso-ventralmente y no tan ancha en dirección cráneo-caudal y robusta. Al igual que H1-32 su parte media se curva en dirección craneal.

VII.1.1.24. Espina neural (H1-34)

Sección dorsal de una espina ancha cráneo-caudalmente. Parte más dorsal aun cubierta de sedimento.

VII.1.1.24. Espina neural (H1-38)

Extremo dorsal de una espina ancha cráneo-caudalmente. Le falta una esquina de un extremo.

VII.1.1.24. Espina neural (H1-39)

Extremo dorsal de una espina ancha cráneo-caudalmente. Parte más dorsal aun cubierta de sedimento.

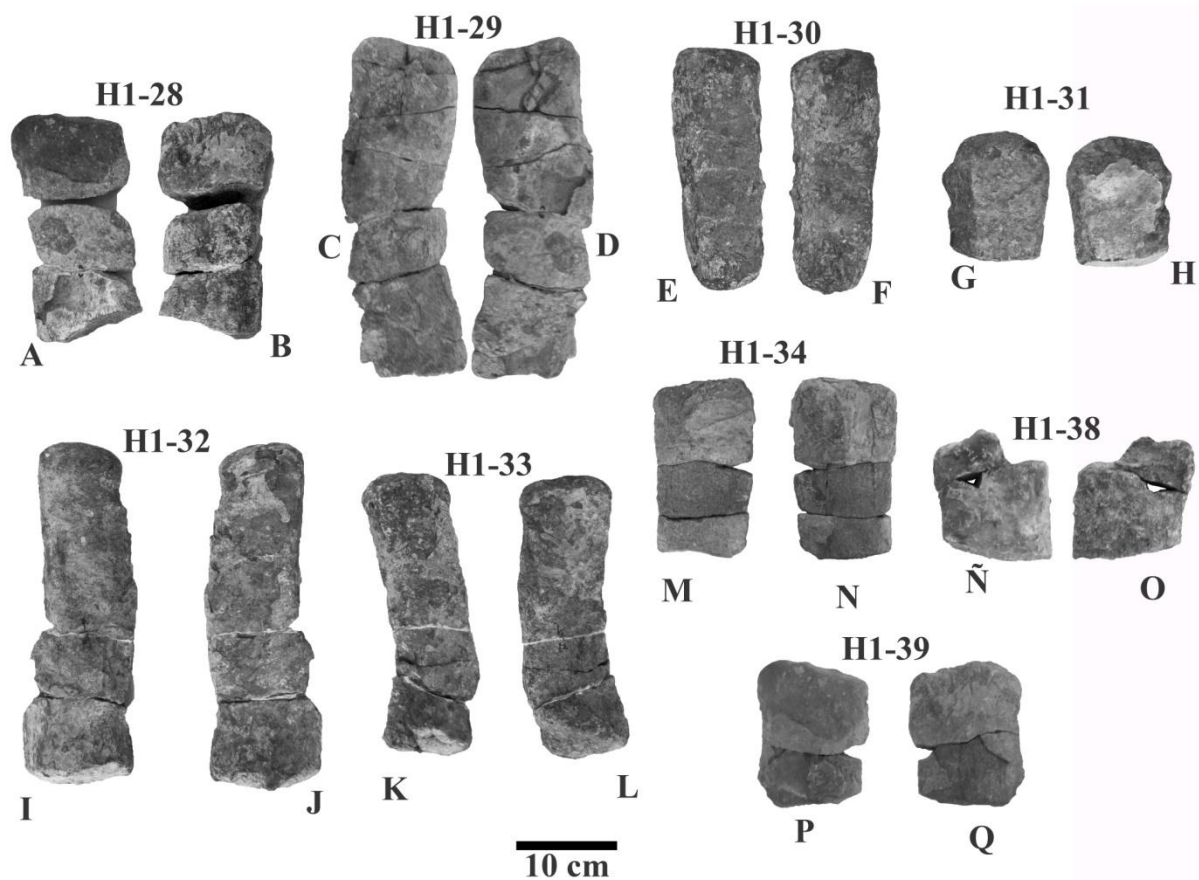


Figura 22. Vistas laterales de nueve espinas neurales. Orientación identificada: espinas 29 lateral izquierdo (C) y derecho (D); espinas 32 lateral izquierdo (I) y derecho (J); espinas 33 lateral izquierdo (K) y derecho (L); espinas 34 izquierdo (M) y derecho (N); las espinas restantes no se poseen suficientes fragmentos, haciendo difícil identificar su orientación. Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.1.2.6. Vértebra caudal (H1-04)

Las caras craneal y caudal son planas. La cara craneal es ligeramente más amplia que la caudal. Las caras laterales son cóncavas. En vista lateral el centro se curva ligeramente con una concavidad en dirección craneal y en vista dorsal la concavidad se dirige en dirección caudal. En su parte ventral se encuentran las facetas articulares de los chevrones. El canal neural es muy angosto y está abierto debido a que el arco neural se perdió.

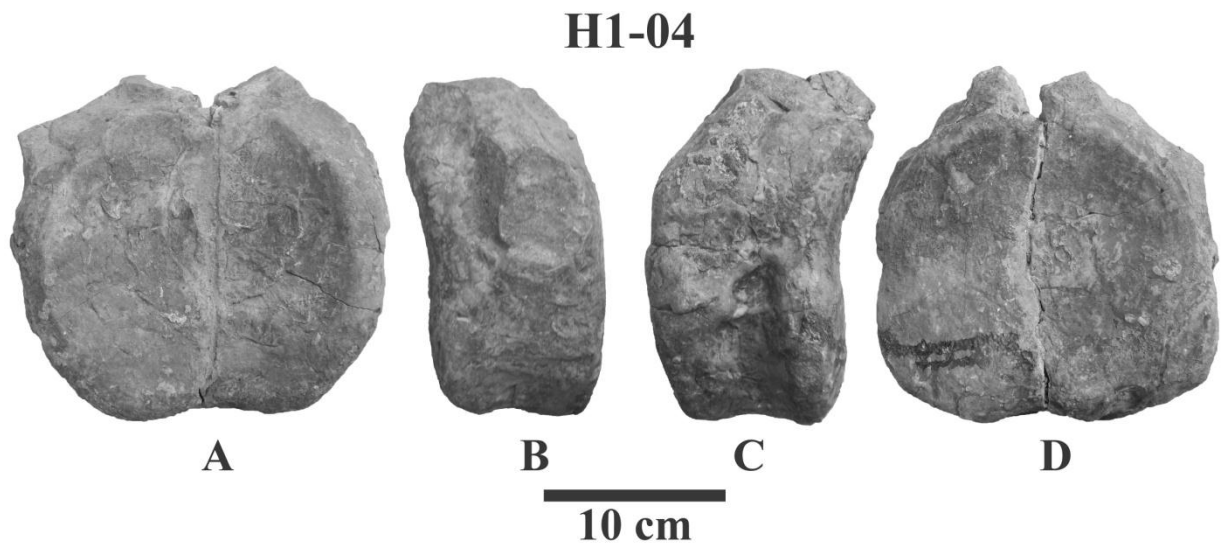


Figura 23. Vértebra caudal en vista craneal (A), lateral derecho (B), lateral Izquierdo (C) y caudal (D). Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.2.Costillas

Se extrajeron 13 costillas torácicas del primer individuo, 7 de ellas están presentes en la Figura 24, solo una costilla está completa; mientras que las otras 6, unidas aun por una matriz de roca (Figura 25).

VII.1.2.1.Costilla torácica izquierda (H1-03)

La cabeza es ovalada en dirección medial y redondeada en sus bordes. El cuello es ancho dorso-ventralmente y comprimido cráneo-caudalmente; con una ligera convexidad apuntando en dirección craneal y una concavidad del lado contrario. El tubérculo presenta una convexidad y concavidad en las caras craneal y caudal, respectivamente; el extremo dorso-caudal del tubérculo está cubierto de una gruesa capa de roca. Mientras que el cuerpo, incompleto, es delgado, comprimido cráneo-caudalmente y la concavidad es más pronunciada del lado caudal; al dirigirse distalmente se engrosa y tiende a comprimirse. La concavidad y la dirección de la cabeza, sugiere que es una costilla izquierda.

VII.1.2.2.Costilla torácica izquierda (H1-22)

Par de costillas unidas por una matriz de roca, por el borde medial de la primera al borde lateral de la segunda, superponiéndose en el cuerpo. Un tubérculo es ovalado, aunque está cubierto de roca y fragmentos de otras costillas, el otro tubérculo esta debajo del sedimento unido a ventral con la primer costilla. La cabeza está cubierta de sedimentos y unida a un fragmento de costilla por una capa gruesa de sedimentos, al igual que el cuello. En la segunda, el cuello y la cabeza elementos se perdieron. La concavidad y la dirección de la cabeza, sugiere que son costillas izquierdas.

VII.1.2.3. Costilla torácica izquierda (H1-23)

Costilla sin cabeza y la mayor parte del cuello, poco arriba de su base. El tubérculo esta poco desgastado por erosión, dejándolo redondeado, no es muy grande, con una fuerte concavidad en la cara caudal a medida que empieza el cuerpo. Éste se inclina fuertemente a caudal con respecto a la posición del tubérculo y el cuello. El cuerpo está incompleto.

VII.1.2.4. Costilla torácica derecha (H1-24)

Costilla pequeña y en general grácil, sin cabeza se perdió. El cuello es delgado con márgenes redondeados. El tubérculo es grande y ancho, prominente en dirección caudal. El lado craneal es más delgado y pequeño y apenas sobre sale, mientras que su contraparte es gruesa y prominente; posee una ligera concavidad en esa dirección a lo largo de la costilla. El cuerpo es delgado, sedimento sigue cubriéndolo, está completo.

VII.1.2.5. Costilla torácica derecha (H1-25)

La cabeza es ancha, con forma subtriangular en vista ventral. El cuello es delgado y corto, aplanado cráneo-caudalmente. El tubérculo es ancho, prominente hacia caudal. El lado craneal es delgado y pequeño y apenas sobre sale, el lado izquierdo es gruesa y prominente, falta una parte caudal. El cuerpo se pierde un poco más allá del tubérculo.

VII.1.2.6. Costilla torácica derecha (H1-26)

Se perdió la cabeza. El cuello es angosto cráneo-caudalmente y corto latero-medialmente. El tubérculo en una matriz de roca, se nota grande y prominente a caudal. La base del cuerpo muestra una concavidad a caudal, pero se pierde después de este fragmento.

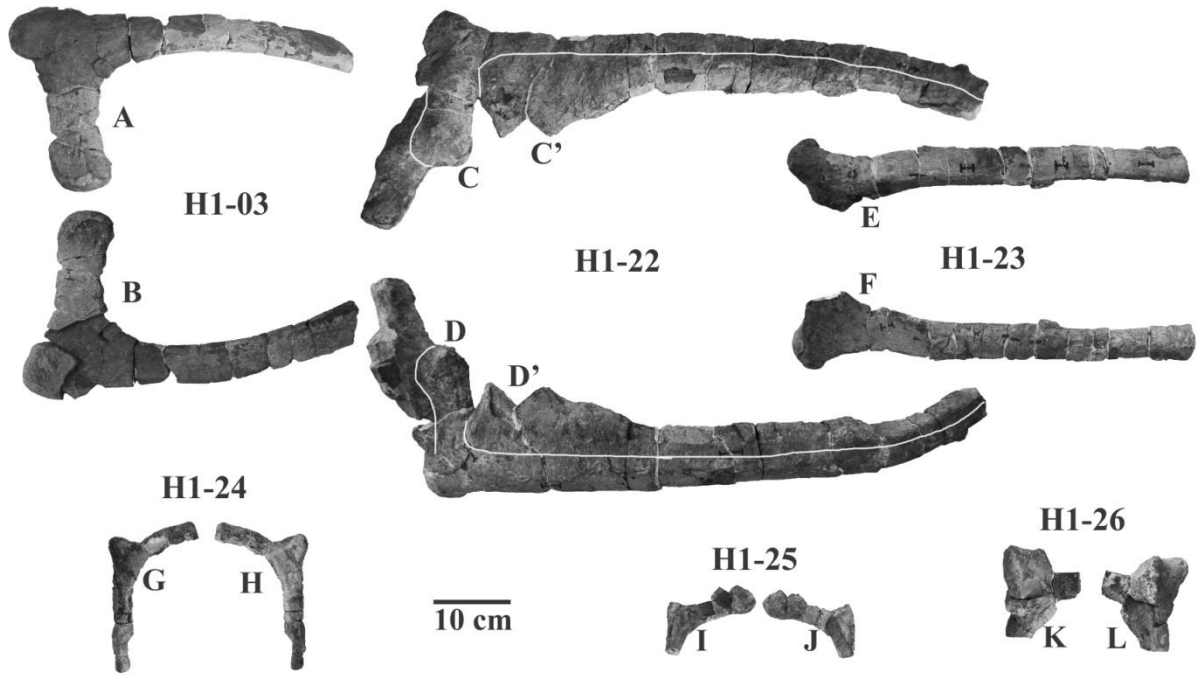


Figura 24. Costilla torácica izquierda H1-03 en vista craneal (A) y vista caudal (B). Costillas torácicas izquierdas en matriz de roca H1-22 en vista craneal (C y C') y vista caudal (D y D'). Costilla torácica izquierda H1-23 en vista craneal (E) y vista caudal (F). Costilla torácica derecha H1-24 en vista craneal (G) y vista caudal (H). Costilla torácica derecha H1-24 en vista craneal (I) y vista caudal (J). Costilla torácica derecha H1-24 en vista craneal (K) y vista caudal (L). Se muestra la escala en centímetros.

VII.1.2.7. Conjunto de costillas torácicas (H1-27)

Conjunto de seis costillas visibles en una matriz de roca. La primera carece de cuello, cabeza y tubérculo; el cuerpo es casi completo, sobre esta hay dos costillas que también les falta sus elementos proximales y forman un brazo separado, del conjunto de elementos, uniéndose cerca de los extremos proximales. En la parte media se observa una cabeza con su cuello saliendo del sedimento y se une al brazo antes mencionado. Junto a este, un cuerpo emerge perpendicular a ambos brazos, sin apéndices proximales. Por último un fragmento de cuerpo une a los dos brazos horizontales en el extremo más distal del conjunto.

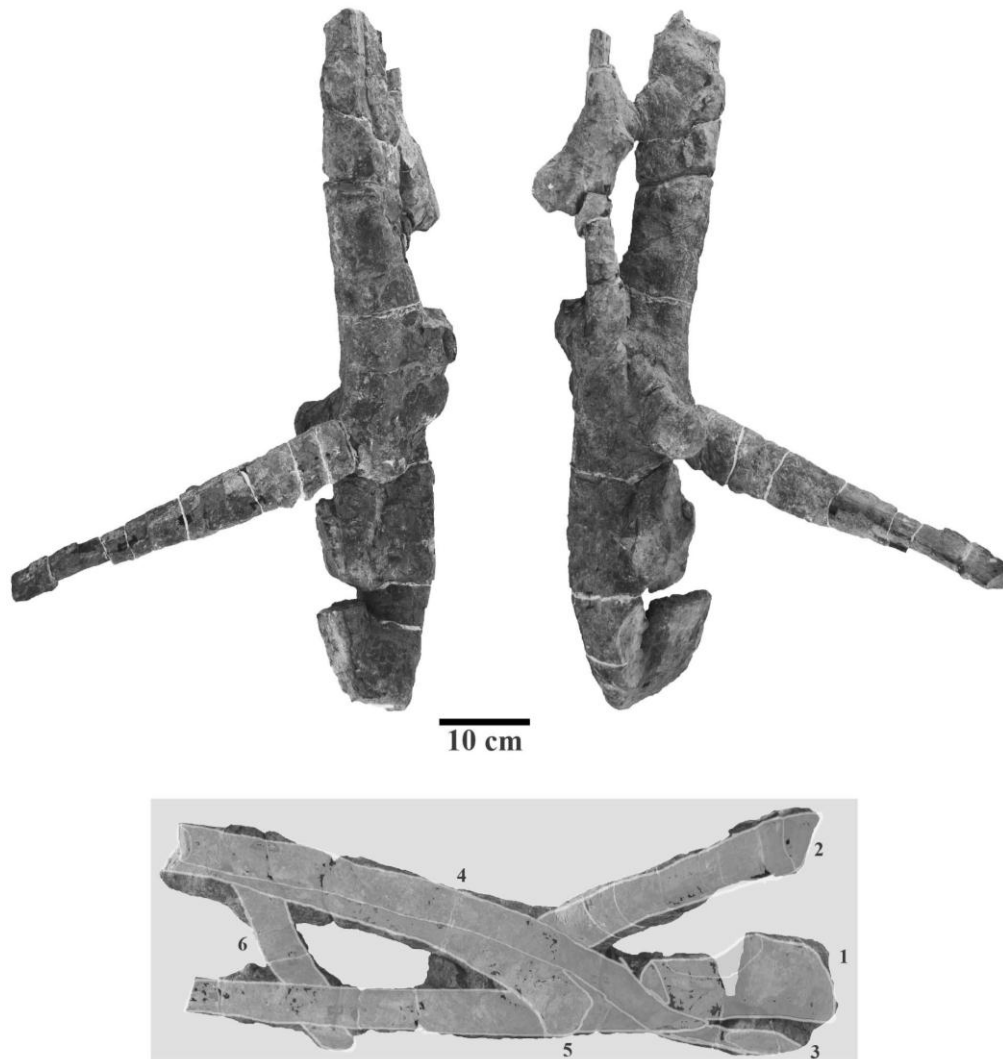


Figura 25. Conjunto de 6 costillas parciales en una matriz de roca sedimentaria.

VII.1.3. Cintura pélvica y extremidades traseras

VII.1.3.1. Ilión (H1-05)

El ilión (Figura 26), es robusto y largo. El proceso preacetabular se hace angosto dorso-ventralmente en dirección craneal poco después de su base, ensanchándose en este sentido al acercarse a su extremo; el borde craneal tiene forma subtriangular redondeada; este proceso se desvía notablemente hacia lateral desde su base. El proceso supraacetabular es ligeramente convexo en su margen dorsal, en vista lateral; es redondeado en forma “U” en vista craneal; el ilión se curva ligeramente en dirección lateral sobre este proceso, formando una concavidad entre éste y el proceso preacetabular. El pedúnculo púbico es ligeramente más largo cranealmente de lo que es lateralmente, con forma subtriangular en vista ventral; el ápice apuntando en dirección craneal. El acetábulo se pierde a la altura de la proceso supraacetabular en dirección caudal. El pedúnculo isquial se perdió casi en su totalidad, al igual que el proceso postacetabular que se perdió desde su base.

VII.1.3.2. Pubis (H1-07)

Los pubis están unidos por una matriz de roca (Figura 27). La paleta prepúbica se inclina ligeramente en dirección ventral casi formando un rectángulo de esquinas redondeadas, en el elemento izquierdo la paleta aparenta estar más inclinada en la misma dirección; ambos con márgenes redondeados. El cuello prepúbico es angosto y alargado. El pedúnculo iliar, presente en ambos, es robusto, con forma subtriangular en vista dorsal, con el ápice apuntando en dirección lateral. El acetábulo está casi completo en el pubis derecho. El pedúnculo isquial está mejor preservado en el elemento derecho; robusto. El proceso postpubico se perdió en ambos, mientras que el acetábulo está casi completo.

VII.1.3.4. Isquion (H1-08)

Ambos isquiones están presentes con una forma general muy recta (Figura 28). El pedúnculo púbico es corto y robusto en su extremo. El pedúnculo iliar es poco más largo dorsalmente que ancho cráneo-caudalmente. El acetábulo no se observa debido al sedimento y piezas faltantes. El pedúnculo iliar está completo en el isquion izquierdo, éste es grande y ancho en su extremo. El proceso obturador es robusto y solo se observa como una protuberancia ovalada en vista lateral, mientras que la fosa obturadora bajo la capa de sedimentos. En el bastón isquial es ovalado en corte transversal cerca de su base, cambiando gradualmente a una subtriangular en la parte media hasta el extremo; al igual que una reducción general del grosor; termina en un nódulo redondeado robusto ovalado de un diámetro un poco más grande que el bastón.

VII.1.3.5. Fémur (H1-36)

Extremo proximal del fémur (Figura 29). La cabeza femoral es ancha y grande, muy aplanada en su extremo proximal con bordes muy redondeados. En vista dorsal no es del todo redondeada, sino semicircular, posiblemente debido al desgaste de los bordes por la erosión. El trocánter mayor perdió su extremo dorsal, el resto es angosto cráneo-caudalmente. En vista dorsal el lado craneal del trocánter tiene indicios de convexidad. El trocánter menor es visible debajo de una capa gruesa de sedimentos.

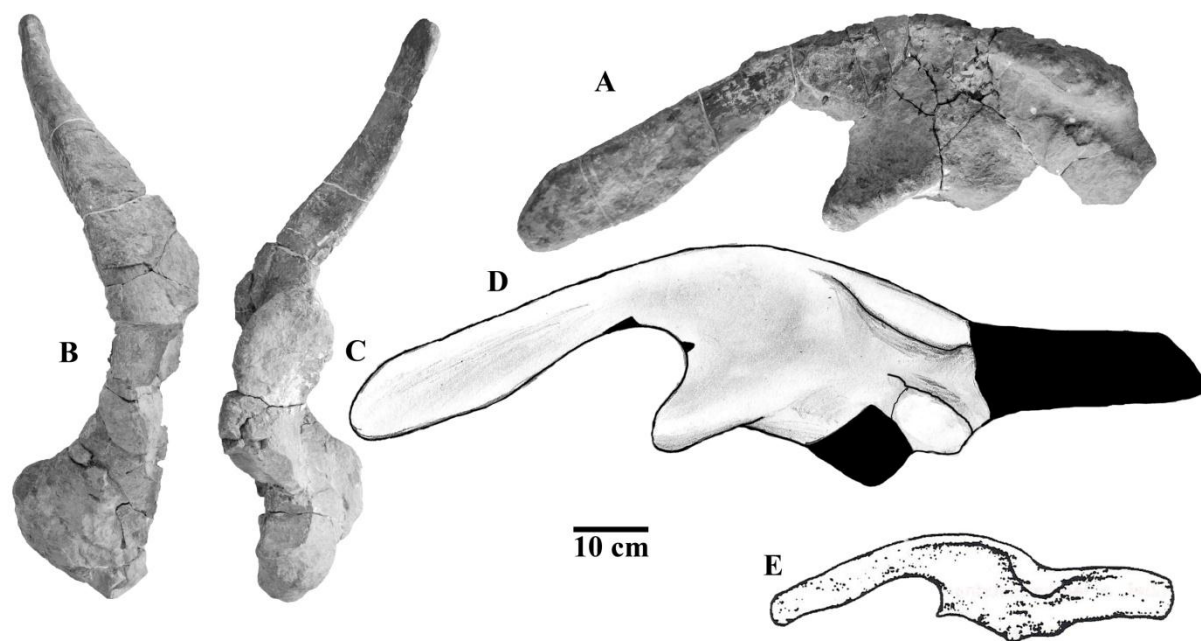


Figura 26. Ilium izquierdo en vista lateral (A), vista dorsal (B) y vista ventral (C): reconstrucción en dibujo del Ilium izquierdo (D) (dibujos de R. Duarte Bigurra), con partes faltantes resaltadas en negro. Tipo de ilium más similar al de H1 (E), según Brett-Sureman. Imagen E) de Brett-Sureman, 1989. Se muestra la escala en centímetros.

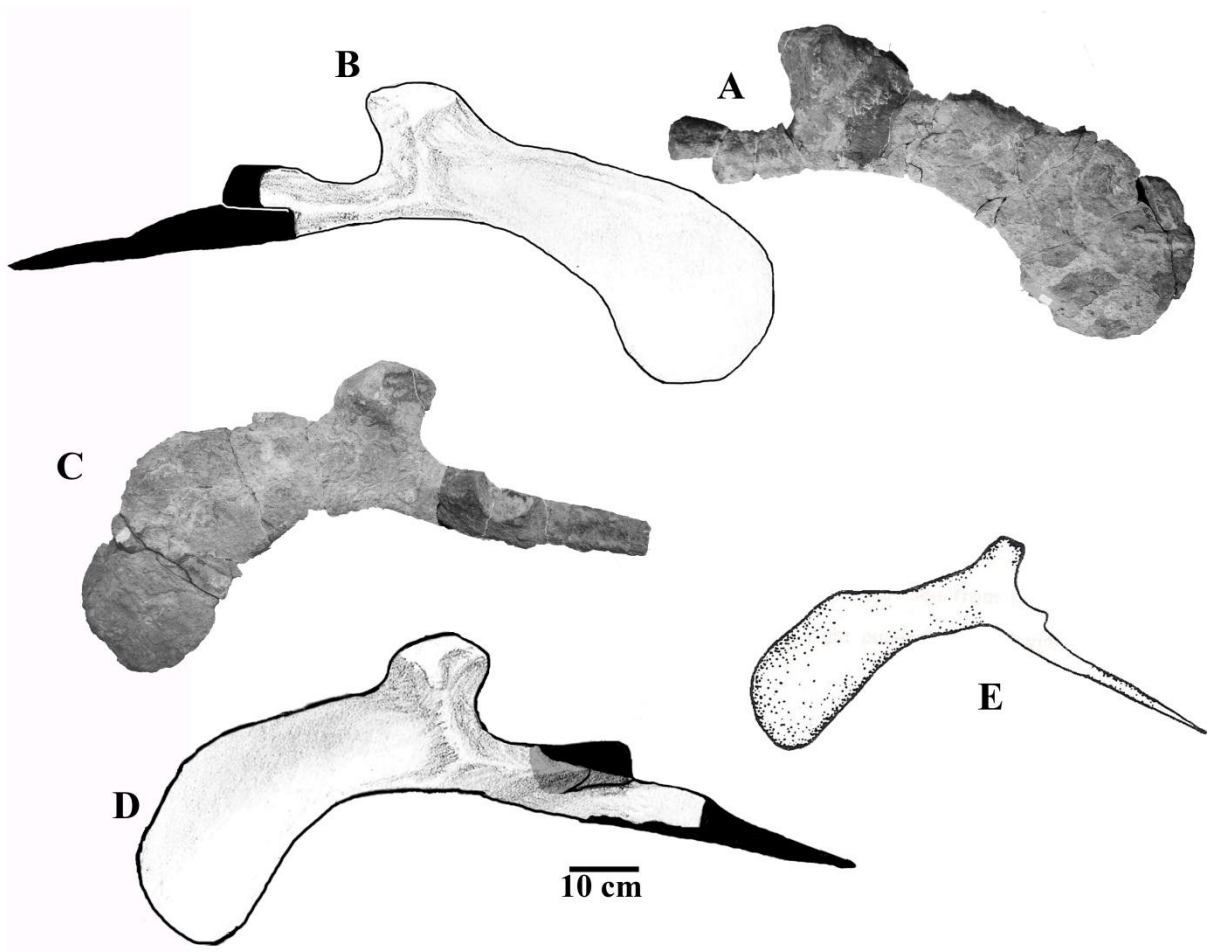


Figura 27. Par de pubis en matriz de roca; pubis derecho en vista lateral (A); pubis izquierdo en vista lateral (C); reconstrucción de pubis derecho (B) e izquierdo (D) en dibujo (dibujos de R. Duarte Bigurra), con partes faltantes resaltadas en negro. Tipo de pubis más similar al de H1 (E), según Brett-Sureman. Imagen E) de Brett-Sureman, 1989. Se muestra la escala en centímetros.

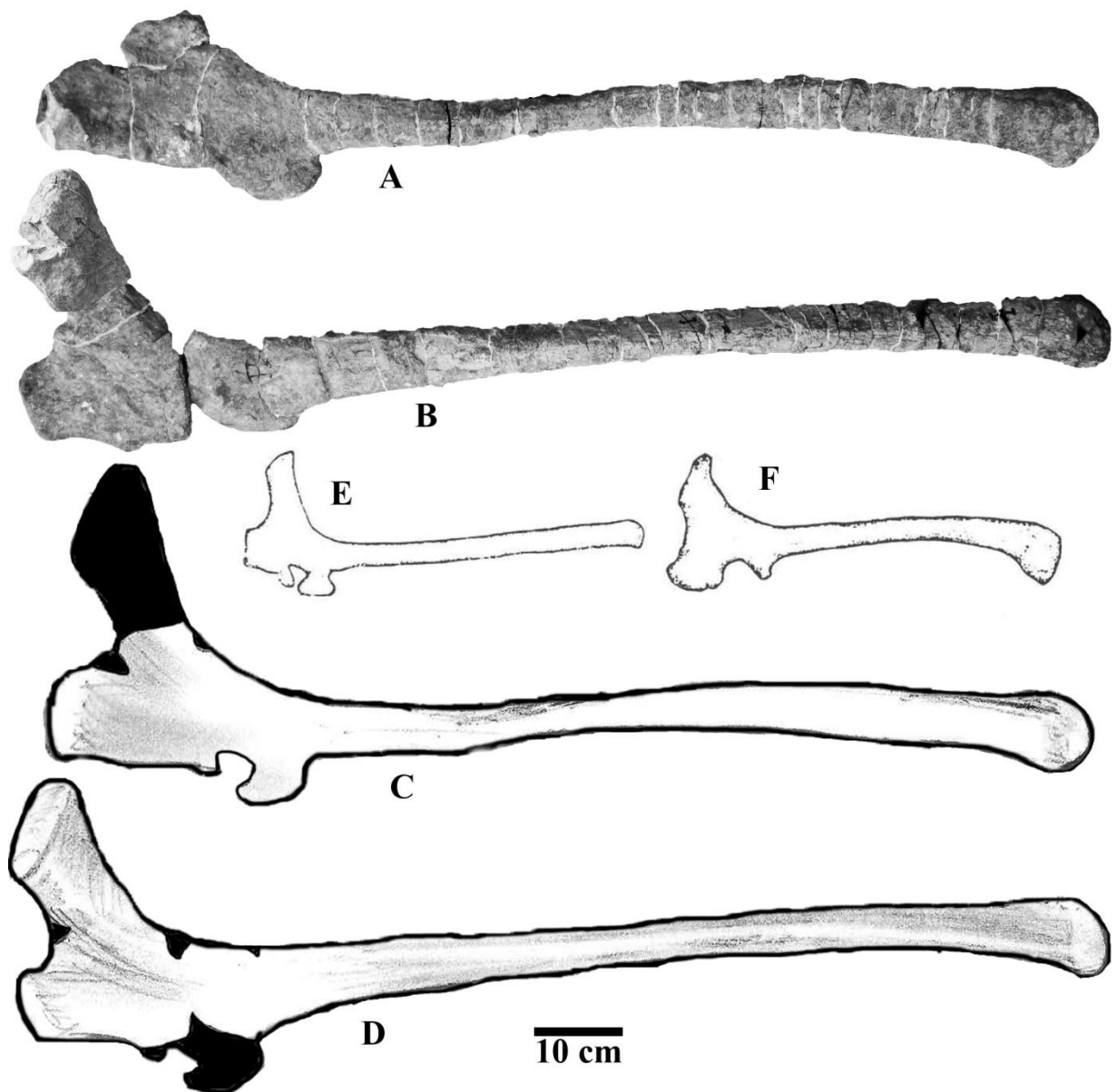


Figura 28. Isquion izquierdo en vista lateral (A); isquion derecho en vista medial (B); reconstrucción de ambos huesos en dibujo (C y D respectivamente) (dibujos de R. Duarte Bigurra), con partes faltantes resaltadas en negro. Debido a la fragilidad de ambos, no fue posible obtener más fotos. Tipo de isquion más similar a la región craneal del isquion de H1 (E) e isquion más parecido al bastón de H1 (F), según Brett-Sureman. Imagen E) y F) de Brett-Sureman, 1989. Se muestra la escala en centímetros.

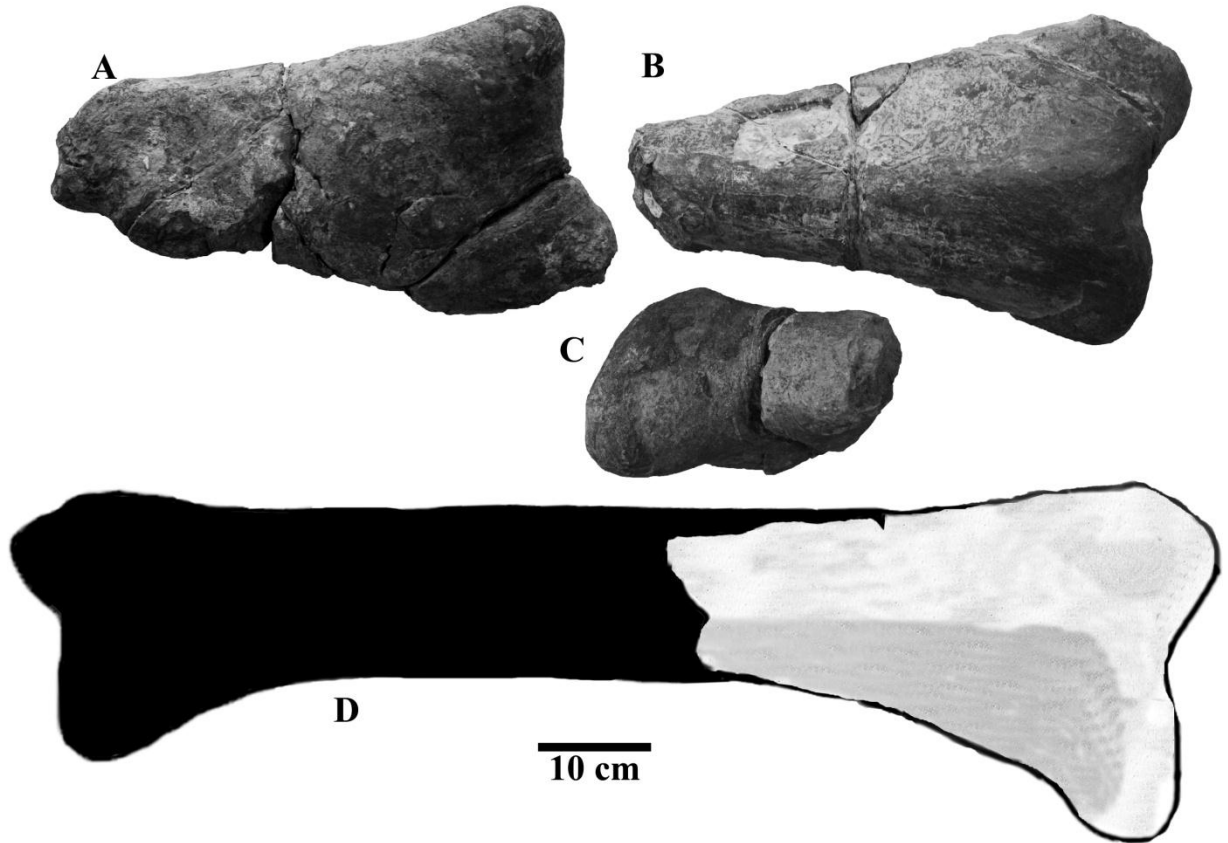


Figura 29. Parte proximal del fémur derecho en vista caudal (A), vista craneal (B) y dorsal (C): dibujo con reconstrucción del fémur completo, con partes faltantes resaltadas en negro. Se muestra la escala en centímetros.

VII.2. Individuo H2

En la Figura 30 se pueden ver las partes encontradas de un segundo individuo consisten de una vértebra torácica (Figura 31); cinco espinas neurales fragmentadas, una diapófisis izquierda (Figura 32), una costilla torácica y otros huesos aun no identificados. Los huesos fueron encontrados de manera desorganizada, algo fragmentados pero con un estado aceptable de conservación tal como se indica en el diagrama de su desenterramiento y levantamiento.

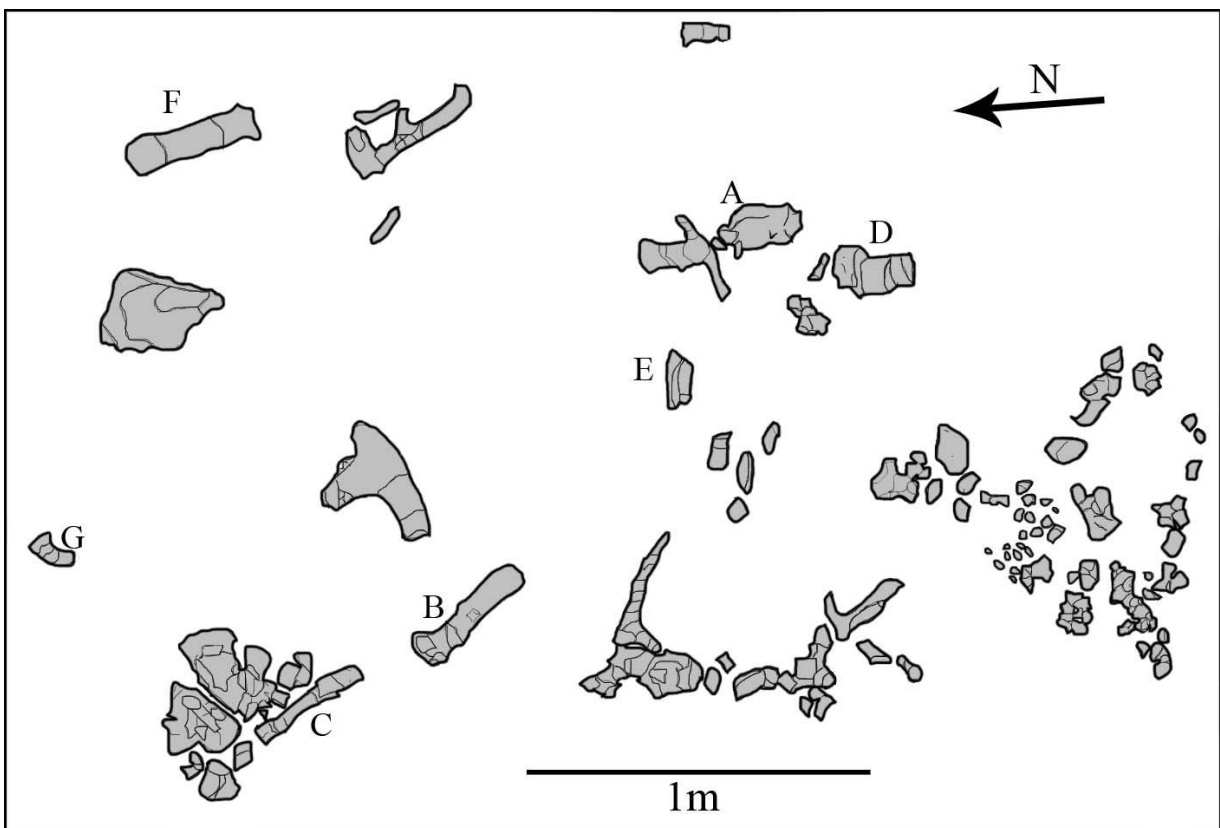


Figura 30. Representación de la posición original de los restos en el Sitio 2. Vértebra torácica H2-01 (A); espinas neurales fragmentadas (B-F); diapófisis izquierda (G). El resto de los huesos no fue posible identificarlos. Figura de Rubén Duarte Bigurra.

VII.2.1 Vértebra torácica (H2-01)

El centro es opistocélico, las caras laterales son cóncavas. El canal neural está cubierto de sedimento solido; las prezigoapófisis están presentes viendo en dirección cráneo-dorsal, pero cubiertas del mismo sedimento; las postzigoapófisis se perdieron al igual que la diapófisis y la espina neural.

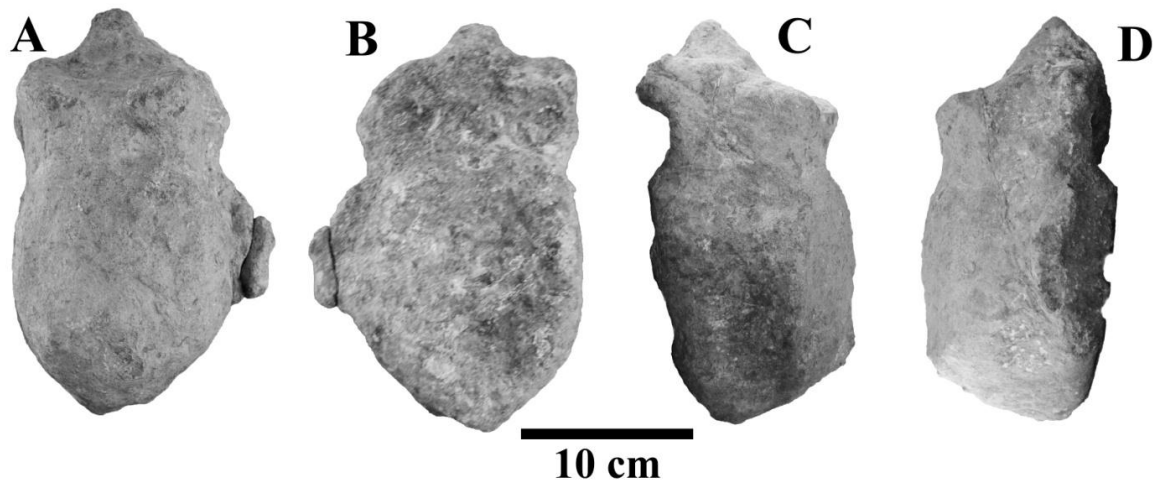


Figura 31. Centro de vértebra torácica H2-01, sin espina neural, ni diapófisis; vista craneal (A), caudal (B), lateral derecho (C) e izquierdo (D). Se muestra la escala en centímetros.

VII.2.2 Espina neural (H2-02)

Espina neural completa, robusta, casi vertical y ancha cráneo-caudalmente, con base y postzigoapófisis derecha completa, la izquierda se perdió más allá de la mitad de esta: ambas facetas se dirigen a caudo-ventral.

VII.2.3 Espina neural (H2-03)

Espina neural casi completa, alta y angosta cráneo-caudalmente. Posiblemente del sacro o alguna vértebra cercana a éste debido a lo angosta y larga que se ve con respecto a las otras, ya que en esta región la espina generalmente es más angosta.

VII.2.4 Espina neural (H2-04)

Espina neural robusta y ancha cráneo-caudalmente; se recuperó poco más de la mitad dorsal de la espina.

VII.2.5 Espina neural (H2-05)

Espina neural robusta y ancha cráneo-caudalmente, se recuperó aproximadamente el tercio dorsal.

VII.2.6 Espina neural (H2-06)

Espina neural completa, alta, no tan robusta H2-04, ancha cráneo-caudalmente; en la base de ésta, por el lado caudal, se observa el origen de las postzigoapófisis.

VII.2.7 Diapófisis (H2-07)

Diapófisis izquierda completa, no muy larga. Cubierta de sedimento sólido y grueso.

VII.2.7 Costilla torácica (H2-08)

Costilla torácica derecha, muy pequeña e incompleta. Sigue muy cubierta de sedimentos.

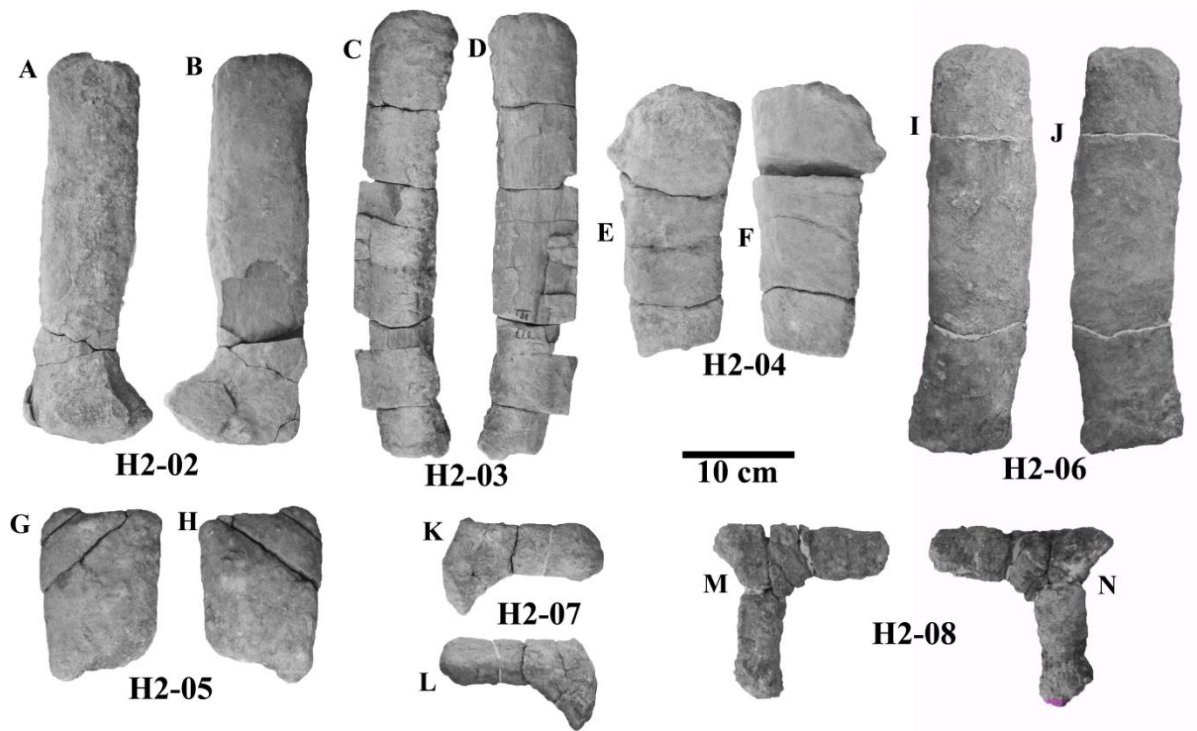


Figura 32. Espina neural H2-02 en vista lateral izquierdo (A) y derecho (B); espina neural H2-03 en vista lateral izquierdo (C) y derecho (D); espina neural H2-04 en vista lateral izquierdo (E) y derecho (F); espina neural H2-05 en vista lateral izquierdo (G) y derecho (H); espina neural H2-06 en vista lateral izquierdo (I) y derecho (J); diapófisis izquierda H2-07 en vista craneal (K) y caudal (L); costilla torácica derecha H2-08 en vista caudal (M) y craneal (N). Se muestra la escala en centímetros.

VIII. DISCUSIÓN

El Grupo Cabullona es un depósito sedimentario de 2.5 km de espesor que fue depositado dentro de la Cuenca de Cabullona a finales del período Cretácico (Campaniano-Maastrichtiano) (Taliaferro, 1933; González-León y Lawton, 1995). Las características litológicas y faunísticas del registro sedimentario de dicho grupo indican que fue formado por los sedimentos acarreados por grandes ríos, lagos y deltas de lagos que prevalecían durante esa época en la región noreste de Sonora. Su fauna es abundante y consiste de restos de dinosaurios, peces, tortugas, cocodrilos e invertebrados de agua dulce como bivalvos y gasterópodos. También es abundante la madera fósil y otros autores han identificado varios tipos de polen (Lucas y González-León, 1990; Lucas et al. 1995; Lucas y González-León, 1996).

Aunque los dinosaurios encontrados en estas rocas están representados por restos aislados con buena preservación como vértebras, dientes, huesos de las extremidades como húmeros, fémures, partes de caderas (Lucas et al., 1995 y en este trabajo) e icnitas, ha sido posible distinguir entre ellos a representantes de los hadrosaurios, ceratópsidos y terópodos.

Entre los restos hasta ahora encontrados, son más abundantes los de hadrosaurios y tienen menor abundancia los de ceratópsidos. Por otra parte, estos dinosaurios fueron de los últimos que existieron sobre la faz de la Tierra ya que el grupo se extinguió al finalizar el período Cretácico, hace 65 millones de años mientras que los del Grupo Cabullona vivieron entre 80 y 72 millones de años de acuerdo a las edades que han sido obtenidas de rocas volcánicas intercaladas entre las sedimentarias del Grupo Cabullona que los aloja (C. M. González León, comunicación personal, 10 de enero de 2013).

Aunque los afloramientos de este grupo, ocurren en una amplia región del noreste de Sonora, localizada entre las poblaciones de Agua Prieta, Naco y Esqueda, los fósiles aquí reportados provienen de una sección sedimentaria parcial de dicho grupo que aflora justo al oriente del poblado de Fronteras. Esta sección tiene 500 m de espesor y consiste de areniscas y limolitas que fueron depositadas por ríos. Sin embargo, dentro de esta secuencia fluvial se intercala un paquete de 50 m de lodolitas de color negro con gasterópodos y bivalvos que representan depósitos de lagos. La parte superior de la secuencia la forman rocas volcánicas

que representan flujos de lava asociados al volcanismo que ocurría contemporáneo al depósito de dichos sedimentos.

Los restos de dinosaurios se encuentran en diferentes niveles de toda la secuencia sedimentaria estudiada, pero los esqueletos aquí descritos fueron encontrados en la parte inferior de ella dentro de limolitas que indican ambientes de planicie fluvial de inundación; la presencia de abundante madera, gasterópodos y bivalvos dulce acuícolas fosilizados en el área también sugiere que había buena disponibilidad de agua dulce, como en una llanura aluvial. Ambos especímenes, asignados a la familia Hadrosauridae, se encontraron incompletos, en estado de moderada preservación pero con algunas fracturas y en forma desorganizada. Se infiere que después de su muerte los sujetos fueron depredados brevemente por carroñeros pero fueron casi inmediatamente cubiertos por sedimentos de una nueva inundación que permitió preservar a la delicada cadera y algunos de sus otros huesos en posición cercanas a su posición original. Pudiera ser posible que una mayor exploración de los sitios revelara la presencia de esqueletos más completos. Considerando que el organismo H1 preserva unidos al ilion, isquion y pubis, los cuales son huesos frágiles y de delicada unión entre ellos, y que por el contrario preserva vértebras y costillas con claros signos de transporte y desunión, ello hace inferir que lo más probable es que fueron depredadores carroñeros los que despedazaron in situ a los ejemplares estudiados. El ambiente presente en el momento de ser enterrados debió ser de planicie de inundación, ya que éste no poseía la suficiente energía como para dispersar los huesos.

Las vértebras más cercanas al cráneo encontradas cuentan con un centro más prominente, convexo en dirección al cráneo, y la parte caudal es extremadamente cóncava; las diapófisis se inclinan en dirección dorso-lateral más marcadamente. A medida que se recorre la columna vertebral el centro de las vértebras se vuelve menos prominente hasta llegar a ser completamente plano en ambas caras; y sus diapófisis pasan de una posición de casi 45°, en las torácicas, a ser horizontales en las caudales. De igual manera, la base del centro pasa a ser lisa y con los laterales cóncavos como en las cervicales, a tener una cresta que la recorre por el centro paralelo a la columna, en las torácicas, hasta contar con un par de facetas de articulación para los chevrones, en las caudales.

IX. CONCLUSIONES

Debido a la limitada cantidad de huesos del ejemplar H2 no fue posible hacer una identificación más allá de familia, Hadrosauridae. Sin embargo, en el caso de H1 al contar una mayor cantidad de restos (Figura 32), se pudo comparar las formas de los tres huesos de la cadera, presentes en este individuo, con las formas básicas de ellos descritas en el trabajo de Brett-Sureman (1989). El ilion presenta similitud con el tipo base de *Saurolophus* en las siguientes características: 1) el proceso preacetabular alargado desviado en dirección caudal y lateral; 2) el proceso supraacetabular es angosto dorso-ventralmente y ancho cráneo-caudalmente; 3) aunque el pedúnculo púbico es más prominente en H1 que en *Saurolophus*, el pubis muestra semejanza a *Kritosaurus*, por su paleta púbica con bordes dorsales y ventrales paralelos, por su curvatura bien marcada en dirección ventral al igual que el proceso púbico. Asimismo en el ilion de H1 el pedúnculo isquial es más ancho que en la forma básica de *Kritosaurus*. Por otra parte, el isquion de H1 presenta parecido con dos géneros diferentes. La región más craneal de este hueso es similar a *Gilmoresaurus*, por sus pedúnculos iliar y púbico muy definidos, aparte que este último muestra la faceta de articulación casi perpendicular a la orientación del bastón, aunque el acetábulo es más profundo en H1. Sin embargo el extremo del bastón presenta más similitudes con *Shantungosaurus*, con una ligera curvatura en dirección ventral y un nódulo final más robusto que el centro del bastón.

Todas estas especies pertenecen a la subfamilia Saurolophinae, haciendo claro que el espécimen H1 pertenece a este clado y más probablemente a algún tipo de *Kritosaurus*. Pero al compararlo con el espécimen de *Kritosaurus* de la formación Olmos (Kirkland et al. 2006), en el que el pubis tiene un cuello muy estrecho, y el bastón del isquion está arqueado fuertemente en dirección dorsal (Figura 33), ninguna de estas características está presente en H1, lo que hace muy probable que no pertenezca a la misma especie que el de la formación Olmos (Figura 34), aunque sí es similar a otros *Kritosaurus* encontrados en Estados Unidos (Thomas Lehman, comunicación personal, 09 de octubre de 2012).

Para una mayor especificidad en la determinación de los ejemplares H1 y H2 estudiados, es necesario un trabajo de limpieza exhaustivo, con herramientas de las cuales carecíamos durante la elaboración de este trabajo para poder observar otras características que

se pudieran revelar en mayor detalle. De igual manera es necesario hacer más trabajos de esta naturaleza ya que se sabe muy poco sobre estas criaturas en nuestro estado.

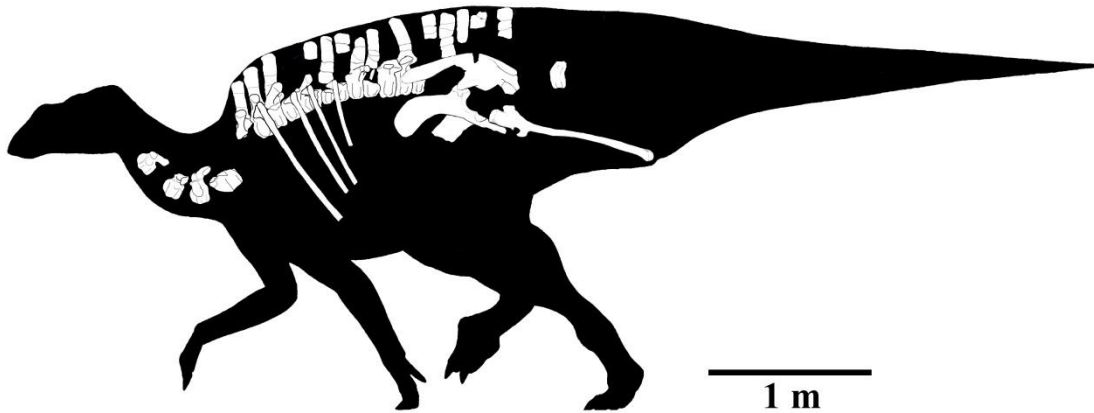


Figura 33. Reconstrucción de los huesos identificados del dinosaurio H1, no se incluyeron las costillas en la matriz debido a que la misma matriz de roca hace difícil saber qué posición tenían en el organismo. Figura de R. Duarte Bigurra.

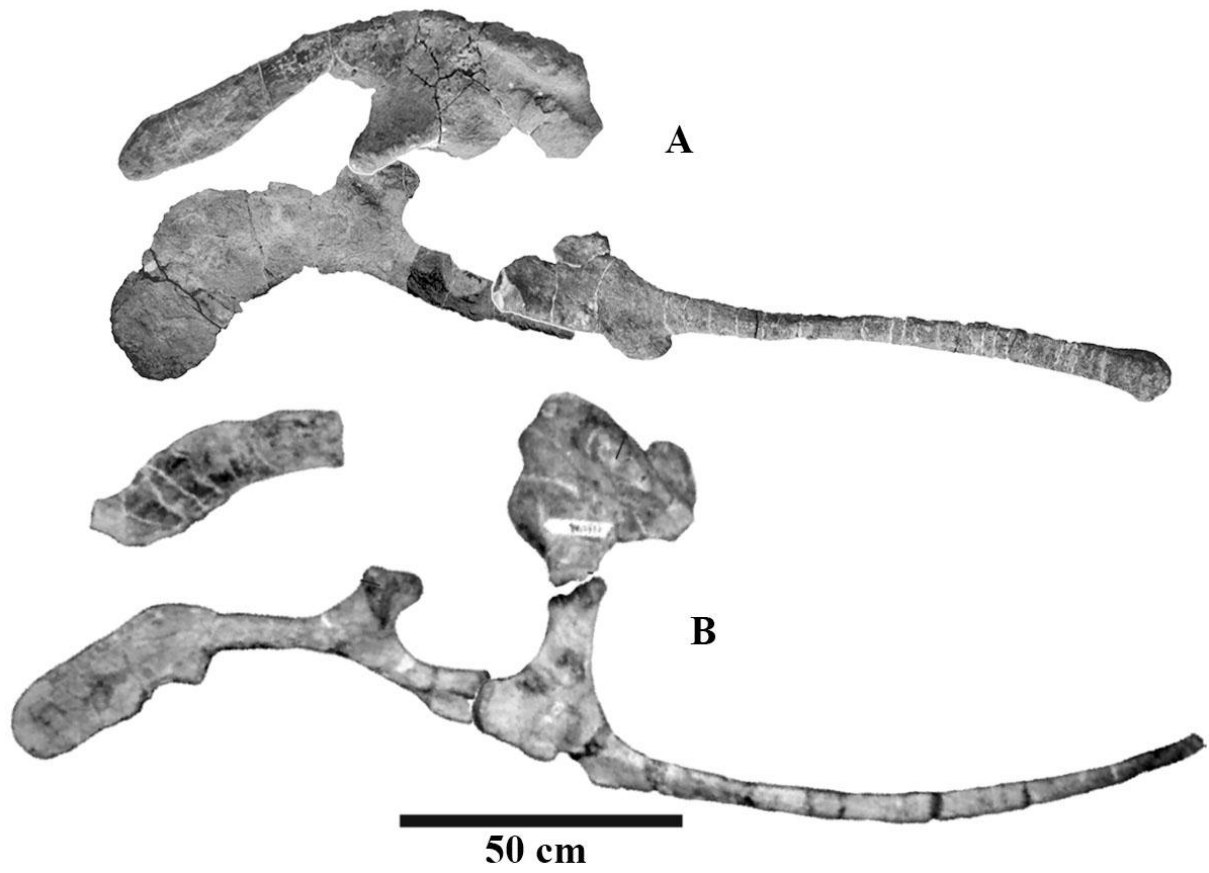


Figura 34. Comparación de la cadera del individuo H1 (A) con la cadera del *Kritosaurus* de la formación Olmos (B). Figura “B” de J.I. Kirkland, 2006.

X. LITERATURA CITADA

- Brett-Surman, M. K. 1975. The appendicular anatomy of hadrosaurian dinosaurs. Unpublished Master's thesis, University of California, Berkeley.
- Brett-Surman, M. K. 1979. Phylogeny and palaeobiogeography of hadrosaurian dinosaurs. *Nature* 277:560–562.
- Brett-Surman, M. K. 1989. A revision of the Hadrosauridae (Dinosauria: Ornithischia) and their evolution during the Campanian and Maastrichtian. Unpublished Ph. D dissertation, George Washington University, Washington, DC.
- Brown, B. 1914. *Corythosaurus casuarius*, a new crested dinosaur from the Belly River Cretaceous, with provisional classification of the family Trachodontidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 33:559–565.
- Case, J.A, Martin, J. E., Chaney, D. S., Reguero, M., Marensi, S. A., Santillana, S.M., Woodburne, M. O. 2000. The first duck-billed dinosaur (Family Hadrosauridae) from Antarctica. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20:612–614.
- Dodson, P. 1971. Sedimentology and taphonomy of the Oldman Formation (Campanian), Dinosaur Provincial Park, Alberta (Canada). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 10:21–74.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Applegate, S. P. y Espinosa-Arrubarrena, L. 1978. Las huellas más australes geobiológica. *Actas del II Congreso de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Buenos Aires 249-23.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Jimenez-Hidalgo, E. y Bravo-Cuecas, V. M. 1996. Footprints of small sauropods from the Middle Jurassic of Oaxaca, southeastern from the Middle Jurassic of Oaxaca, southern Mexico. In: *The Continental Jurassic*. Museum of Northern Arizona (Morale M. Eds.). *Arizona Bulletin* 60:119-126.
- Forster, C. A. 1997. Phylogeny of the Iguanodontia and Hadrosauridae. *Journal of Vertebrate Paleontology* 17:47A.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F 2a. ed: 246.
- Gates, T. A. 2007. Taxonomy, Biogeography, and Paleoecology of North American Hadrosaurid (Ornithopoda) Dinosaurs. Unpublished Ph.D. dissertation, The University of Utah, Salt Lake City 299.
- Gauthier, J. A. 1986. Saurischia monophyly and the origin of birds. Mem. California Academy of Sciences 8:1-55.
- Godefroit, P., Alifanov , Bolotsky, Y. 2004. A re-appraisal of *Aralosaurus tuberiferus* (Dinosauria, Hadrosauridae) from the Late Cretaceous of Kazakhstan. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles du Belgique 74:139–154.
- Godefroit, P., Zan, S., Jin, L. 2001. The Maastrichtian (Late Cretaceous) lambeosaurine dinosaur *Charonosaurus jiyinensis* from north-eastern China. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles du Belgique, Sciences de la Terre 71:119–168.
- González-León, C., Lawton, T.F. 1995. Stratigraphy, depositional environments, and origin of the Cabullona basin, northeastern Sonora. Geological Society of America, Special Paper 301: 121-142.
- Haq, B. U, Hardenbol J, Vail PR. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science 235:1156–1167.
- Head, J. J. 1998. A new species of basal hadrosaurid (Dinosauria, Ornithischia) from the Cenomanian of Texas. Journal of Vertebrate Paleontology. 18:718–738.
- Horner, J. R. 1982. Evidence of colonial nesting and 'site fidelity' among ornithischian dinosaurs. Nature 297:675–676.
- Horner, J. R. 1985. Evidence of polyphyletic origination of the Hadrosauridae (Reptilia: Ornithischia). Proceedings of the Pacific Division of the American Association for the Advancement of Science 4:31–32.
- Horner, J. R. 1990. Evidence of diphyletic origination of the hadrosaurian (Reptilia: Ornithischia) dinosaurs. In: Dinosaur systematics: perspectives and approaches (Carpenter K, Currie PJ, Eds.). New York. Cambridge University Press 179–187.
- Horner, J. R. 2000. Dinosaur reproduction and parenting. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 28:19–45.

- Horner, J. R., Currie, P. J. 1994. Embryonic, neonatal morphology and ontogeny of a new species of *Hypacrosaurus* (Ornithischia, Lambeosauridae) from Montana and Alberta. In: Carpenter K, Hirsch KF, Horner J. R., eds. *Dinosaur Eggs and Babies*. Cambridge: Cambridge University Press 312–336.
- Horner, J. R., Makela R. 1979. Nest of juveniles provides evidence of family structure among dinosaurs. *Nature* 282:296–298.
- Horner, J. R., Weishampel, D.B., Forster, C.A. 2004. Hadrosauridae. In: *The Dinosauria* (Weishampel DB, Dodson P, Osmólska H, Eds.), 2nd edn. Berkeley, CA: University of California Press 438–463.
- Hunt, A. P., y Lucas, S. G. 1993. Cretaceous vertebrates of New Mexico. In: *Vertebrate Paleontology in New Mexico* (Lucas, S. G., y Zidek, J. Eds.). New Mexico Museum of Natural History Bulletin 2:77-91.
- Janensch, W. 1926. Dinosaurier-Reste aus Mexiko: *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 1926B:192-197.
- Kirkland, J. I. 1998. A new hadrosaurid from the Upper Cretaceous Cedar Mountain Formation (Albian-Cenomanian: Cretaceous) of Eastern Utah – the oldest known hadrosaurid (Lambeosaurinae?). *New Mexico Museum of Natural History and Science. Bulletin* 14:283–295.
- Kirkland, J. I, Hernández-Rivera, R, Gates, T., Paul, G. S., Nesbitt, S., Serrano-Brañas, C. I., Garcia-de la Garza. 2006. Large Hadrosaurine dinosaur from the latest Campanian of Coahuila, Mexico. Late Cretaceous vertebrates from the Western interior. *New Mexico Museum of Natural history and Science. Bulletin* 35:299-315.
- Lambe, L. M. 1920. The hadrosaur *Edmontosaurus* from the Upper Cretaceous of Alberta. *Geological Survey Memoir, Canada Department of Mines* 120:1–79.
- Lehman, T. M., 2001. Late Cretaceous Dinosaur Provinciality.. En: Tanke D.H., y Carpenter K. (Eds.) *Mesozoic Vertebrate Life*. Indiana University Press, Bloomington 310-328.
- Leidy, J. 1856. Notices of remains of extinct reptiles and fishes, discovered by Dr. F. V. Hayden in the badlands of Judith River, Nebraska Territory. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 8:72–73.

- Leidy, J. 1858. *Hadrosaurus foulkii*, a new saurian from the Cretaceous of New Jersey, related to *Iguanodon*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 10:213–218
- Lockley, M. A. 1994. Dinosaur ontogeny and population structure. Interpretations and speculations based on fossil footprints. In *Dinosaur Egg and Babies* (K. Carpenter, K. F. Hirsch, J. R. Horner, Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK 347-365.
- Lucas, S. G., González-León, C. 1990. Reporte preliminar sobre dinosaurios del Cretácico tardío de la cuenca de Cabullona. *Boletín Departamento Geología Universidad de Sonora* 7:1-6.
- Lucas, S. G., González-León, C. 1996. Dinosaurios del Cretácico tardío del Grupo Cabullona, Sonora. *Geología del Noroeste* 1:20-25.
- Lucas, S. G., Kues, B. S. González-León, C. 1995. Paleontology of the Upper Cretaceous Cabullona Group, northeastern Sonora, in C. Jacques-Alaya, C. Gonzalez-León y J. Roldán. Quintana (eds.) *Studies on the Mesozoic of Sonora and adjacent areas*. Geological Society of America Special Paper 301, Boulder, Colorado 143-15.
- Lull, R. S., Wright, N. E. 1942. Hadrosaurian dinosaurs of North America. *Geological Society of America Special Papers* 40:1–242.
- Lund, E. K., Gates, T. A. 2006. A historical and biogeographical examination of hadrosaurian dinosaurs. In: Lucas S. G., Sullivan R. M., eds. *Late Cretaceous vertebrates from the Western Interior*. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin 35:263–276.
- Milner, A. R., Norman, D. B. 1984. The biogeography of advanced ornithomimid dinosaurs (Archosauria: Ornithischia) – a cladistic-vicariance model. In: Reif W. E., Westphal F, eds. *Third symposium on Mesozoic terrestrial ecosystems, short papers*. Tubingen: Attempto Verlag 145–150.
- Molnar, R. E. 1974. A distinctive theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California, Mexico. *Journal of Paleontology* 48(5):1009-1017.
- Molnar, R. E., Kurzanov, S. M. y Zhiming, D. 1990. Carnosauria, In: *The Dinosauria* (D. B. Weishampel, P. Dodson, y M. Osmolska, Eds.). University of California Press, Berkeley 169-209.

- Montellano-Ballesteros, M. 2003. A titanosaurid sauropod from the Upper Cretaceous of Chihuahua, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20(2):160-164.
- Morris, W. J. 1973. A review of Pacific coast hadrosaurs. *Journal of Paleontology* 47:551–561.
- Norman, D. B. 1984. On the cranial morphology and evolution of ornithomimid dinosaurs. *Symposium of the Zoological Society of London* 52:521–547.
- Owen, R. 1842. Report on British fossil reptiles, Part II. *British Association for the Advancement Science* 8:1-55.
- Pacheco-Rodríguez, R., González-León, C. M., Hernández-Rivera, R. 2010. Nuevos descubrimientos de dinosaurios en Sonora. *Epistemus Ciencia, Tecnología y Salud. Universidad de Sonora* 8:73-77.
- Padian, K., May, C. L. 1993. The earliest dinosaurs. *New Mexico Museum Nat. History Sci. Bull* 3:370-381.
- Parks, W. A. 1923. *Corythosaurus intermedius*, a new species of trachodont dinosaur. *University of Toronto Studies, Geological Series* 15:5–57.
- Prieto-Márquez, A. 2010a. Global historical biogeography of hadrosaurid dinosaurs. *Zoological Journal of the Linnean Society* 159:503-525.
- Prieto-Márquez, A. 2010b. Global phylogeny of Hadrosauridae (Dinosauria: Ornithischia) using parsimony and Bayesian methods. *Zoological Journal of the Linnean Society* 159:435-502.
- Rodríguez-de la Rosa, R. A. 2004. Nuevas observaciones sobre las huellas de dinosaurios de Chuta (Jurásico tardío), Michoacán, México. *IX Congreso Nacional de Paleontología, Libro de Resúmenes* 87.
- Rowe, T., Cifelli, R. L., Lehman, M. y Weil, A. 1992. The Campanian Terlingua local fauna, with a summary of other vertebrates from the Aguja Formation, Trans-Pecos, Texas. *Journal of Vertebrate Paleontology* 12:472-493.
- Russell, D. A. 1993. The role of Central Asia in dinosaurian biogeography. *Canadian Journal of Earth Science* 30:2002–2012.
- Seeley, H. G. 1887. On the classification of the fossil animals commonly named Dinosauria. *Proc. R. Soc. London* 43(206):165-171.

- Seeley, H. G. 1888. The classification of the Dinosauria. *British Association for the Advancement Science* 1887:698-699.
- Sereno, P. C. 1986. Phylogeny of the bird-hipped dinosaurs (Order Ornithischia). *National Geographic Research* 2:234–256.
- Taliaferro, N. L. 1933. An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, México. *Journal of Geology* 41:12-37.
- Varricchio, D. J., Horner, J. R. 1993. Hadrosaurid and lambeosaurid bone beds from the upper cretaceous two medicine formation on Montana; taphonomic and biologic implications. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30:997–1006.
- Weishampel, D. B. 1993. *Telmatosaurus transsylvanicus* from the Cretaceous of Romania: The most basal hadrosaurid dinosaur. *Paleontology* 36:361-385.
- Weishampel, D. B., Horner, J. R. 1990. Hadrosauridae. In *The Dinosauria* (D. B. Weishampel, P. Dodson, y M. Osmolska, Eds.). University of California Press, Berkeley 534-561.
- Westgate, J. W. 2001. A Late Cretaceous dinosaur-bearing community from coastal deposits in Chihuahua, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 20(3):78A.