



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**DESCRIPCIÓN DE LOS DINOSAURIOS DE LA  
BARRANCA DE LOS BONETES (TUZANTLA,  
MICHOACÁN) CRETÁCICO TARDÍO  
(CONIACIANO-SANTONIANO) Y REPORTE DE  
PALEOPATOLOGÍAS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIÓLOGO**

P R E S E N T A :

NOMBRE DEL ALUMNO

**Angel Alejandro Ramírez Velasco**

TUTOR(A)

**M. en C. René Hernández Rivera**

2009





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por apoyarme en todo momento, sentirme orgulloso por lo que soy ahora y permitirme desarrollar mi gusto por los Dinosaurios.

Al Dr. Mouloud Bennami, por su amistad y permitirme trabajar en este proyecto tan complejo, pero tan enriquecedor en conocimientos y experiencias.

Al proyecto DGAPA IN-108605 por el apoyo brindado en las temporadas de campo.

A mis sinodales y jurado del examen: Dras. Marisol Montellano y Elizabeth Morales, Dr. Jesús Alvarado, al M. en C. Luis Espinosa y mi tutor M. en C. René Hernández Rivera, por sus comentarios y sus constantes revisiones.

A Claudia Serrano y Amilcar por sus revisiones y comentarios de la tesis, a pesar de no formar parte del comité ¡muchas gracias!

Al Dr. Jesús Alvarado Ortega y Alejandro Cristin por ser mis maestros, amigos, compañeros, brindarme su apoyo y mostrarme los pros y los contras de la Paleontología.

Al M. en C. Luis Espinosa Arumbarrena y al Ing. Julio Caballero por permitirme trabajar en el Museo de Geología de la UNAM y en adentrarme al mágico mundo de las conferencias y en la divulgación de las ciencias de la Tierra que me permitieron desarrollarme como profesionista y alumno.

Al M. en C. René Hernández Rivera, Claudia Serrano y Esperanza, por ser mis maestros, amigos y creer en mí cuando más los necesitaba.

A la Dra. Marisol Montellano Ballesteros, por ponerme los pies en la tierra.

A la Dra. Elena Centeno García por sus consejos y apoyo.

Al Dr. Rodolfo A. Coria y al Dr. Oliver W.M. Rauhut por su ayuda y comentarios.

Al Dr. Albert Prieto Márquez, por las fotos y sus acertados comentarios.

A la colección del Museo de Geología de la UNAM, a la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM y a la Colección Paleontológica de Coahuila del Museo del Desierto por permitirme hacer las comparaciones necesarias.

A la Facultad de Veterinaria, Medicina y Zootecnia de la UNAM por mostrarme las maravillas de estudiar y comprender los procesos que dan lugar a las patologías y en especial a la Dra. Elizabeth Morales.

Al personal de la Unidad PET/CT CICLOTRON de la Facultad de Medicina de la UNAM, por su apoyo y colaboración en la toma de tomografías.

A Lorena, Cuahutli, Emmanuel, Genesis, Miguel Belmont, Rodrigo Roman y a toda su familia por ser mis amigos que me apoyaron a alcanzar un escalón más de mis sueños.

A Amilcar Amaya López, por ser mi amigo, maestro y compañero de trabajo y de estudio, brindarme su apoyo y ser todo terreno en el trabajo de campo.

A Ricardo Servín, por ser mi alumno, compañero y mi amigo inseparable en el mágico mundo de los Dinosaurios.

A Griselda por haber llegado a mi vida en el momento adecuado y darme una fuente de inspiración infinita, muchas gracias *Cuicaxochihua*

A todos los maestros del taller “extinto” de Paleontología del Instituto de Geología y a los maestros que conocí a lo largo de mi carrera en la Facultad de Ciencias por enseñarme lo necesario y mostrarme las maravillas y debilidades de la carrera.

A Luna, Ana, Arisbel, Yoli, Angel (de Chiapas), Cisteil, Betty, Juan Pablo (el filósofo), David, Alexander, Bettzy, Romano, Antonio (Toño), Paola, Claudia (Cladodio), Abril Reyes, Abril Alaníz, Fabiola, María José Paulina, José Luis (Chepe), Oliver, Uri, Lorena, Lucía, Yolitzi, Carlos (el mago de la Papiroflexia), Carlos Iván, Luis Lara, Huitzil, Itzue, Diego, Marco, Alejandra, Massa, Gaby, German, Gisel, Yunuen, Alejandra, Hilda, Lilia, Lorena, Dayenarí, Emmanuel, Adan, Alfredo, Zenyese, Luis y Laura Herrerías, Luis Felipe, Miguel, Rafael, Tania y a todos los compañeros que conocí a lo largo de la carrera que creen en mí, por su amistad y valiosos consejos que me permitieron desarrollarme como persona.

A Carlos, Carmen, Marcela, Azucena, Elia, Monce, Yolanda, Daniel, Edgar Ángeles, Karla, Leticia, Leonora, Adriana, Alejandro, Rosita, César, Dulce, Arturito, Lulu, Francisco Berestaine, Nacho, Soledad, Beto, Danae, Rodrigo, Rocío, Xochitl, Victor, Hermes, Francisco, Iván, Angela, Mariana, Liliana, Adriana, Bruno, Tatiana, Isela, Gustavo, Claudio Estrada, Héctor Munive, Adalberto, Luis Quintos, Gerardo Álvarez, Emmanuel, Abril y Mabel, por ser mis compañeros y amigos que conocí en el Museo de Geología y El Instituto de Geología que me dieron su apoyo en todo momento y me permitieron desarrollarme como estudiante y persona.

Al restaurante “los Hermanos” y principalmente a Noe y Ernesto por su compañía y alegría que nos brindaban a todo el equipo después del arduo trabajo de campo.

A Mouloud Bennamí, Jesús Alvarado Ortega, Alejandro Cristin Ponciano, María José Paulina Nuñez Utrilla, C. Fabiola Hernández Pérez, Ricardo Servín Pichardo, Faustino Edgar Mendoza Gómez, Francisco Riquelme Alcantar, José Luis Martínez Díaz, Martín Uriel Rosendo Brito, Perla I. Serrano Cuevas, Iván Rosario Espinoza Encinas, Rosa E. Tovar, Doris L. Méndez Cárdenas, Nelby González Rodríguez y a todas las personas que participaron en la liberación del nuevo Hadrosaurio mexicano, ya que sin ellos, en primer lugar este trabajo nunca se hubiera completado.

## DATOS DEL JURADO.

### 1. Datos del alumno

Ramírez  
Velasco  
Angel Alejandro  
15178246  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
301676825

### 2. Datos del tutor

M en C  
René  
Hernández  
Rivera

### 3. Datos del sinodal 1

Dra  
Marisol  
Montellano  
Ballesteros

### 4. Datos del sinodal 2

Dr  
Jesús  
Alvarado  
Ortega

### 5. Datos del sinodal 3

Dra  
Elizabeth  
Morales  
Salinas

### 6. Datos del sinodal 4

M en C  
Luis  
Espinosa  
Arrubarena

### 7. Datos del trabajo escrito

Descripción de los Dinosaurios de la Barranca de los Bonetes (Tuzantla, Michoacán) Cretácico Tardío (Coniaciano-Santoniano) y reporte de paleopatologías.

173 p.

2009

# TABLA DE CONTENIDO.

AGRADECIMIENTOS	2
TABLA DE CONTENIDO	
5	
ABREVIATURAS	
7	
ACRÓNIMOS	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
LOS DINOSAURIOS DEL MESOZOICO MEXICANO	13
OBJETIVOS	16
ÁREA DE ESTUDIO	17
UBICACIÓN	17
MARCO GEOLÓGICO	18
LITOLOGÍA	19
AMBIENTE DE DEPÓSITO	
19	
EDAD	19
LOS NIVELES CON RESTOS DE DINOSAURIOS	
21	
METODOLOGÍA	
26	
TRABAJO DE CAMPO	26
TRABAJO DE LABORATORIO	
26	
TRABAJO DE GABINETE	26
RESULTADOS	31
MATERIAL COLECTADO	31
PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA	
34	
DINOSAURIA INDET.	34
THEROPODA INDET.	43
CERATOSAURIA INDET.	52
TETANURAE INDET.	60
TYRANNOSAURIDAE INDET.	
62	

CF. TITANOSAURIFORMES INDET.	
66	
ORNITHOPODA INDET.	69
IGUANODONTOIDEA INDET.	
73	
HADROSAURIA <i>gen. y sp. nov.</i>	84
PALEOPATOLOGÍAS DEL EJEMPLAR, N6-B-1	
142	
DISCUSIÓN	155
PALEOGEOGRAFÍA Y PALEOBIOGEOGRAFÍA	
155	
LA FAUNA DE LA BARRANCA DE LOS BONETES	
165	
CONCLUSIONES	
167	
REFERENCIAS CITADAS	
168	



## ABREVIATURAS

### Cráneo

F	foramen
m	maxilar
PD	proceso dorsal
PE	proceso ectopterigoideo
PL	proceso lacrimal
PPI	proceso palatino
PPt	proceso pterigoideo
SAY	superficie articular del yugal

### Dientes

cc	carina central
cl	carina lateral
cs	carina secundaria

### Esqueleto axial

ax	axis
c	costilla
C	capítulo
ch	chevrón
cp	costilla con patología
en	espina neural
enc	espina neural caudal
ent	espina neural torácica
h	hueso sin identificar
il	ilión
Od	proceso odontoideo
p	pubis
Poc	postcigoapófisis
PP	parapófisis
Prc	precigoapófisis

pt	proceso transverso
ptc	procesos transverso caudal
ptt	proceso transverso torácico
pts	proceso transverso del sacro
Qv	quilla ventral del centro vertebral
s	sacro
t	tendones
T	tubérculo
vc	vértebra caudal
vce	vértebra cervical
vcp	vértebra caudal con patología
vt	vértebra torácica
vta	vértebras torácicas articuladas
vtp	vértebra torácica con patología

### **Esqueleto apendicular**

4T	cuarto trocánter
AC	acetábulo
BAC	borde acetabular
BD	borde dorsal
BS	<i>brevis shelf</i>
CC	cresta cnemial
CF	cresta fibular
CL	cóndilo lateral
CM	cóndilo medial
CMS	cresta medial del sacro
CoF	cóndilo fibular
CPR	cuello prepúbico
CrM	cresta medial
Me	maleólo externo
Mi	maleólo interno
PIL	pedúnculo iliar
PIS	pedúnculo isquial
PPO	proceso postpúbico
PPb	pedúnculo púbico
PPo	proceso postacetabular
PPR	paleta prepública
PPr	proceso preacetabular
PSA	proceso supraacetabular
Si	surco intercondilar

### **Datos merísticos generales**

Dh	diámetro horizontal
Dv	diámetro vertical
l	longitud
w	ancho

### **Datos merísticos en dientes**

AA	altura apical
AC	altura de la corona
ACB	ancho de la corona basal
H	altura de la corona
LCB	longitud de la corona basal
Dd	número de denticulos de la carina distal en un milímetro
Dm	número de denticulos de la carina mesial en un milímetro

### **Datos merísticos en costilla cervical**

c	longitud del capitulo
L	longitud del tubérculo al extremo distal
t	altura del tubérculo

### **Datos merísticos en costilla torácica**

H	altura del capitulo al tubérculo
Lc	longitud del capitulo al extremo distal
Lt	longitud del tubérculo al extremo distal
W	ancho del capitulo

### **Datos merísticos en fémur**

H	altura de la diáfisis del fémur
L	longitud trocánter mayor al cóndilo lateral
L1	longitud cabeza femoral al cóndilo medial
L2	altura del cóndilo medial
L3	altura del cóndilo lateral
L4	longitud del cuarto trocánter al extremo proximal
L5	longitud del cuarto trocánter
L6	longitud del cuarto trocánter al extremo distal
T1	distancia del trocánter mayor a la cabeza femoral
T2	altura del extremo proximal
W	distancia entre el cóndilo lateral al medial

### **Datos merísticos en Ilión**

H	altura del borde anterior del pedúnculo púbico al borde dorsal del ilión
H1	altura del borde posterior del pedúnculo púbico al borde dorsal del ilión
H2	altura del proceso preacetabular
H3	altura del proceso postacetabular
L	longitud total del ilión
L1	longitud dorsal del proceso preacetabular
L2	longitud ventral del procesos preacetabular
L3	longitud ventral del proceso postacetabular
L4	longitud del borde anterior del pedúnculo isquial al pedúnculo púbico
L5	longitud del pedúnculo isquial
W	altura de la zona central del ilión
W1	ancho del antitrocánter

### **Datos merísticos en pubis**

D2	altura de la superficie articular del pedúnculo isquial
D3	longitud de la superficie articular del pedúnculo iliar
H	diámetro vertical del acetábulo
H1	altura del cuello prepúbico
H2	altura de la paleta prepúbica
L	longitud total del pubis
L1	longitud del prepúbis
L2	longitud del proceso postpúbico
L3	longitud del pedúnculo isquial
L4	altura del pedúnculo iliar
T2	ancho de la superficie articular del pedúnculo isquial
T3	ancho de la superficie articular del pedúnculo iliar

### **Datos merísticos en tibia**

D	altura de la diáfisis de la tibia
H	altura del maleólo externo
L	longitud total de la tibia
L1	longitud de la cresta cnemial
T1	ancho del maleólo interno
T2	distancia del maleólo externo al maleólo interno
W1	distancia de cóndilo a cóndilo
W2	ancho de la cresta cnemial

### **Datos merísticos en vértebras**

H	altura total de la vértebra
H1	altura del centro vertebral
L	longitud del centro vertebral
S1	distancia de la parte dorsal del arco neural al extremo distal de la espina neural
Sw	ancho de la espina neural
T1	distancia del extremo distal de un proceso transversal al otro extremo distal del proceso transversal contrario
W	ancho del centro vertebral

## ACRÓNIMOS

AMNH	Museo Americano de Historia Natural de Nueva York
AUMP	Museo de Paleontología de la Universidad de Auburn, Alabama.
BMNH	Museo de Historia Natural de Londres
CPC	Colección Paleontológica de Coahuila, Saltillo, Coahuila
DMNH	Museo de Historia Natural de Denver, Colorado
FMNH	Museo de Campo de Historia Natural, Chicago
GMH	Museo Geológico de Heilongjiang, China
IGM	Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM, México, D.F.
IRSNB	Instituto Real de las Ciencias Naturales de Bélgica
IVPP	Instituto de Paleontología de Vertebrados y Paleoantropología de Beijing China
LACM	Museo de Historia Natural del Condado de Los Angeles, California.
MACN	Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Buenos Aires, Argentina.
MCF	Museo Municipal Carlos Funes, Paleontología de Vertebrados, Argentina
MNHN	Museo de Historia Natural de París, Francia
MUCP	Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Comahue, Neuquén, Argentina.
NGMCM	Museo Geológico Nacional de China, Beijing, China
NMC	Museo Nacional de Canadá, Ottawa.
NMMNH	Museo de Historia Natural y Ciencia de Nuevo México
OMNH	Museo de Historia Natural de Oklahoma
PAS	Paleontólogos Aficionados de Sabinas (Asociación Civil), Coahuila
PASAC	Asociación Paleontológica de Sabinas, Coahuila
PIN	Instituto Paleontológico de la Academia de Ciencias de Rusia
PVL	Paleontología de Vertebrados del Instituto Lillo, Tucumán, Argentina
ROM	Museo Real de Ontario, Canadá
TMP	Museo de Paleontología de Tyrrell
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USNM	Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian, Washington, D.C.
YPM	Museo Peabody de la Universidad de Yale, Connecticut

## RESUMEN

El primer hallazgo de restos óseos de dinosaurios en el estado de Michoacán fue realizado en mayo del 2003 por el Dr. Mouloud Bennami, entonces investigador del Instituto de Geofísica de la UNAM, al llevar a cabo estudios geológicos en la Barranca de los Bonetes, municipio de Tuzantla donde afloran rocas del Cretácico Tardío. Posteriormente, en el 2005 se encontraron restos postcraneales en dos niveles diferentes los cuales se identificaron como pertenecientes a un hadrosaurio y un diente de terópodo.

En el presente trabajo, se reportan restos de dinosaurios procedentes de los niveles cuatro, cinco y seis (explotados entre el 2007-2008), de los cuales el nivel seis destaca por la abundancia de restos fósiles y la diversidad del estado de conservación del material. Los restos más abundantes son vértebras cervicales, torácicas y caudales, además se ha recuperado un axis, un fragmento de dentario, porción posterior del maxilar, el pubis e ilión muy bien preservados. Con base en los tres últimos elementos se ha reconocido que pertenecen a un individuo de hadrosaurio con rasgos basales. Además, en este ejemplar se diagnosticaron seis patologías, siendo una de ellas una neoplasia (tumor) muy bien conservada. Este hallazgo aumenta el conocimiento sobre este tipo de paleopatologías dentro de este grupo taxonómico hasta ahora poco estudiadas en México.

También se recolectaron algunos restos de terópodos como dientes y parte de una extremidad posterior perteneciente a un ceratosaurio y un fémur de ornitópodo basal. A la luz de los nuevos descubrimientos se revisaron los elementos descritos para esta localidad y se reinterpretaron, encontrando la presencia de nuevos taxa como iguanodontoideos, un posible titanosauriforme y un tiranosauridae. Esta información permitirá comprender mejor la fauna que imperaba en el sur de la República Mexicana durante el Cretácico Tardío (Coniaciano-Santoniano) como entender mejor la evolución del grupo de los hadrosaurios en nuestro país y toda América.

# INTRODUCCIÓN

## LOS DINOSAURIOS DEL MESOZOICO MEXICANO

El registro de dinosaurios incluye restos óseos y huellas comprendidas entre el Jurásico y el Cretácico (Figura 1). El registro más antiguo en nuestro país incluye restos óseos encontrados en la localidad Cañon Huizachal que datan de finales del Jurásico Temprano en Tamaulipas, comprendiendo animales no mayores de dos metros de longitud, como *Syntarsus* sp. (celofísido), un heterodontosaurio y un posible ceratosaurio (Clark, *et al.* 1994; Fastovsky, *et al.* 1995; Munter y Clark, 2006). Para el Jurásico Medio a Tardío se conocen icnofaunas compuestas por celurosaurios, allosaurios e iguanodóntidos principalmente en Oaxaca (Ferrusquía-Villafranca, *et al.* 2007), Puebla (Rivera-Sylva, 2005), Michoacán y Durango (Rodríguez-de la Rosa, *et al.* 2004) y como registro único, la presencia de saurópodos pequeños en Oaxaca (Ferrusquía-Villafranca, *et al.* 2007; Figura 1). En Chiapas se conocen unos restos fragmentarios de dinosaurios sin identificar (Carbot-Chanona y Avedaño-Gil, 2002).

En México, para el Cretácico Temprano se conoce una icnofauna similar a la del Jurásico Medio a Tardío, resaltando grupos como los saurópodos, terópodos y ornitópodos sin identificar en Puebla (Pantoja-Alor, com. pers, 2006; Rodríguez-de la Rosa, *et al.* 2004).

En México, el registro más abundante de restos de dinosaurios comprende localidades con afloramientos del Cretácico Tardío al norte de la República Mexicana. Los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua y Coahuila principalmente, incluye la presencia de varios terópodos no identificados (Rivera-Sylva, 2005 y Torres-Rodríguez, 2006), ornitomimosaurios como *Struthiomimus* y *Ornithomimus* (Torres-Rodríguez, 2006), la probable presencia de oviraptorosaurios, tyranosáuridos como *Daspletosaurus*, *Aublysodon* (Lucas y González-León, 1996; Torres-Rodríguez, 2006) y el enigmático *Labocania* (Molnar, 1974), dromaeosáuridos con afinidad norteña como *Saurornitholestes* (Torres-Rodríguez, 2006), troodóntidos como *Troodon* (Torres-Rodríguez, 2006) y otros troodóntidos sin identificar de Coahuila, aves de afinidades inciertas conocidas únicamente por varias huellas (Rodríguez-de la Rosa, *et al.* 2004) y restos fragmentarios del enantiornite *Alexornis* de Baja California (Rodríguez de la Rosa, 2002).

Los dinosaurios fitófagos conocidos incluye ankylosaurios como *Euoplocephalus* (Hernández-Rivera, 1997) y posiblemente *Edmontonia* (Rivera-Sylva, *et al.* 2008); ceratópidos de las dos subfamilias como *Centrosaurus* (Hernández-Rivera, 1997), *Agujaceratops* (= *Chasmosaurus mariscalensis*; Andrade-Ramos, 2003), *Coahuilaceratops* (Claudio de León, com. pers., 2007) y chasmosaurinos sin identificar (Rivera-Sylva com. pers., 2009); algunos restos de titanosaurios referidos a *Alamosaurus* (Montellano-Ballesteros, 2003; Hernández-Rivera com. pers, 2008). Por último los hadrosaurios representados por ejemplares de sus dos subfamilias, los lambeosaurinos como "*Lambeosaurus*" (Morris, 1981), *Velafrons* (Gates *et al.* 2007) y coritosaurinos sin determinar (Serrano-Brañas, 2006) y hadrosaurinos (o saurolofinos como los define Prieto-Márquez, 2008) como *Kritosaurus* (Serrano-Brañas, 2006 y Kirkland *et al.* 2006) y *Gryposaurus* (Serrano-Brañas, 2006) y una gran cantidad de material de hadrosaurios sin identificar (Taliaferro, 1933; Serrano-Brañas, 2006). Este último género destaca por ser el primer dinosaurio trabajado enteramente por paleontólogos mexicanos (Serrano-Brañas, 2006).

En los estados de Puebla y Michoacán los dinosaurios se conocen principalmente por rastros de huellas del Cretácico Tardío, las cuales tienen una ubicación taxonómica incierta. En Puebla existen huellas de titanosaurios, celurosaurios, hadrosaurios (Rodríguez-de la Rosa, *et al.* 2004) y de aves provenientes de

una localidad en la actualidad pérdida (Pantoja-Alor com. pers., 2009). En Michoacán se conocen rastros de huellas de hadrosaurios y terópodos identificados como ornitomímidos, tiranosáuridos y dromeosáuridos (Ortíz-Mendieta, 2001). Estos últimos podría ser un error de interpretación ya que dichas huellas no son observables con claridad (Ortíz-Mendieta, 2001; Rodríguez-de la Rosa, *et al.* 2004). Por último se conoce un diente de celurosaurio no identificado proveniente de Chiapas (Carbot-Chanona y Avedaño-Gil, 2002).

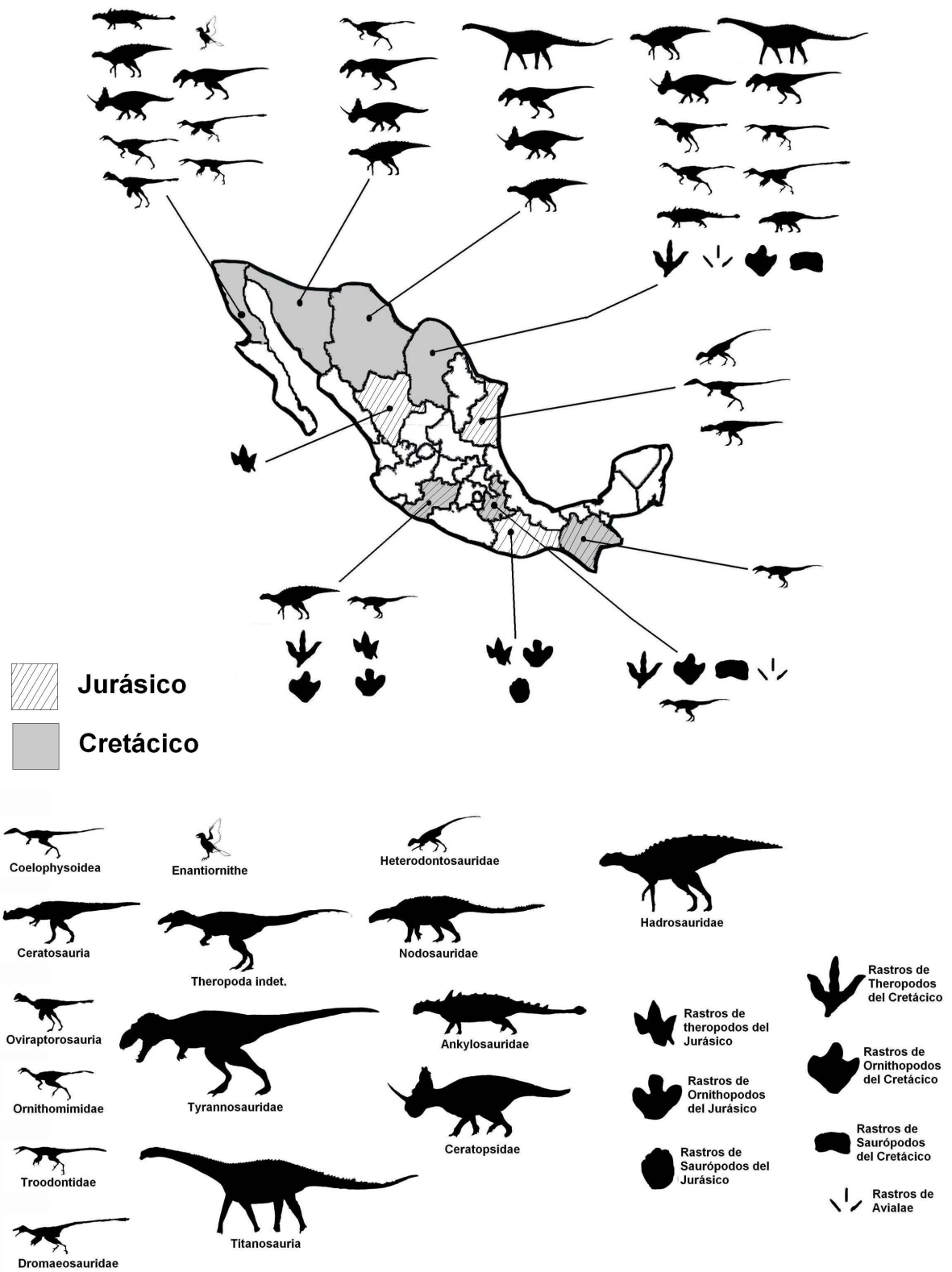
El Dr. Bennami y colaboradores (2005) reportaron los primeros restos óseos de dinosaurios para el estado de Michoacán en la localidad Barranca Los Bonetes en Mayo del 2003. En el 2005 se descubrieron dos niveles más con restos óseos de dinosaurios identificando la presencia de hadrosaurios y terópodos (Bennami, *et al.* 2005; Mariscal-Ramos, 2006).

En el 2006 se llevaron a cabo fechamientos de la localidad, mediante estudios radiométricos hechos por el Dr. Bennami y colaboradores (2006), en un flujo de lava debajo de la secuencia, dando la edad de  $84 \pm 2.8$  Ma, siendo la localidad con restos de hadrosaurios más antiguos de la República Mexicana. Este dato posteriormente fue utilizado como anclaje de los análisis magnetoestratigráficos, obteniendo la polaridad Cron 34 determinando una edad entre los 86.8 y los 84 Ma (Mariscal-Ramos, 2006).

Del 2007 al 2008, se llevaron a cabo varias prospecciones dentro de la localidad, encontrando nuevos restos óseos de dinosaurios en tres niveles más (Bennami, 2008, com. pers.; Tovar 2008, com. pers.), destacando el sexto nivel por presentar los huesos desarticulados del hadrosaurio más completo de la localidad, el cual se describe en el presente trabajo. A la par con los estudios paleontológicos, Tovar (2008) llevó a cabo un estudio sedimentológico de la localidad, determinando un ambiente volcánico y un clima semiárido interpretado a partir de las calcretas. Estos últimos datos permiten afirmar que la localidad de la Barranca de los Bonetes presenta el primer reporte de hadrosaurios en depósitos volcánicos en México y en el Mundo (Tovar, 2008).

En el contexto anterior, considerando el estado actual del conocimiento del sur de México, el hallazgo de elementos esqueléticos en la localidad Barranca de los Bonetes es muy importante, por presentar una fauna del Coniaciano-Santoniano tan poco conocida para Norteamérica en uno de los ambientes de depósitos más insospechados con contenido fósil.





**Figura 1.** Mapa de distribución de los distintos taxa de dinosaurios conocidos para México.

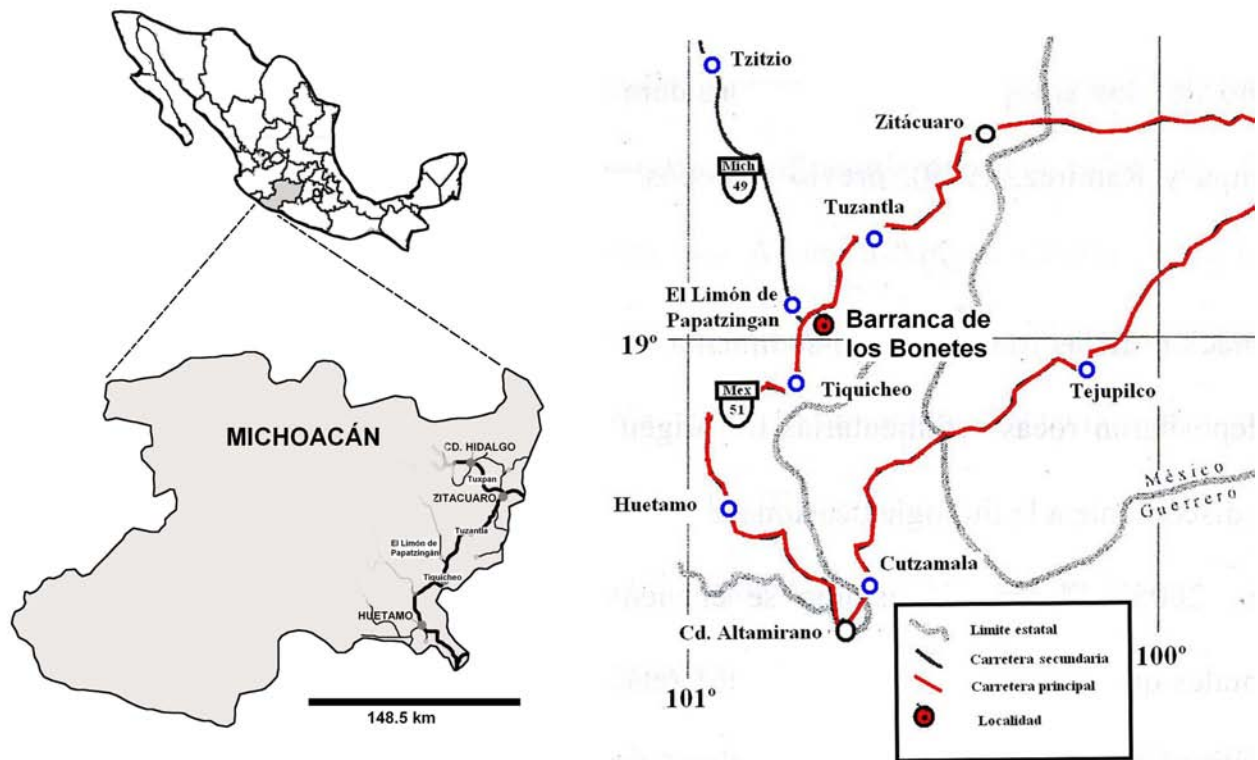
## OBJETIVOS

1. Identificar los elementos taxonómicos que componen la fauna de dinosaurios del Cretácico tardío (Coniaciano-Santoniano) encontrados en la Barranca de los Bonetes (Tuzantla, Michoacán).
2. Llevar a cabo una descripción detallada y un análisis comparativo de un nuevo género y especie de hadrosaurio basal y sus repercusiones en la biogeografía y sus relaciones filogenéticas
3. Descripción de las paleopatologías encontradas en el hadrosaurio basal.

# ÁREA DE ESTUDIO

## UBICACIÓN

La Barranca de los Bonetes se ubica en el límite de los municipios de Tiquicheo y Tuzantla del estado de Michoacán (Figura 2), ubicado dentro de este último. Se localiza sobre la carretera Federal 51, tramo Huetamo-Zitácuaro, entre el Kilómetro 85 y 84. Las coordenadas del área comprenden entre los  $19^{\circ}03'10''$  y  $19^{\circ}02'87''$  latitud norte y entre los  $100^{\circ}42'75''$  y  $100^{\circ}41'57''$  longitud oeste.



**Figura 2.** Ubicación del área de estudio Barranca de los Bonetes, Tuzantla, Michoacán (modificado de Mariscal-Ramos, 2006).

## MARCO GEOLÓGICO

Las rocas de la Barranca de los Bonetes forman parte de la Formación Cutzamala, la cual descansa sobre las rocas Jurásicas-Cretácicas previamente deformadas de los subterrenos Zihuatanejo y Arcelia los cuales forman parte del Terreno Guerrero (Centeno-García, *et al.* 2004; Figura 3). A su vez, todos forman parte del Complejo Orogénico de Guerrero-Colima, el cual comprende afloramientos del Mesozoico con secuencias volcanosedimentarias del tipo arco insular. De acuerdo con Centeno-García y colaboradores (2004) la Formación Cutzamala y las capas rojas fueron depositadas en una cuenca de forma elongada denominada Cuenca de Tierra Caliente, la cual evolucionó a una cuenca intra-arco

En el Jurásico Tardío México sufrió una transgresión marina gradual provocada por la apertura del Golfo que comenzó en el Oxfordiano, abarcando grandes porciones de la parte nororiental de México formando penínsulas e islas (García-Barrera, 2006). Para estos momentos el Terreno Guerrero se interpreta como un arco de islas volcánicas rodeado por un arrecife de corales y rudistas, este terreno se encontraba acrecionando poco a poco al margen del Pacífico (Centeno-García, *et al.* 2003). A partir del Albiano (Cretácico Temprano) los mares epicontinentales comienzan a retirarse y durante el Cretácico Tardío ocurre el amalgamiento del Terreno Guerrero al borde del Pacífico (Centeno-García, *et al.* 2004). A partir del Coniaciano-Santoniano se forman los depósitos continentales de la Barranca de los Bonetes, probablemente después de la acreción del Terreno Guerrero (Tovar, *com. pers.* 2009), sin embargo por la falta de estudios geológicos no se conoce la paleogeografía durante el Coniaciano-Santoniano en el Complejo Orogénico Guerrero-Colima.



**Figura 3.** Ubicación de la Barranca de los Bonetes dentro del terreno Guerrero (Tomado de Campa y Coney, 1984 en Centeno-García, *et al.* 2003).

## LITOLOGÍA

La sección portadora de fósiles se compone en su mayoría de sedimentos vulcanoclásticos y algunos paleosuelos calcáreos (Figura 4), que son delimitados por una secuencia de conglomerados (Tovar, 2008). La textura de los sedimentos varía entre limos a arenas preferentemente. De acuerdo a Tovar (2008) en la Barranca de los Bonetes se reconocen seis litofacies: 1) conglomerado soportado por matriz, 2) areniscas sin estructuras, 3) areniscas con estratificación cruzada de baja escala, 4) calcretas, 5) areniscas con laminación planar y 6) conglomerados soportados por clastos. Los fósiles de dinosaurios fueron colectados dentro de la facies de areniscas sin estructuras sedimentarias (Tovar, 2008; Figura 4).

## AMBIENTE DE DEPÓSITO

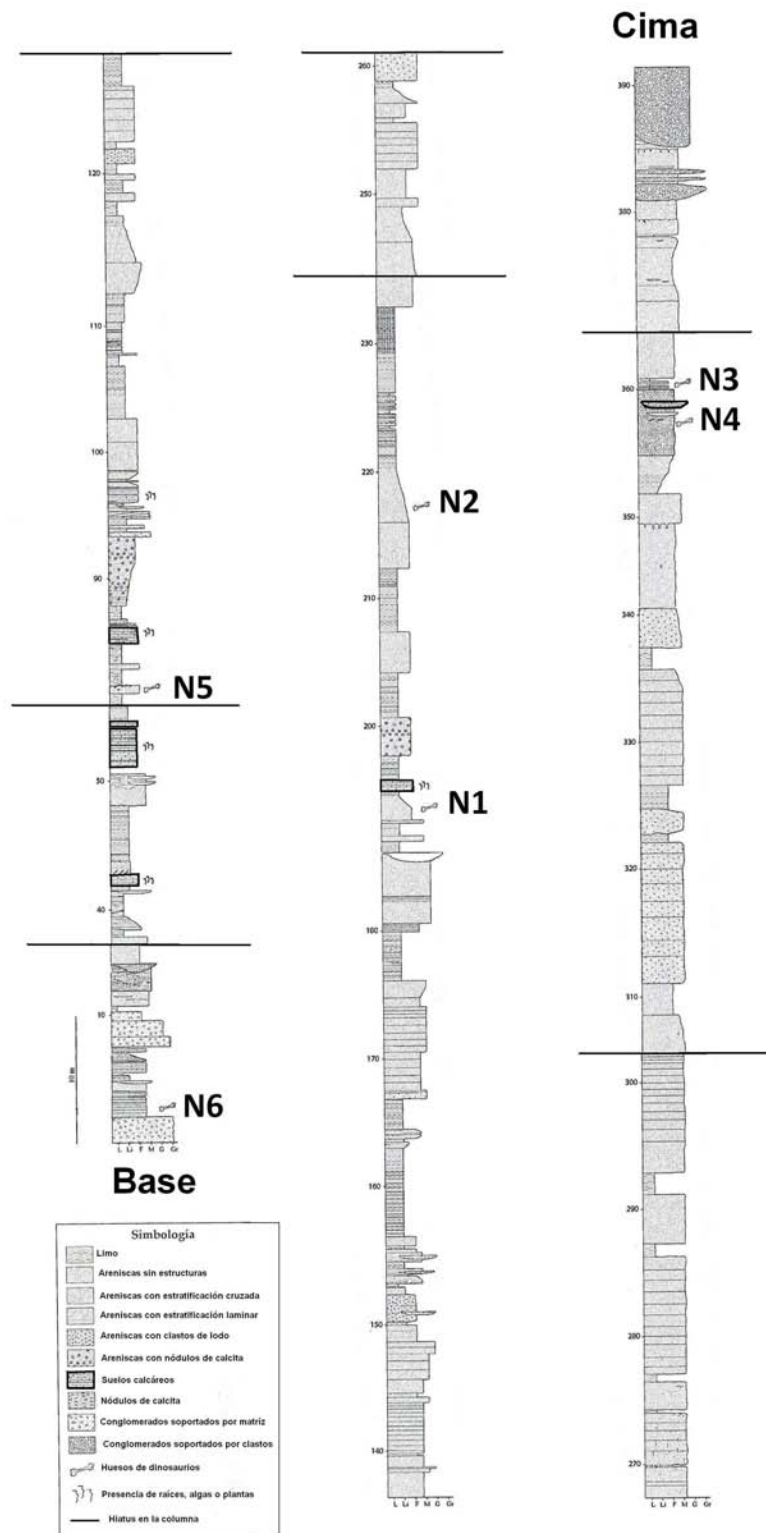
De acuerdo con Tovar (2008) el depósito de los yacimientos portadores de los fósiles aquí descritos ocurrió en el flanco de un volcán en una ladera con pendiente escalonada. En este sitio existieron periodos muy largos sin depósito determinado por la presencia de las calcretas (Figura 4).

Respecto al clima durante el depósito de la Barranca Los Bonetes se han propuesto dos hipótesis:

- 1) Altamira-Areyán (2002) propone un clima paratropical con temperaturas calurosas, donde prevaleció el bosque deciduo a elevaciones aproximadamente de mil metros sobre el nivel del mar (Altamira-Areyán, *et al.* 2000). Estos resultados fueron obtenidos a partir del análisis de los palinomorfos del Grupo *Normapolles* y *Momipites* recuperados de los paleosuelos calcáreos.
- 2) Tovar (2008) propone un clima local en la zona de estudio predominantemente semi-árido a partir del análisis de los paleosuelos calcáreos, los cuales han sido ampliamente reportadas en suelos áridos y semi-áridos.

## EDAD

La edad de este yacimiento fosilífero se determinó de dos maneras: por un lado se llevó a cabo estudios radiométricos (Bennami, *et al.* 2006) en un flujo de lava debajo de la columna de la Barranca de los Bonetes en la asociación de facies El Cirián (ubicada dentro de la Formación Cutzamala) obteniendo una edad de  $84 \pm 2.8$  Ma (Santoniano); y mediante estudios magnetoestratigráficos utilizando titano-magnetita y hematita presentes en las rocas distribuidas a lo largo de toda la sección, obteniendo la polaridad Cron 34 entre los 86.8 y 84 Ma, lo que corresponde al Coniaciano-Santoniano (Mariscal-Ramos, 2006).



**Figura 4.** Sección sedimentaria levantada a lo largo de la carretera #51, mostrando los niveles fosilíferos. Localidad Barranca de los Bonetes: L= Lodo; Li= Limo; F= Arenas; M= Arenas medias; G= Arenas Gruesas; Gr= Gravas. Los números de la izquierda representan el grosor de los estratos (Modificado de Tovar, 2008).

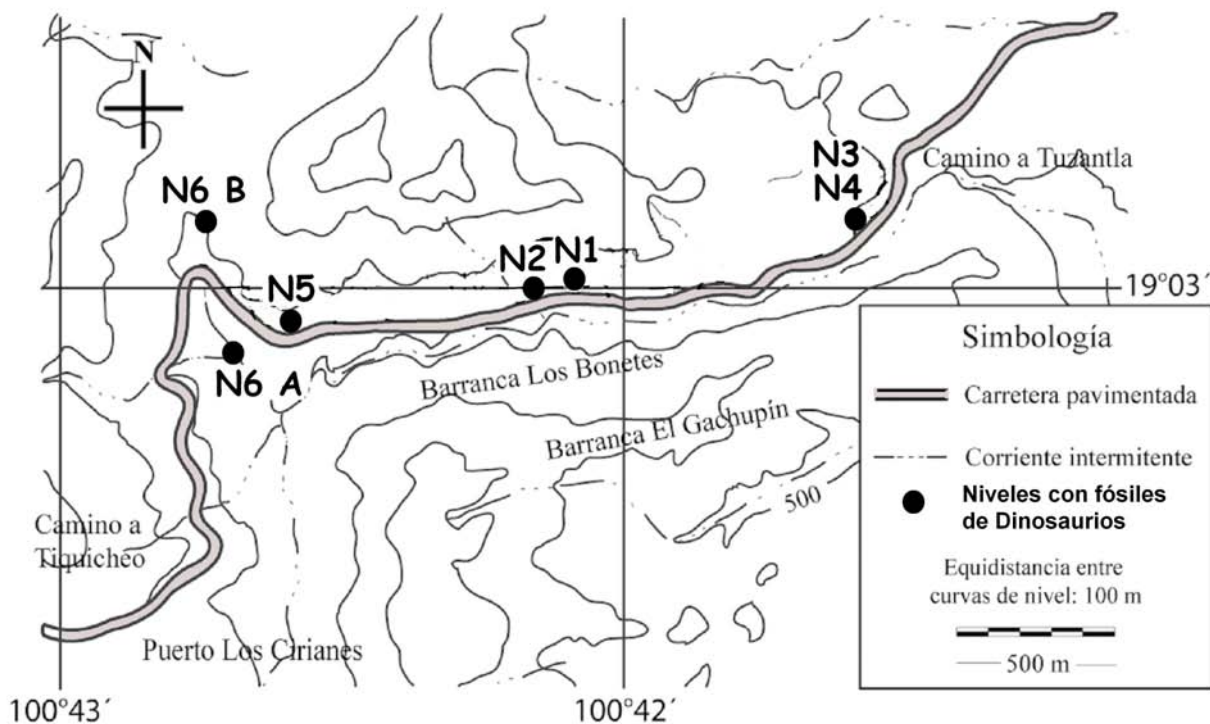
## LOS NIVELES CON RESTOS DE DINOSAURIOS.

Dentro de la sección de la Barranca de los Bonetes hasta ahora han sido descubiertos seis niveles con fósiles (Figuras 4 y 5), tres estudiados por Mariscal-Ramos (2006) y Bennami, *et al.* (2005).

En el primer nivel se descubrió la tibia IGM 8825 completa con un estado de conservación muy buena, sin embargo fue lo único que se encontró. Dentro del segundo nivel, se descubrieron varios huesos incompletos y desgastados a excepción de las vértebras caudales N2-16 semiarticuladas y casi completas. Además de éstas, se descubrieron huesos incompletos pero poco desgastados de terópodos y un fémur de ornitópodo basal. En el tercer nivel los huesos descubiertos presentaron el peor estado de conservación de todos los niveles, encontrando una gran cantidad de fragmentos y un solo fémur (N3-1) casi completo y muy fracturado.

El cuarto nivel, descubierto por Tovar (com. per. 2008), sólo presentaba restos óseos muy fragmentados, difíciles de determinar a algún nivel taxonómico en particular por lo cual no se describieron en el presente trabajo.

El quinto nivel descubierto por Bennami y Tovar, únicamente se recolectaron tres vértebras con buena calidad de conservación, semi-completas y dos de ellas articuladas (N5-1).

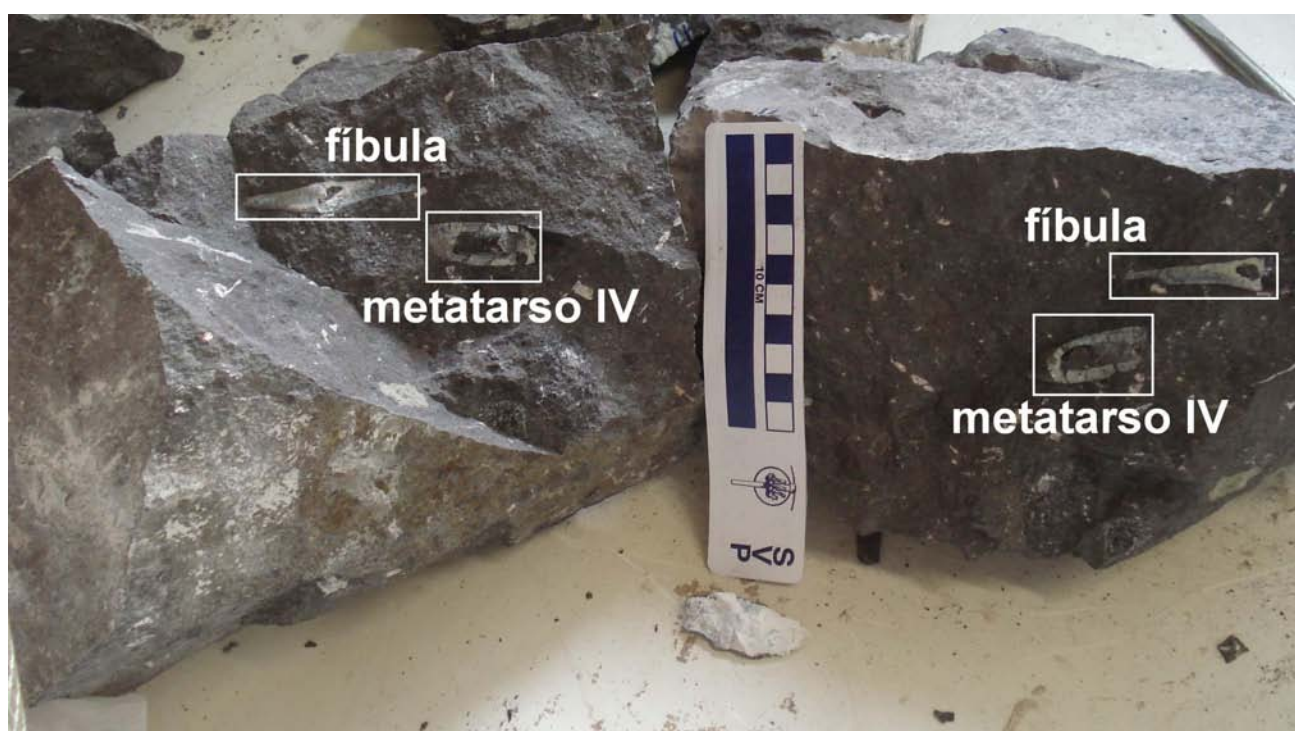


**Figura 5.** Distribución de los niveles con fósiles de dinosaurios sobre el tramo Huetamo-Zitácuaro (Modificado de Tovar, 2008). Los niveles tres y cuatro al estar muy próximos entre ellos y debido a la escala, se representan como un solo punto.

El sexto nivel (Figura 4) fue descubierto en dos sitios: uno cruzando la carretera hacia el sur, siguiendo el río intermitente encontrado por el Dr. Alvarado-Ortega y denominado en este trabajo N6-A (Figura 5); el otro fue localizado cruzando la carretera hacia el Norte por una vereda, descubierta por el Dr. Bennami y los estudiantes de la Universidad Autónoma de Guerrero, denominado N6-B (Figura 5).

El material del sexto nivel, sitio A (Figura 5) se encontró en escombros, sin embargo las características litológicas presentes en el bloque y la continuidad del contacto de la facies de conglomerado soportado por matriz y la facies de areniscas sin estructuras sedimentarias a lo largo del río intermitente sugieren que provienen del nivel seis.

Dentro del bloque se recuperaron restos óseos de terópodos orientados de manera horizontal dentro de la matriz (Figura 6). Por su asociación tan estrecha de la fíbula y el metatarso, se cree que deben pertenecer a un mismo individuo al igual que un extremo proximal de una tibia asociado a los elementos anteriores, designado como N6-1.8/ti, el cual no se encontró articulado. Los demás elementos debido a su mala conservación se describieron de manera separada (N6-1.1 – N6-1.7). Probablemente fueron transportados y depositados junto a los huesos casi completos.



**Figura 6.** Huesos del Ceratosauria, N6-A-8 dentro del bloque N6-A.

La gran mayoría de los elementos descritos en este trabajo se encontraron en el mismo nivel, pero en el sitio B (Figuras 7, 8 y 9) se recolectaron tanto elementos postcraneales como craneales de un solo individuo y dos dientes de terópodos asociados (Figura 9).

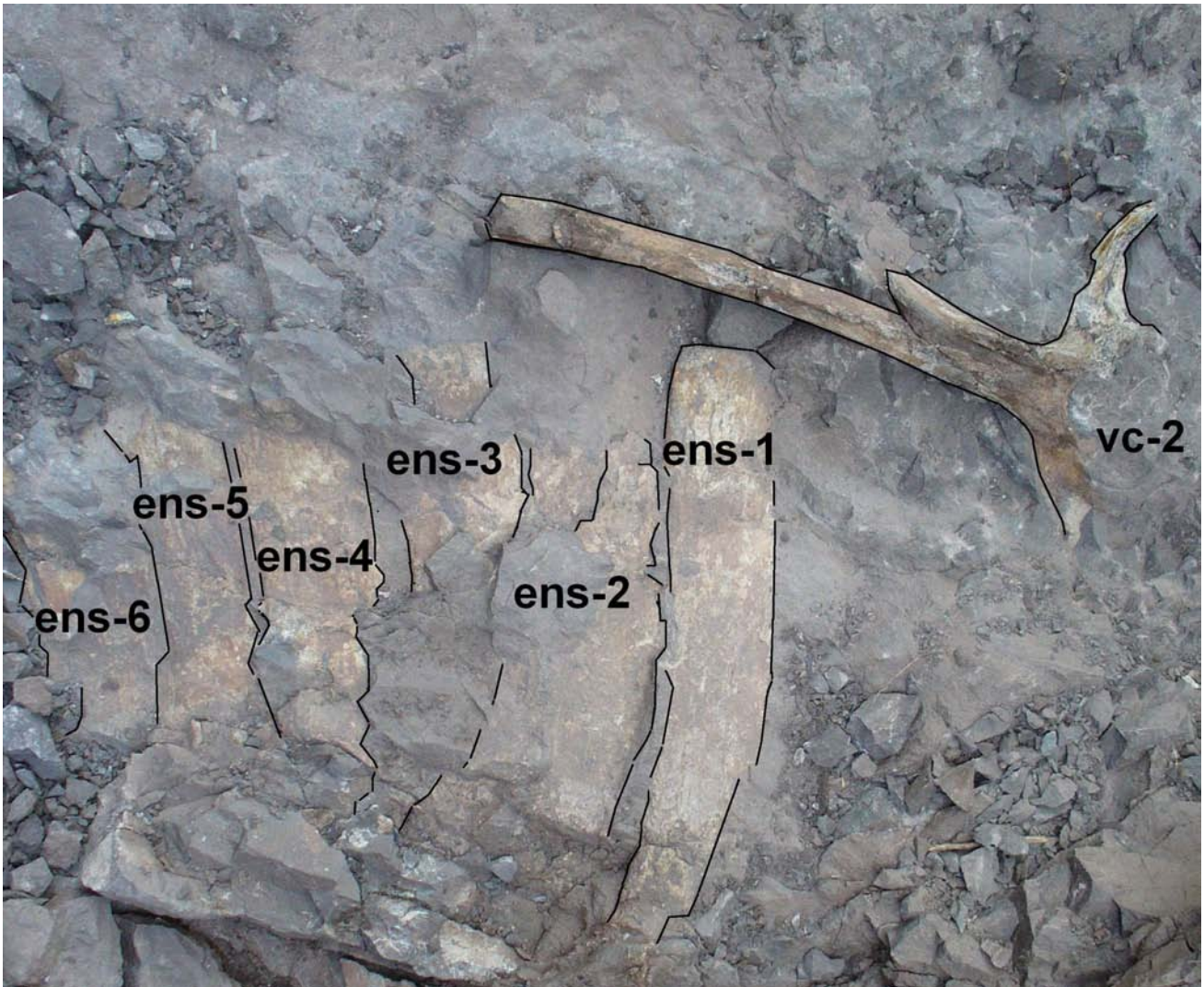
Los elementos más expuestos se encontraban muy fracturados (Figuras 7 y 8), debido a pequeñas fallas y a la erosión sufrida durante el transporte. Los elementos menos expuestos, se encontraron en perfectas condiciones, preservando patologías óseas. Alrededor de todos los elementos se recolectó una gran cantidad de fragmentos de tendones osificados, que debidos a su fragilidad, no se removieron de la matriz. Cerca de los elementos de la cintura pélvica y de las vértebras torácicas se encontraron dientes de terópodos, lo que podría explicar la ausencia de las extremidades debido a la actividad de los organismos carroñeros (Figura 9).





**Figura 7.** Huesos del hadrosaurio N6-B-1 *in situ*. Se observa que las vértebras vt-3 y vt-4 se encontraron articuladas y los huesos ent-4 y vt-9 se encontraron deformados (foto de Cristin-Ponciano, 2007).

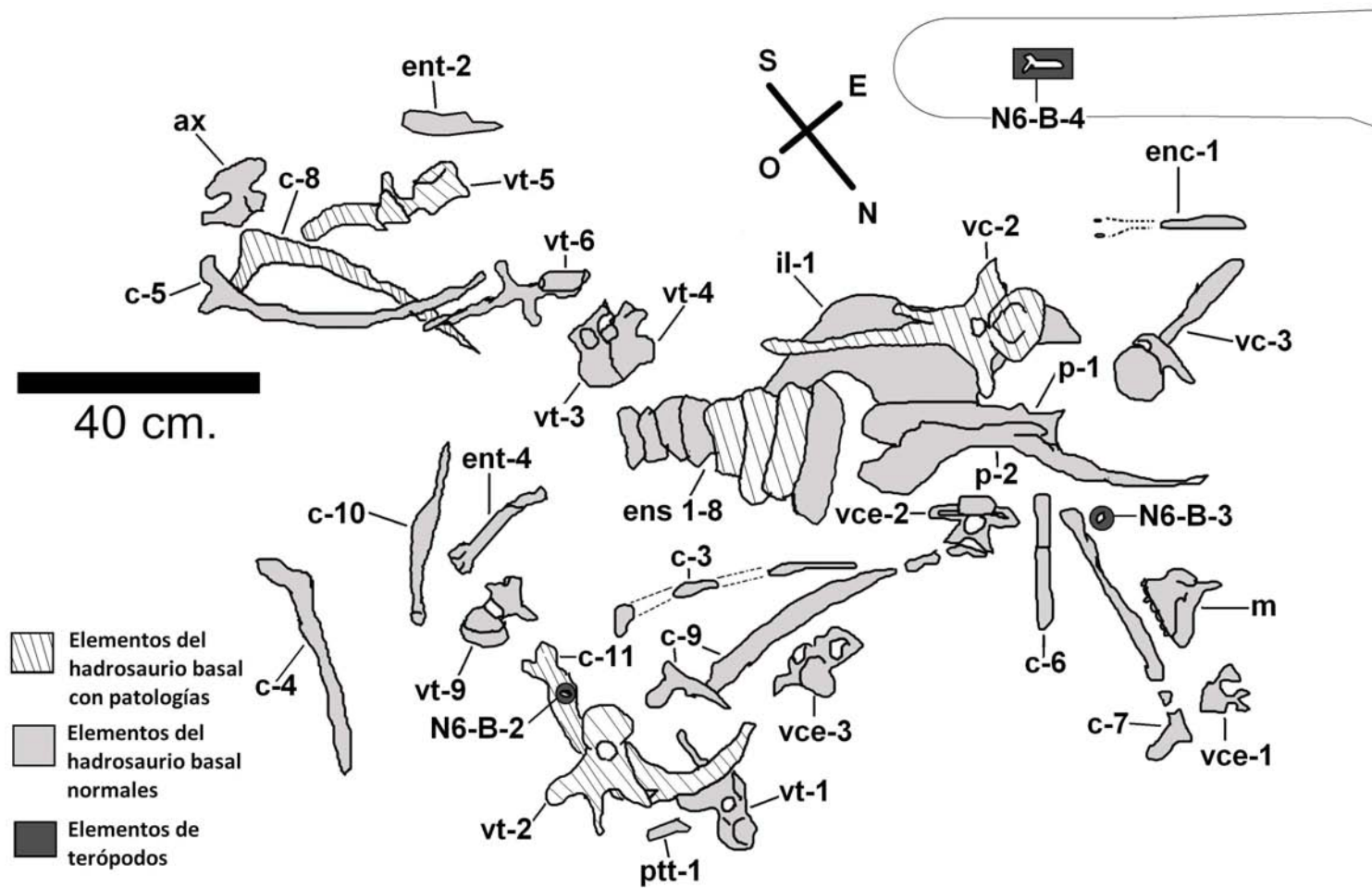
La gran mayoría de los huesos axiales se encontraron semi-completos y poco desgastados, presentando sus procesos transversos, sus espinas neurales y en algunos casos sus cigoapófisis. Los elementos de la cintura pélvica se encontraron bastante completos, preservando el pubis, el cual es un elemento que se pierde con mayor frecuencia durante el depósito (Brett-Surman y Wagner, 2007). Estos elementos debieron ser transportados de manera paralela a la dirección del flujo de sedimentos, permitiendo su conservación de manera parcial.



**Figura 8.** Huesos del hadrosaurio N6-B-1 *in situ*. Se aprecia parte de la serie de las espinas neurales del sacro ens 1-6 y la vértebra caudal vc-2 (foto del Dr. Bennami, 2007).

El depósito de los restos óseos de manera vertical fue muy aleatorio: las vértebras se encontraron depositadas de manera anterior y posterior respecto a los estratos, sólo el axis, una vértebra torácica patológica y las vértebras torácicas articuladas se encontraron de manera lateral. Las espinas neurales sacras se encontraban articuladas de manera lateral indicando posiblemente el número real de vértebras sacras, una espina neural torácica y una caudal se encontraron de manera anterior. Todas las costillas se encontraron en posición anterior o posterior. Lo que resalta es la extraña posición que tenía el proceso prepúbico derecho, ya que se encontraba con su parte dorsal en dirección noroeste y el ilión derecho y el pubis izquierdo se encontraban orientados al sureste en su borde dorsal.

La cintura pélvica, las vértebras torácicas articuladas (Figuras 7 y 9) y las espinas neurales del sacro articuladas (Figuras 8 y 9) y la falta de una orientación preferencial de los elementos (Figura 9) sugieren que el depósito de los elementos no sufrió mucho transporte y probablemente fue de baja energía (Tovar, com. pers. 2008).



**Figura 9.** Distribución de algunos restos del hadrosaurio N6-B-1 mostrando los elementos con y sin patologías, los dientes de terópodos N6-B-2 (d) y N6-B-3 (dd) y el chevrón de tetanuro N6-B-4.

# METODOLOGÍA

## TRABAJO DE CAMPO

Esta actividad se llevó a cabo en 4 salidas al campo: del 1 al 5 de abril del 2007, 15 al 19 de diciembre del 2007, 17 al 25 de marzo del 2008 y del 1 al 5 de agosto del 2008. En estos trabajos participaron voluntarios estudiantes de las carreras de Geología y Biología de la Universidad Autónoma de Guerrero, Universidad Autónoma de Sonora, Facultad de Ciencias de la UNAM, así como del personal del Instituto de Geofísica de la UNAM y del Instituto de Geología de la UNAM.

## TRABAJO DE LABORATORIO

El material se preparó con ayuda del *air scribe* de punta gruesa y de punta fina. Las piezas rotas fueron pegadas con cianocrilato. La restauración se llevó a cabo con poliéster 70 x 60 preacelerada, yeso y fibra de vidrio. Las piezas fueron endurecidas con gliptol y sellador al 20%.

## TRABAJO DE GABINETE

La determinación taxonómica de los fósiles descritos en este trabajo, está basada en un estudio comparativo que incluye dibujos, fotos e información publicada de los siguientes taxa:

### Hadrosauridae

- *Bactrosaurus johnsoni*: AMNH 6577 (ilión y pubis); Formación Iren Dabasu, Nei Mongol Zizhiqu, China (Brett-Surman y Wagner, 2007; Prieto-Márquez, 2008).
- *Claosaurus agilis*: holotipo YPM 1190 (ilión); Formación Niobrara Chalk, cerca de Smoky Hill River, Kansas, EUA (Carpenter, *et al.* 2005).
- *Edmontosaurus annectes*: DMNH 1493 formalmente AMNH 5058 (ilión y pubis); Formación Hell Creek, Dawson County, Montana (Horner, *et al.* 2004; Brett-Surman y Wagner, 2007; Prieto-Márquez, 2008).
- *Edmontosaurus regalis*: NMC 2289 (maxilar); Formación Edmonton, Río Red Deer, Alberta, Canadá (Wagner, 2001).
- *Gilmoresaurus mongoliensis*: AMNH 6551 (ilión); Formación Iren Dabasu, Nei Mongol Zizhiqu, China (Carpenter, *et al.* 2005; Brett-Surman y Wagner, 2007; Prieto-Márquez, 2008).
- *Gryposaurus notabilis*: AMNH 5350 (vértebra torácica); Belly River, Alberta, Canadá (Lull y Wright, 1942).
- *Hypacrosaurus altispinus*: holotipo AMNH 5204 (vértebra caudal); Formación Edmonton, Alberta, Canadá (Lull y Wright)
- “*Lambeosaurus*” *laticaudus*: LACM 20874 (ilión y pubis), holotipo LACM 17715 (maxilar); Formación El Gallo, el Rosario, Baja California, México (Morris, 1983).
- *Lambeosaurus* sp.: USNM 10309 (Prieto-Márquez, 2008).
- *Lophorhothon atopus*: AUMP 2295 (ilión y pubis); Formación Mooresville Chalk, Alabama (Fotografía, cortesía de Prieto-Márquez, 2009).
- *Parasaurolophus walkeri*: holotipo ROM 768 (ilión y pubis) y NMMNH P-25100; Formación Oldman, Alberta, Canadá (Brett-Surman y Wagner, 2007; Wagner, 2001)
- *Sahaliyania elunchunorum*: GMH W179 (pubis); Formación Yuliangze, cantera Wulaga, China (Godefroit, *et al.* 2008)

- *Secernosaurus koernerii* (= *Kritosaurus australis*): MACN-RN 142 (ilión y pubis); de la Formación Los Alamitos, Patagonia, Argentina (Prieto-Márquez, 2008).
- *Shantungosaurus giganteus*: NGMC V 1780 (ilión); Formación Xingezhuang, Shandong, China (Prieto-Márquez, 2008).
- *Tanius sinensis*: no tiene número de catálogo (ilión); Grupo Tsagayan, Heilongjiang, China (Carpenter, *et al.* 2005; Brett-Surman y Wagner, 2007; Prieto-Márquez, 2008).
- *Telmatosaurus transsylvanicus* (Weishampel, *et al.* 1993; Prieto-Márquez, 2008).
- *Wulagasaurus dongi*: paratipo GMH W233 (maxilar); Formación Yuliangze, Heilongjiang, China (Godefroit, *et al.* 2008).

### **Iguanodontoidea**

- *Altirhinus kurzanovi*: paratipo PIN 3386/7 (maxilar); Dundgov, Mongolia (Norman, 1998; Paul, 2007).
- *Camptosaurus dispar*: USNM 5473 (ilión), YPM 1880 (pubis); Formación Morrison, Colorado, Utah, Wyoming, Oklahoma, EUA (Brett-Surma y Wagner, 2007).
- *Cedrorestes crichtoni*: holotipo DMNH 47994 (ilión); Formación Cedar Mountain, Dave's Camp Site, Utah, EUA (Glipin, *et al.* 2007).
- *Eolambia caroljonesa*: paratipo OMNH 4213 (ilión); Formación Cedar Mountain, Emery County, Utah, EUA (Kirkland, 1998; Head, 2001; Prieto-Márquez, 2008).
- *Equijubus normani*: holotipo IVPP 12534 (ilión); Grupo Xinminbao, Gansu, China (You, *et al.* 2003).
- *Iguanodon bernissartensis*: lectotipo IRSNB 1534 (ilión, pubis y fémur); Grupo Huinaut, Bélgica (Paul, 2007; Coria y Salgado, 1996).
- *Mantellisaurus atherfieldensis*: holotipo BMNH R5764 (ilión y pubis); Formación Vectis, Isla de Wight, Inglaterra (Paul, 2007).
- *Mantellisaurus* (= *Vectisaurus*) sp. (= *valdensis*): BMNH R.8649 (ilión); Wealden Marls, Isla de Wight, Inglaterra (Paul, 2007).
- *Ouranosaurus nigeriensis*: holotipo MNHN GDF 300 (ilión y pubis); Formación Echkar, Agadez, Nigeria (Brett-Surman y Wagner, 2007; Paul, 2007).
- *Probactrosaurus gobiensis*: PIN 2232/10-2 (maxilar); PIN 2232/19-1 (ilión), PIN 2232/23-56 (pubis); Maortu, Mongolia (Norman, 2002).

### **Ornithopoda basal**

- *Hypsilophodon wielandi*: holotipo AMNH 2585 (fémur); Formación Morrison, Dakota del Sur, EUA (Coria y Salgado, 1996).

### **Theropoda**

- *Allosaurus fragilis*: AMNH 680; (Rauhut, 2003).
- *Coelurus fragilis*: holotipo YPM 2010; Formación Morrison, Cantera 13 Este, Como Bluff, Wyoming, EUA (Carpenter, *et al.* 2005).
- *Elaphrosaurus bambergi*; HMN sin número de catálogo; Formación Tendaguru, Mtwara, Tanzania (Tykoski y Rowe, 2004).
- *Elaphrosaurus* sp.; DMNH 36284: Formación Morrison, Colorado (Chure 2001).
- *Elmisaurus elegans*: holotipo ROM 781; Formación Dinosaur Park, Dinosaur Provisional Park, Alberta, Canadá (Currie, 1989).
- *Majungasaurus crenatissimus* (= *Majungatholus atopus*): FMNH/UA 95263; Formación Maevarano, Majunga, Madagascar (Rauhut, 2003).
- *Microraptor zhaoianus*: holotipo IVPP V 12325; Formación Jiufotang, Liaoning, China (Xu, *et al.* 2000).

- *Neuquenraptor argentinus*: holotipo MCF PVPH 77; Formación Portezuelo, Provincia Neuquén, Argentina (Novas y Pol, 2005).
- *Sinornithosaurus mileni*: holotipo IVPP V 12811; Formación Yixian, provincia Liaoning, China (Xu y Wang, 2000).
- Tyrannosauridae indet. (= *Aublysodon mirandus*): lectotipo TMP 66.31.93; Formación Judith River, Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canadá (Molnar y Carpenter, 1989).
- Tyrannosauridae indet.: PAS 1173 (diente); Formación Olmos, El Mezquite, Sabinas, Coahuila, México (Torres-Rodríguez, 2006).
- *Velocisaurus unicus*: holotipo MUCPv 41; Formación Río Colorado, Provincia Neuquén, Argentina (Bonaparte, 1991)

### **Titanosauriformes**

- *Brachiosaurus altithorax*: holotipo FMNH M23; Formación Morrison, Colorado y Utah (Upchurch, *et al.* 2004).
- *Saltasaurus loricatus*: PVL 4017-79; Formación Lecho, provincia Salta, Argentina (Upchurch, *et al.* 2004).

Como también en el estudio de los fósiles depositados en el Museo del Instituto de Geología de la UNAM (PASAC y Coah) y de la Colección Paleontológica de Coahuila del Museo del Desierto (CPC), cuyos números de catálogo e identidad taxonómica son:

- Corythosaurini indet: Coah 14-1/3; Formación Cerro del Pueblo, Presa San Antonio, Parras de la Fuente, Coahuila, México (Serrano-Brañas, 2006).
- *Gryposaurus* sp. (Isauria): Coah 14-1/1; Formación Cerro del Pueblo, Presa San Antonio, Parras de la Fuente, Coahuila, México (Serrano-Brañas, 2006).
- Hadrosauridae indet: Coah 14-1/2, Coah 14-3/2, Coah 14-3/3, Coah 14-3/4; Formación Cerro del Pueblo, Presa San Antonio, Parras de la Fuente, Coahuila, México (Serrano-Brañas, 2006).
- Hadrosauridae indet: Coah 1-1/1; Formación Cerro del Pueblo, Rincón Colorado, General Cepeda, Coahuila, México (Serrano-Brañas, 2006)
- *Kritosaurus* sp. (Sabinasaura): PASAC 1; Formación Olmos, El Mezquite, Sabinas, Coahuila, México (Kirkland, *et al.* 2006; Serrano-Brañas, 2006).
- *Velafrons coahuilensis*: holotipo CPC-59; Formación Cerro del Pueblo, Rincón Colorado, General Cepeda, Coahuila, México (Gates, *et al.* 2007).

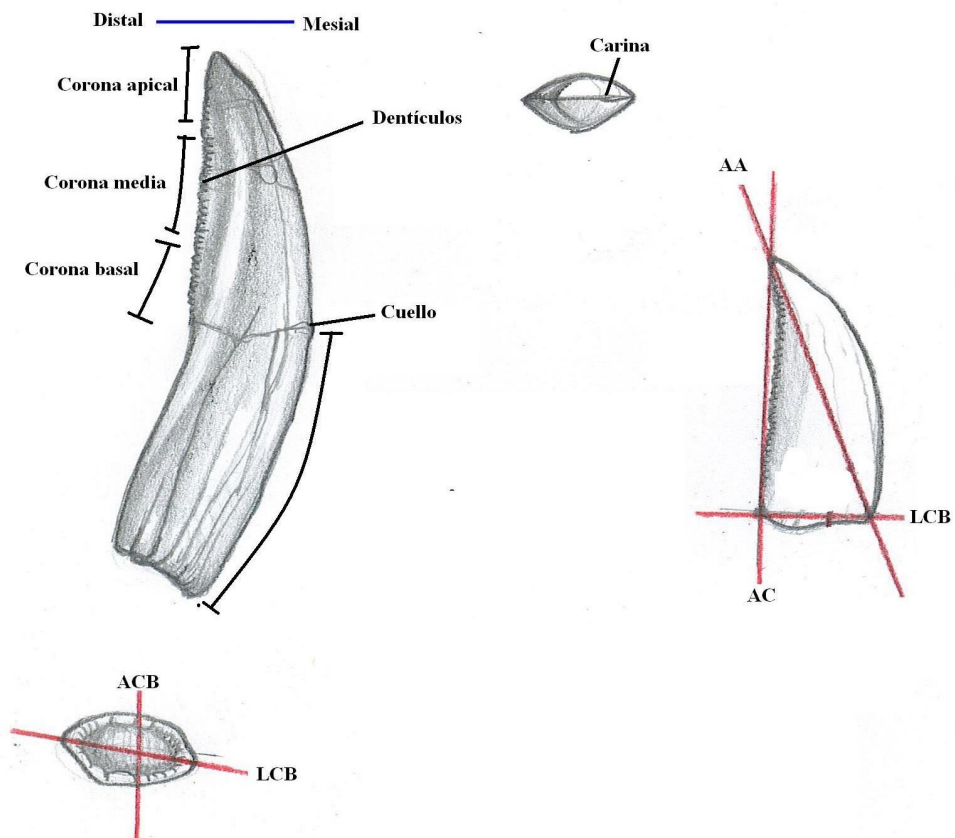
Los datos merísticos considerados en este trabajo se basan en los criterios de Smith (2002) para dientes de terópodos (Figura 10) y adoptadas para dientes de hadrosaurios (Figura 11) y Davis, 1983 (en Lucas, *et al.* 2006) para los elementos postcraneales (Figura 12). Todas las medidas están dadas en milímetros.

Únicamente para la neoplasia descrita en el presente trabajo (ver apartado de paleopatologías) se llevó a cabo una tomografía computarizada en la Unidad PET/CT CICLOTRON de la Facultad de Medicina, UNAM.

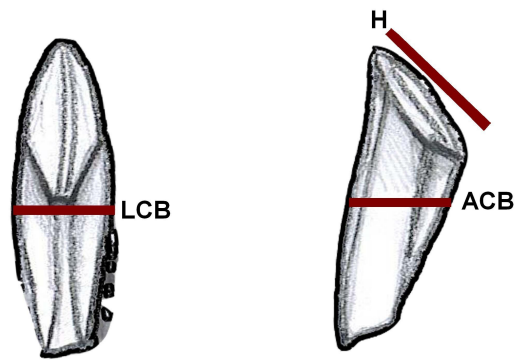
El material descrito en el presente trabajo será depositado en la Colección Nacional de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM.

De forma preliminar se puso un número a cada elemento, siendo la primera parte una letra y un número las cuales marcan el nivel fosilífero. En algunos se agrega una letra (A o B) ya que provienen del mismo nivel pero de distinto sitio de colecta. El último número representa el número de ejemplar.

Algunos elementos al salir de un mismo bloque de roca se les agregaron un número antes del de ejemplar, indicando que probablemente pertenezcan a un mismo ejemplar, pero no se tiene la suficiente información para confirmarlo. De los elementos que pertenecen con seguridad a un mismo ejemplar se les agregó una diagonal, una a tres letras que indican que elemento es y un número que representa el número de elemento.

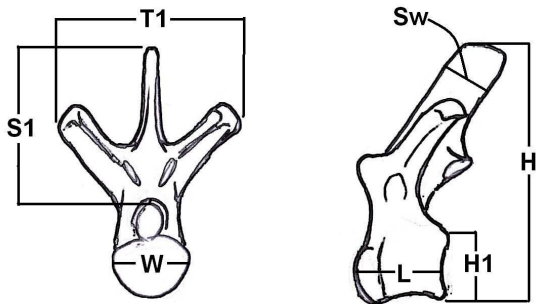


**Figura 10.** Medidas para dientes de terópodos propuesta por Smith (2002).

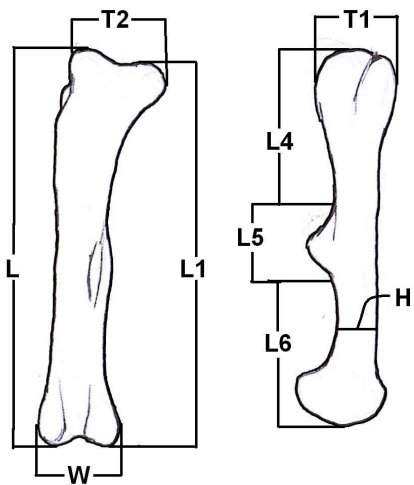


**Figura 11.** Medidas adoptadas para hadrosaurios a partir del trabajo de Smith (2002).

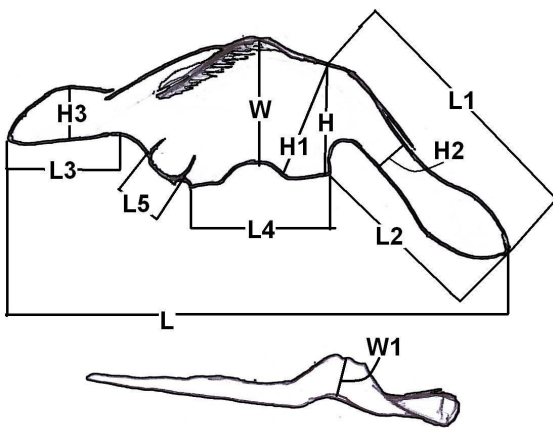




**Vértebras**

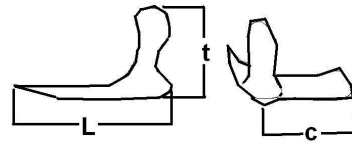
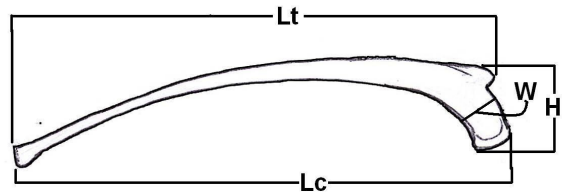


**Fémur**

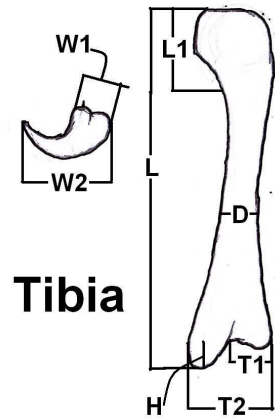


**Ilión**

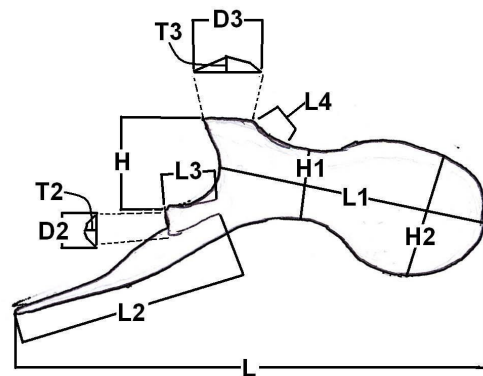
**Costilla torácica**



**Costilla cervical**



**Tibia**



**Pubis**

**Figura 12.** Medidas para varios elementos postcraneales de hadrosaurios. Basado en Davis, 1983 (en Lucas, *et al.* 2006, fig. 7).

## RESULTADOS

### MATERIAL COLECTADO

En la Tabla 1 se muestra el material colectado en las temporadas de campo comprendidas entre el 2003-2008 descrito en el presente trabajo ubicando el nivel donde fue recolectado. Se incluye la interpretación previa que tenían algunos de ellos, la nueva asignación taxonómica y algunos comentarios de su paleobiología que se discuten en el presente trabajo.

<b>Nivel</b>	<b>Elementos y material de colecta</b>	<b>Interpretación taxonómica previa (Mariscal-Ramos, 2006)</b>	<b>Interpretación taxonómica en este trabajo</b>	<b>Comentarios paleobiológicos</b>
<b>1</b>	<b>Tibia, IGM 8824</b>	Hadrosauridae indet.	Iguanodontoidea indet.	

<b>2</b>	<b>Proceso transverso, N2-5</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Costilla torácica, N2-6</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Huesos largos no identificados, N2-1, N2-2 y N2-3</b>	Dinosauria indet.	Dinosauria indet.	
	<b>Epífisis de hueso largo, N2-4</b>	---	Theropoda indet.	
	<b>Vértebra, N2-9.3</b>	---	Theropoda indet.	Ejemplar neonato o adulto pequeño
	<b>Huesos largos no identificados, N2-7 y N2-8</b>	---	Theropoda indet.	
	<b>Huesos largos no identificados, N2-9.1 y N2-9.2</b>	---	Theropoda indet.	Ejemplar neonato o adulto pequeño
	<b>Diente, N2-10</b>	Theropoda indet.	Tyrannosauridae indet.	
	<b>Tendones osificados, N2-12 y N2-13</b>	Hadrosauridae indet.	Ornithopoda indet.	
	<b>Fémur, N2-11</b>	---	Ornithopoda indet.	Ejemplar neonato o adulto pequeño de 90 cm de longitud aproximadamente.
	<b>Vértebra torácica, N2-14</b>	Hadrosauridae indet.	Iguanodontoidea indet.	
	<b>Vértebra torácica, N2-15</b>	---	Iguanodontoidea indet.	
	<b>Vértebras caudales, N2-16</b>	Hadrosauridae indet.	Iguanodontoidea indet.	
	<b>Fémur, N2-18</b>	---	Iguanodontoidea indet.	Probable ejemplar adulto de 5 m de longitud aproximadamente.
	<b>Fíbula, N2-17</b>	Hadrosauridae indet.	Iguanodontoidea indet.	

<b>3</b>	<b>Matríz rocosa con probables dientes, N3-2</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Procesos transversos, N3-4, N3-5, N3-6 y N3-7</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Espina neural, N3-8</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Costilla, N3-3</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Hueso plano no identificado, N3-1</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Fémur, N3-1</b>	Dinosauria indet.	cf. Titanosauriforme indet.	
	<b>Dentario, N3-10</b>	---	Hadrosauria <i>gen. y sp. nov.</i>	Ejemplar juvenil
	<b>Dientes, N3-11 y N3-12</b>	---	Hadrosauria <i>gen. y sp. nov.</i>	
<b>5</b>	<b>Centros vertebrales torácicos, N5-1</b>	---	Iguanodontoidea indet.	Ejemplar juvenil
	<b>Vértebra caudal N5-2</b>	---	Iguanodontoidea indet.	Ejemplar adulto

<b>6</b>	<b>Espinas neurales, N6-B-5 y N6-B-6</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Hueso largo, N6-B-7</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Huesos no identificados, N6-B-8, N6-B-9 y N6-B-10</b>	---	Dinosauria indet.	
	<b>Dientes, N6-B-2 y N6-B-3</b>	---	Theropoda indet.	El diente N6-A-3 fue regurgitado
	<b>Proceso transverso, N6-A-4</b>	---	Theropoda indet.	
	<b>Huesos largos, N6-A-1, N6-A-3, N6-A-5 y N6-A-6</b>	---	Theropoda indet.	
	<b>Falange, N6-A-2</b>	---	Theropoda indet.	
	<b>Probable tibia, N6-A-7</b>	---	Ceratosauria indet.	
	<b>Tibia, fibula y metatarso, IV N6-A-8</b>	---	Ceratosauria indet.	Ejemplar adulto de 2 m de longitud aproximadamente.
	<b>Chevrón, N6-B-4</b>	---	Tetanurae indet.	
	<b>Maxilar, vértebras cervicales, vértebras torácicas, véretebras caudales, costillas, espinas neurales torácicas, espina neural caudal y espinas neurales del sacro, procesos trasnversos del sacro, ilión y pubis, N6-B-1</b>	---	Hadrosauria <i>gen. y sp. nov.</i>	Ejemplar adulto de 6 m de longitud aproximadamente con 6 patologías: Neoplasia benigna, neoformación de espina neural, neoformación en costilla neoformación de hueso sobre una precigoapófisis, formación de callo óseo en costilla y depresiones en espinas neurales sacras.

**Tabla 1.** Material descrito en el presente trabajo.

# PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

## **Dinosauria** OWEN, 1842

### DINOSAURIA INDET.

**Material referido:** N3-2, N2-5, N3-4, N3-5, N3-6, N3-7, N3-8, N6-B-5, N6-B-6, N2-6, N3-3, N2-1, N2-2, N2-3, N2-3, N3-1, N6-B-7, N6-B-8, N6-B-9, N6-B-10. Una matriz con probables dientes, cinco procesos transversos, tres fragmentos de espinas neurales, un extremo proximal de costilla torácica, un fragmento de costilla, un fragmento de fémur, tres fragmentos de huesos largos, una epífisis de un hueso largo, dos fragmentos de un hueso plano y tres huesos no identificados (Figuras 13-18).

**Ocurrencia:** los ejemplares referidos provienen de los niveles dos (N2), tres (N3) y seis, sitio B (N6-B) de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

#### **Dientes.**

##### **Probables dientes en matriz rocosa, N3-2.**

Se observa dentro de la matriz rocosa fragmentos que parecen dientes, pero no presentan ninguna estructura diagnóstica para ser determinada correctamente (Figura 13).

#### **Esqueleto axial.**

##### **Proceso transversal derecho de vértebra torácica, N2-5.**

Este proceso transversal torácico derecho (Figura 14 A-D) es robusto y corto. En el extremo proximal se observa una porción lateral de la vértebra a la cual estaba unida. Presenta una forma triangular transversalmente (Figura 14 D) en toda su longitud. Su extremo distal presenta una superficie redondeada. La superficie posterior es ligeramente cóncava (Figura 14 A) y las superficies anterior (Figura 14 C) y dorsal (Figura 14 B) son planas.

##### **Proceso transversal derecho de vértebra torácica, N3-4.**

Es un proceso transversal torácico derecho (Figura 14 E y F) muy robusto y corto. Presenta la forma triangular en toda su longitud de manera transversal. Una de las caras es cóncava (Figura 14 E) y las otras dos convexas (Figura 14 F). Presenta una superficie distal redondeada.

##### **Fragmento distal de un proceso transversal de vértebra torácica, N3-5.**

Este fragmento del proceso transversal torácico (no ilustrada) se encuentra muy mal preservado y desgastado. De esta pieza sólo se puede decir que presenta la forma triangular transversalmente típica de los procesos transversos.

##### **Fragmento de proceso transversal, N3-6.**

Este fragmento presenta un cuerpo cilíndrico (distinto a los procesos transversos descritos anteriormente) y una superficie distal redondeada (Figura 14 H).

**Fragmento proximal de un proceso transverso, N3-7.**

Este fragmento proximal de un proceso transverso (Figura 14 G) tiene una superficie dorsal convexa, y una superficie ventral cóncava. En uno de sus extremos presenta una forma elíptica transversalmente y el extremo opuesto se encuentra deprimido dorso-ventralmente.

**Fragmento de espina neural, N3-8.**

Este fragmento de espina neural (Figura 15 A y B) es largo y comprimido lateralmente. Presenta una superficie anterior y posterior quillada longitudinalmente.

**Fragmento de espina neural, N6-B-6.**

Este ejemplar probablemente corresponda a un fragmento de espina neural (Figura 15 C), ya que se encuentra comprimido lateralmente y presenta estrías verticales en su superficie lateral.

**Espina neural, N6-B-7.**

Este ejemplar probablemente pertenezca al extremo distal de una espina neural (Figura 15 D) muy desgastado y fracturado. Presenta una compresión lateral en su base y una superficie plana dorsal en la parte distal.

**Extremo proximal de costilla torácica posterior derecha, N2-6.**

Esta costilla proximal torácica (Figura 16 A y B) presenta un tubérculo corto y un capítulo largo y cilíndrico. Su extremo distal se encuentra deformado y desgastado.

**Fragmento de costilla, N3-3.**

Fragmento del cuerpo de una costilla (Figura 16 C) comprimido lateralmente.

### **Esqueleto apendicular**

**Extremo proximal de un fémur, N2-1.**

Es un fragmento del extremo proximal de un fémur (Figura 17 A y B). Presenta una expansión lateral en su extremo proximal. El cuerpo, de manera longitudinal es recto.

**Fragmento de hueso largo, N2-3.**

Es un fragmento de hueso largo incompleto (Figura 17 C y D), con forma sigmoidea en corte transversal. Tiene poco endósteo.

**Fragmento de hueso largo, N2-2.**

Es un fragmento sin terminaciones (Figura 17 E y F) de forma ovalada transversalmente. Presenta un endósteo ligeramente grueso.

**Huesos planos provenientes de una cintura pélvica, N3-1.**

Son dos fragmentos de cintura pélvica (Figura 17 G y H) que se encuentran comprimidos lateralmente. Presentan superficies planas en ambas caras. Sólo el fragmento h-2 (Figura 17 H), presenta bordes externos redondeados.

**Epífisis de un hueso largo, N2-4.**

El fragmento N2-4 correspondiente a un extremo distal. La superficie proximal es redondeada (Figura 17 I).

**Probable hueso largo, N6-B-8.**

Es un hueso largo muy desgastado y fracturado (Figura 17 J). Presenta una superficie plana en su parte dorsal y ventralmente se encuentra incompleta.

**Huesos no identificados**

**Hueso, N6-B-10.**

Este fragmento alargado (Figura 18 A), presenta una forma cilíndrica transversalmente y en su parte dorsal sufre una compresión lateral longitudinalmente.

**Hueso, N6-B-8.**

Este fragmento (Figura 18 B) es masivo y plano lateralmente. Se encuentra muy fracturado e incompleto.

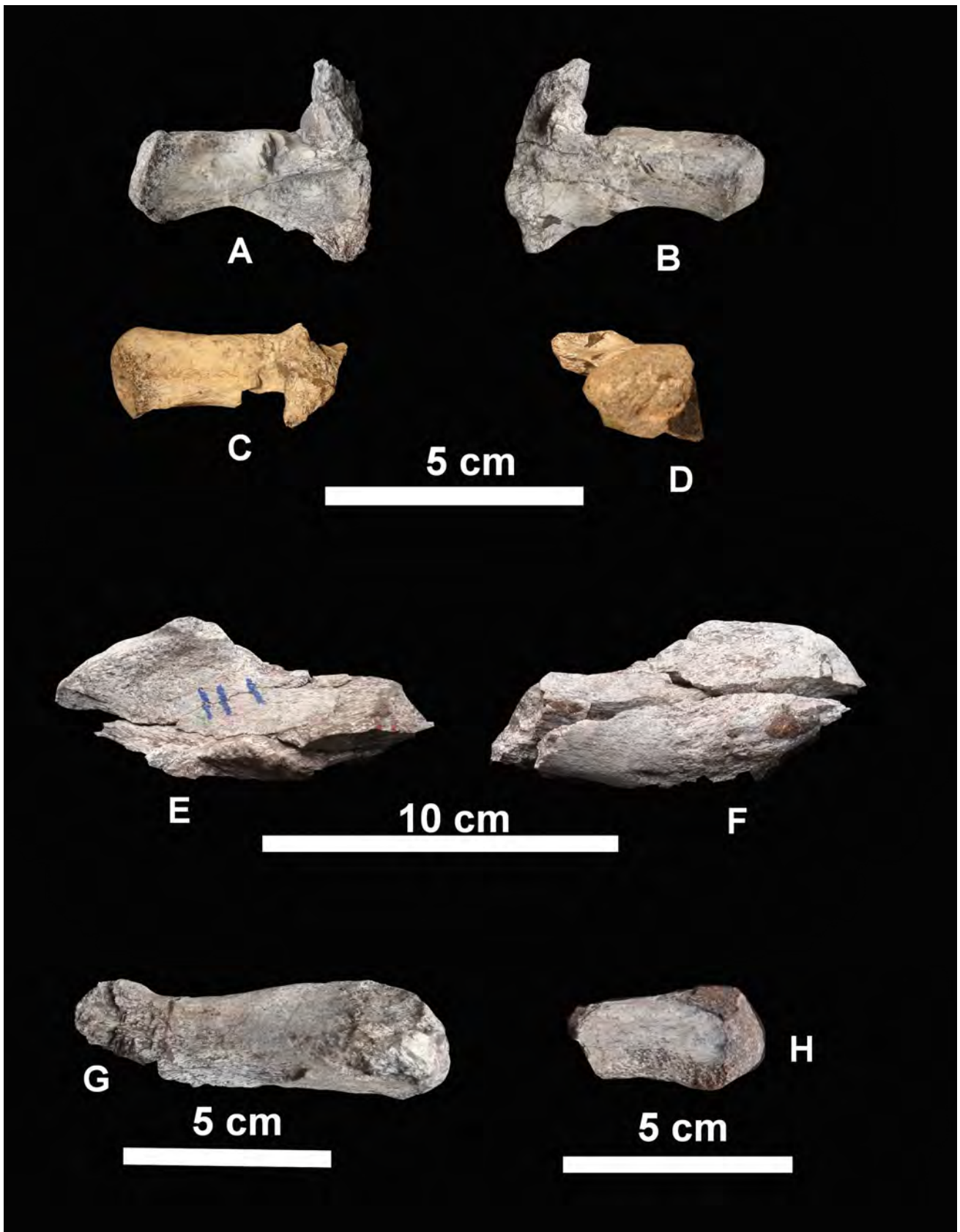
**Hueso, N6-B-9.**

Este fragmento de hueso (Figura 18 C) esta desgastado en su borde ventral. Presenta un proceso anterior en su extremo dorsal.

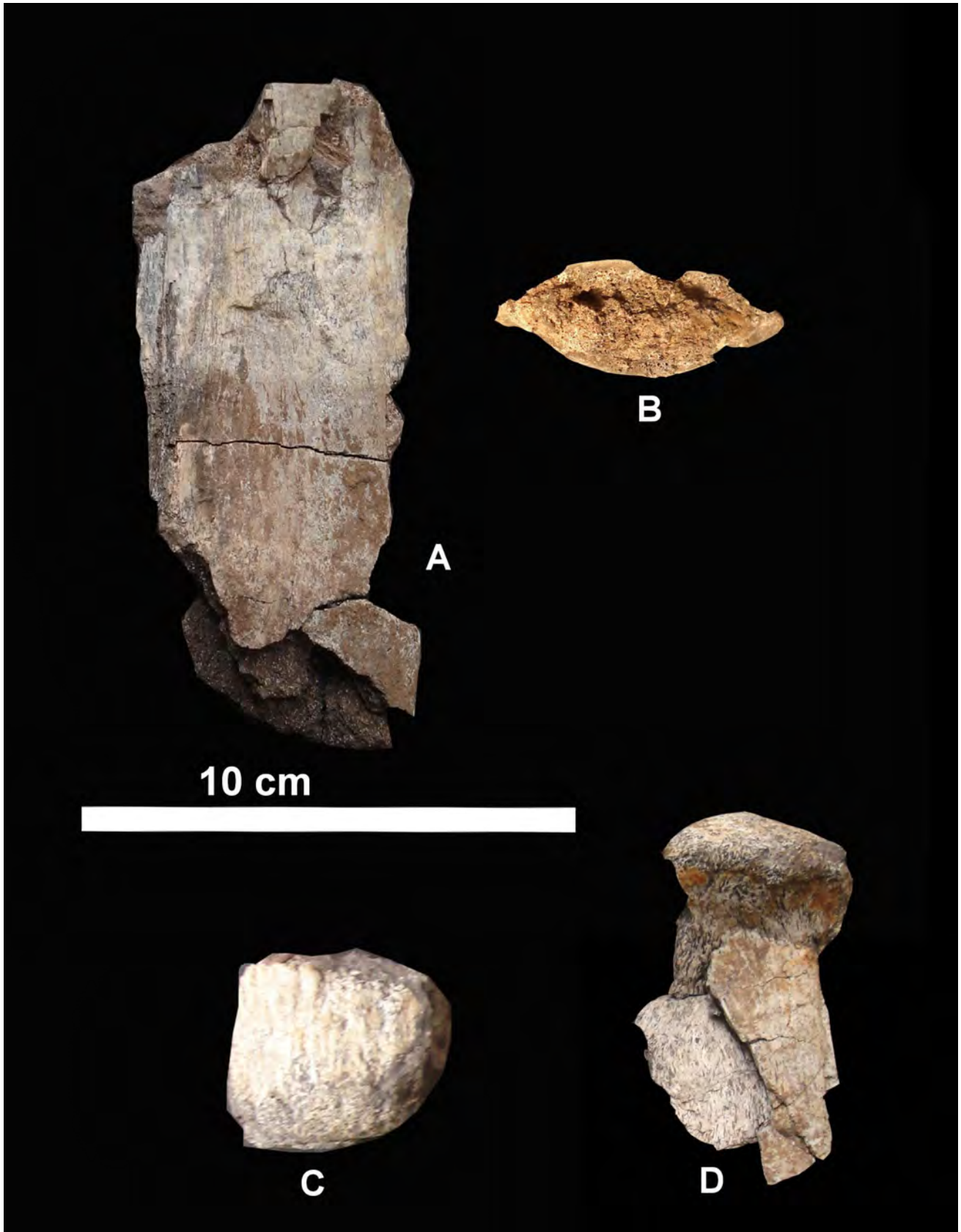


**Figura 13.** Ejemplar de Dinosauria indet: Probables dientes en matriz rocosa, N3-2.





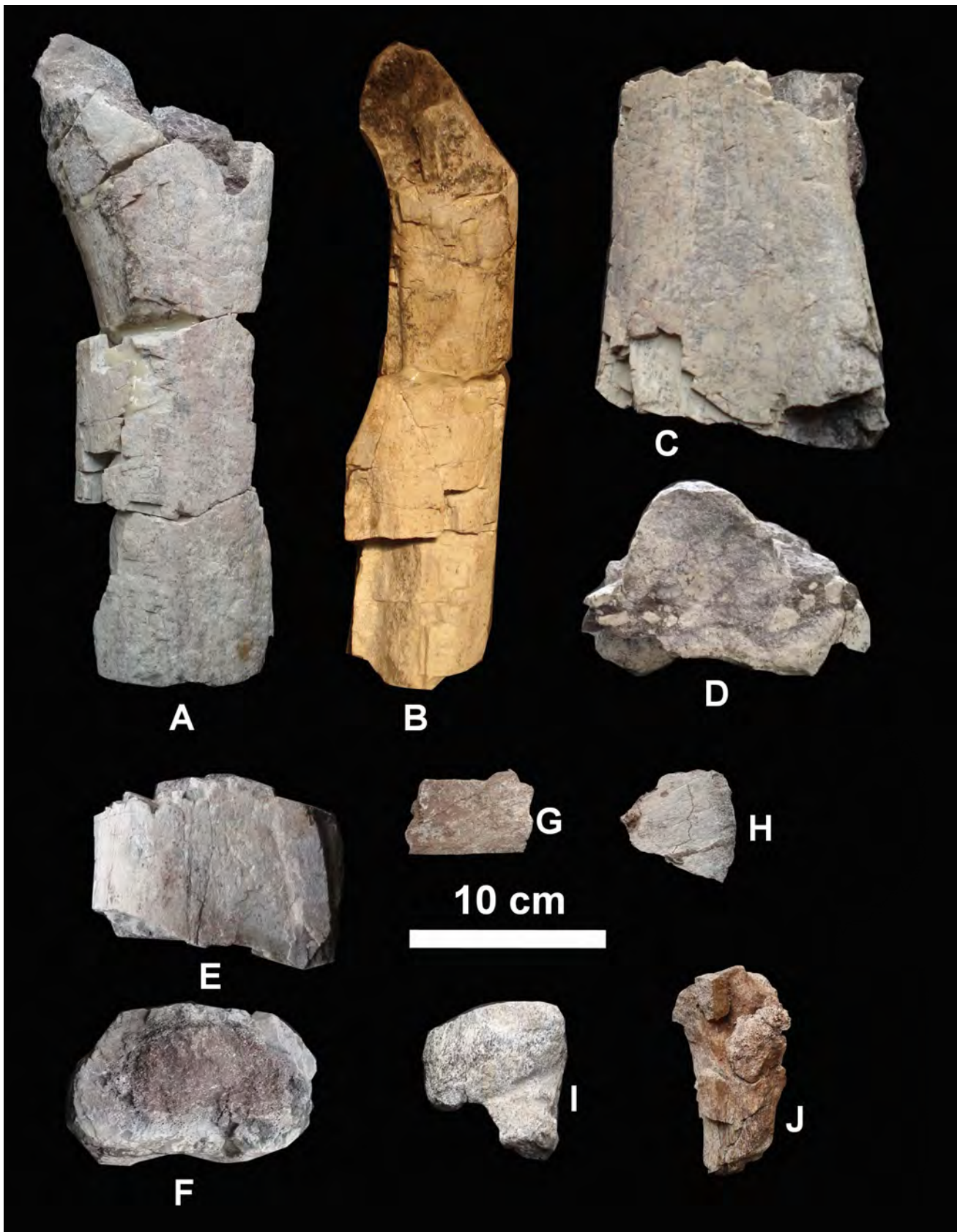
**Figura 14.** Procesos transversos de Dinosauria indet: A, vista posterior, B, vista dorsal, C, vista anterior y D, vista lateral, N2-5; E, vista ventral y F, vista dorsal, N3-4; G, vista posterior, N3-7; H, vista anterior, N3-6.



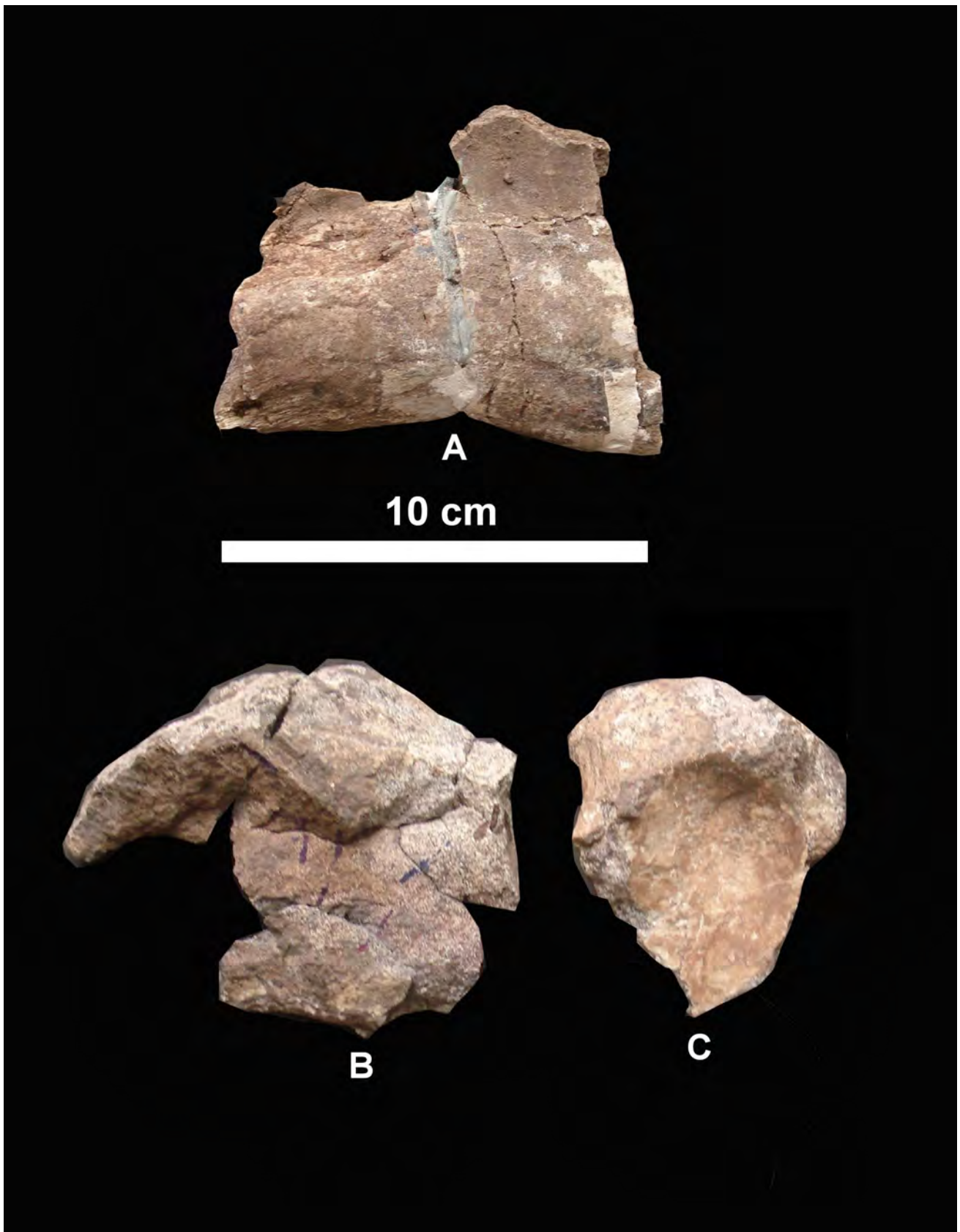
**Figura 15.** Espinas neurales de Dinosauria indet: A, vista lateral y B, vista dorsal, N3-8; C, vista lateral, N6-B-5; D, vista lateral, N6-B-6.



**Figura 16.** Costillas de Dinosauria indet: A, vista anterior y B, vista posterior, N2-6; C, vista lateral, N3-3.



**Figura 17.** Elementos apendiculares de Dinosauria indet: A, vista anterior y B, vista lateral, N2-1; C, vista anterior y D, vista transversal, N2-3; E, vista anterior y F, vista transversal, N2-2; G, vista lateral, N3-1/h-1; H, vista lateral, N3-1/h-2; I, vista anterior, N2-4; J, vista posterior, N6-B-7.



**Figura 18.** Huesos no indentificados de Dinosauria indet: A, vista lateral, N6-B-10; B, vista lateral, N6-B-8; C, vista lateral, N6-B-9.

**Medidas de los elementos identificados como Dinosauria indet.**

<b>Procesos transversos</b>	
<b>Ejemplar</b>	<b>l</b>
N2-5	83
N3-4	90
N3-5	47
N3-6	37
N3-7	90

<b>Costillas</b>				
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>Lc</b>	<b>Lt</b>	<b>W</b>
N2-6	72	100	70	16
N3-3	---	---	107	---

<b>Espinas neurales</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>S1</b>	<b>Sw</b>
N3-8	128	50
N6-B-5	36	45
N6-B-6	65	50

<b>Fémur</b>											
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>L5</b>	<b>L6</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>W</b>
N2-1	60	277	335	---	---	---	---	340	---	---	130

<b>Huesos largos</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>L</b>	<b>w</b>
N2-2	70	110
N2-3	161	117
N2-4	63	70
N6-B-7	75	40

<b>Fragmentos de huesos</b>	
<b>Ejemplar</b>	<b>l</b>
N3-1/h-1	62
N3-1/h-2	56
N3-2	50

<b>Huesos no identificados</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>h</b>	<b>l</b>
N6-B-8	---	95
N6-B-9	93	---
N6-B-10	83	---

**Dinosauria** OWEN, 1842  
**Saurischia** SEELEY, 1887  
**Theropoda** MARSH, 1881  
THEROPODA INDET.

**Material referido:** N6-B-2, N6-B-3, N2-8.3, N6-A-4, N2-7.1, N2-7.2, N6-A-1, N2-8.1, N2-8.2, N6-A-3, N6-A-5, N6-A-6, N6-A-7, N6-A-2. Dos dientes, una vértebra, un proceso transverso, ocho fragmentos de huesos largos, un probable fragmento de tibia y una falange (Figuras 19-23).

**Ocurrencia:** los ejemplares referidos provienen de los niveles dos (N2) y seis, sitio A (N6-A) y sitio B (N6-B) de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

### Dientes

**Diente, N6-B-3.**

Este ejemplar fue descubierto cerca del pubis izquierdo (Figura 9), el cual al ser liberado se fracturó (Figura 19 A y B). Presenta una coloración grisácea debido a la carencia de esmalte. Es una corona muy pequeña, de forma triangular. Comprimido lateralmente con una ligera curvatura distal. En vista basal presenta una forma elíptica. No presenta serraciones en la carina distal y mesial.

**Diente, N6-B-2.**

Este diente fue descubierto cerca de la vértebra torácica con la neoplasia (Figura 9). La corona es de talla pequeña, elíptica en vista basal (Figura 19 D), comprimida lateralmente (Figura 19 C y E), con una ligera curvatura apical y carece de la carina distal. Presenta únicamente serraciones en la carina apical mesial (Figura 19 F y G), con dentículos bajos y redondeados en la punta dando lugar a un forma de almohadilla y además se encuentran muy espaciados entre ellos (Figura 19 F y G).

### Esqueleto axial

**Probable proceso transverso, N6-A-4.**

El proceso transverso (Figura 20 A y B) presenta una forma triangular en vista transversal. Una de las superficies es cóncava y las otras dos convexas. Sus extremos se encuentran incompletos.

**Vértebra en matriz rocosa, N2-9.3.**

La vértebra (Figura 22 A y B) presenta un centro vertebral amplio con una quilla en la parte ventral. El arco neural es amplio, con forma triangular y su espina neural es corta, presentando una zona gruesa en la parte proximal, y angosta en su parte distal. No hay evidencia de algún proceso transverso.

### Esqueleto apendicular

**Fragmentos de huesos largos N2-7 y N2-8.**

Estos fragmentos pertenecen a la diáfisis de algún hueso largo (Figura 21 A y B). En vista transversal son circulares y muy huecos, presentando poco endósteo.

**Huesos largos en matriz rocosa, N2-9.1 y N2-9.2.**

Los huesos largos (Figura 22 C y D) incompletos en sus extremos. Son huecos en su parte interna y presentan un endostio angosto lateralmente.

**Hueso largo en matriz rocosa, N6-A-3.**

Este un hueso muy largo (Figura 23 A), es estrecho y sólido en su parte interna. En toda su extensión presenta una forma cilíndrica.

**Fragmento de hueso largo, N6-A-5.**

El fragmento de hueso largo (Figura 23 B) es hueco y con angosto endósteo. Carece de ambos extremos.

**Falange, N6-A-2.**

Esta falange incompleta (Figura 23 C) es corta y ancha en sus extremos. En vista dorsal presenta una compresión lateral en la zona media, dejando una expansión lateral en sus extremos.

**Fragmento de hueso largo, N6-A-1.**

Este fragmento de hueso largo (Figura 23 D y E) se encuentra flexionado lateralmente, desgastado en su parte ventral donde se puede ver la parte interna del hueso. En su parte dorsal presenta una superficie redondeada.

**Hueso no identificado****Fragmento de hueso neumatizado, N6-A-6.**

El fragmento (Figura 24 A y B) presenta varios huecos con forma circular de manera transversal, dispuestos en forma triangular, pero sin presentar algo diagnóstico. En vista dorsal y ventral presenta una superficie plana.

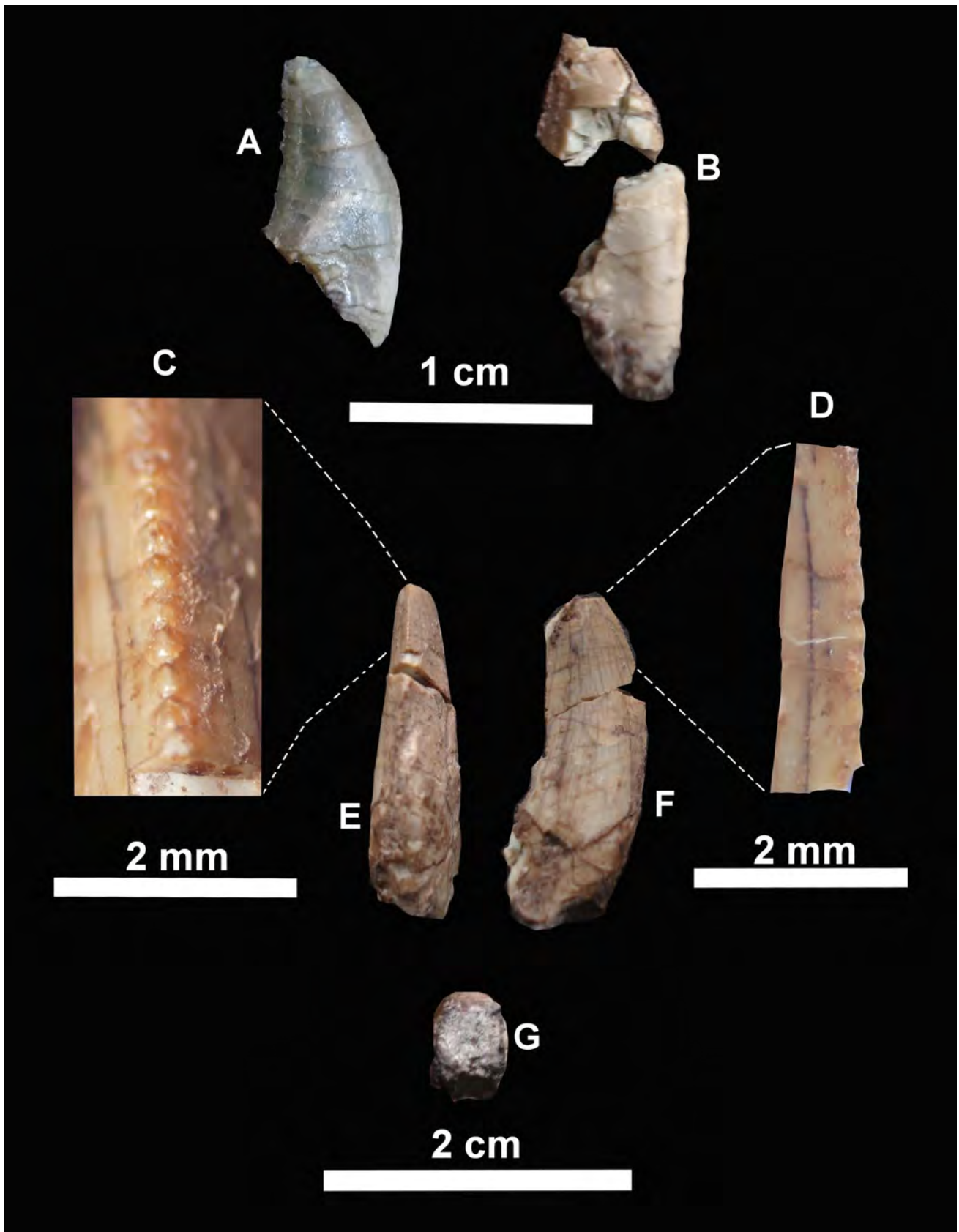


**Medidas de los elementos identificados como Theropoda indet.**

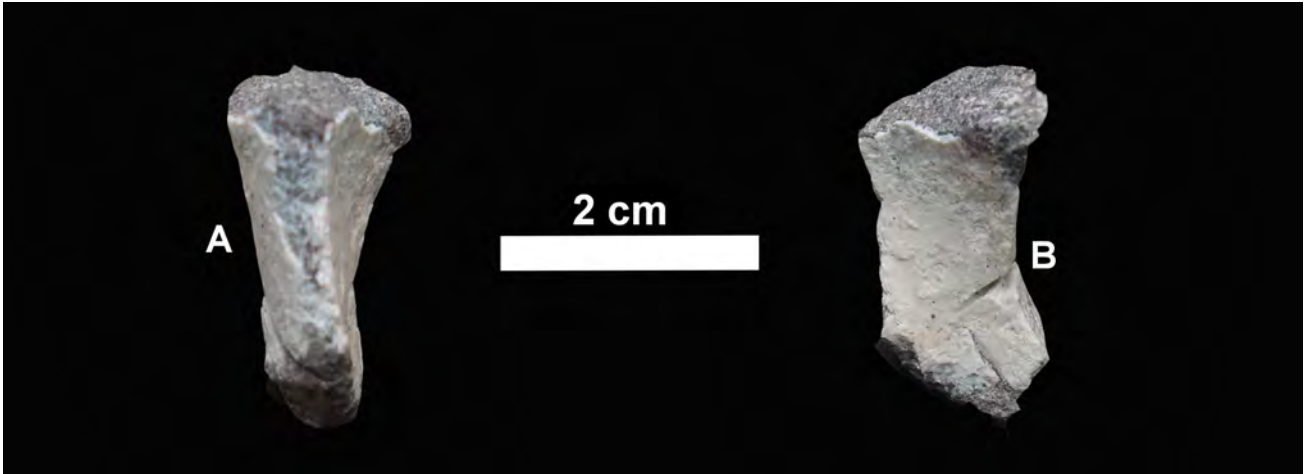
<b>Dientes</b>						
<b>Ejemplar</b>	<b>AA</b>	<b>AC</b>	<b>ACB</b>	<b>LCB</b>	<b>Dd</b>	<b>Dm</b>
N6-B-2	20	20	4	4	---	3
N6-B-3	20	10	3	10	---	---

<b>Vértebra</b>							
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>H1</b>	<b>L</b>	<b>S1</b>	<b>Sw</b>	<b>T1</b>	<b>W</b>
N2-9.3	11	3	---	5	---	---	3

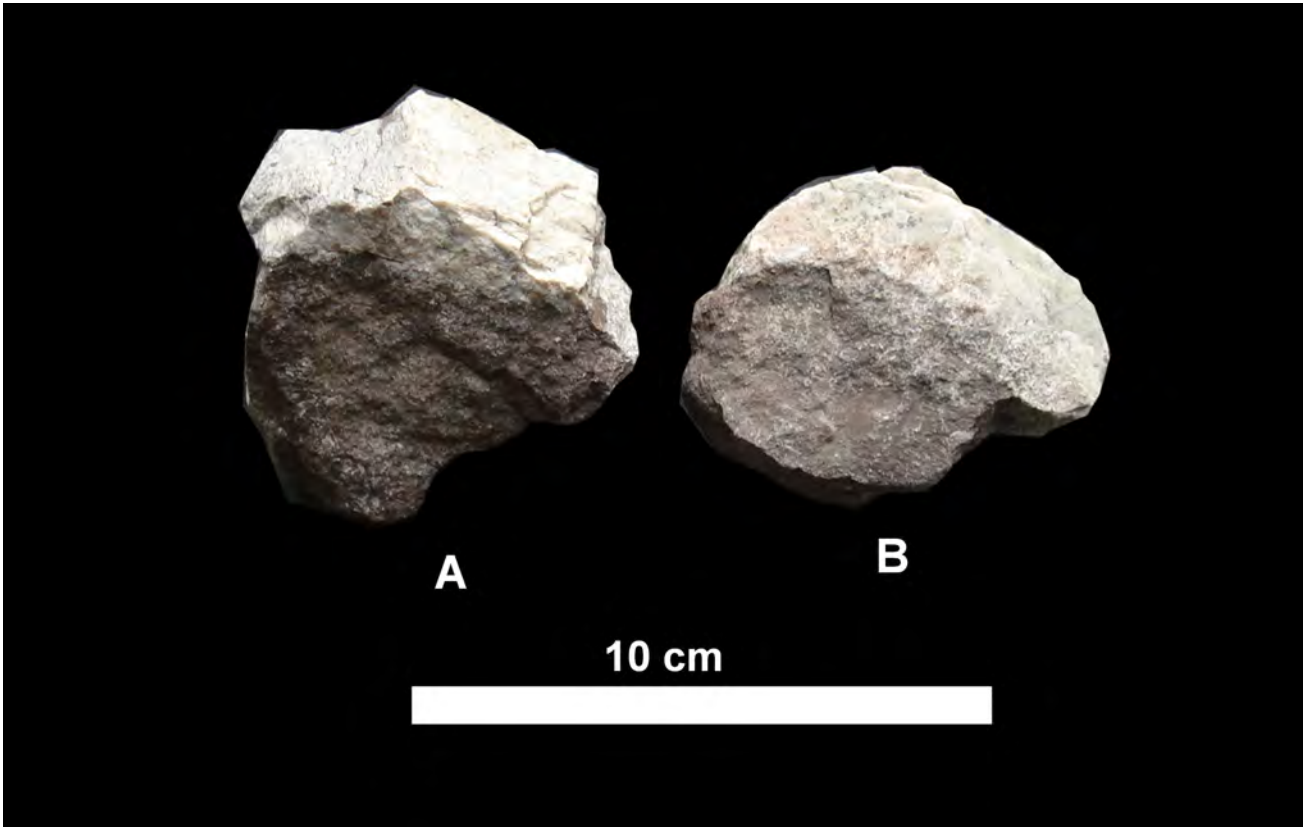
<b>Huesos largos y misceláneos</b>	
<b>Ejemplar</b>	<b>l</b>
N2-7	50
N2-8	50
N2-9.1	24
N2-9.2	24
N6-A-1	120
N6-A-2	34
N6-A-3	52
N6-A-4	25
N6-A-5	26
N6-A-6	27



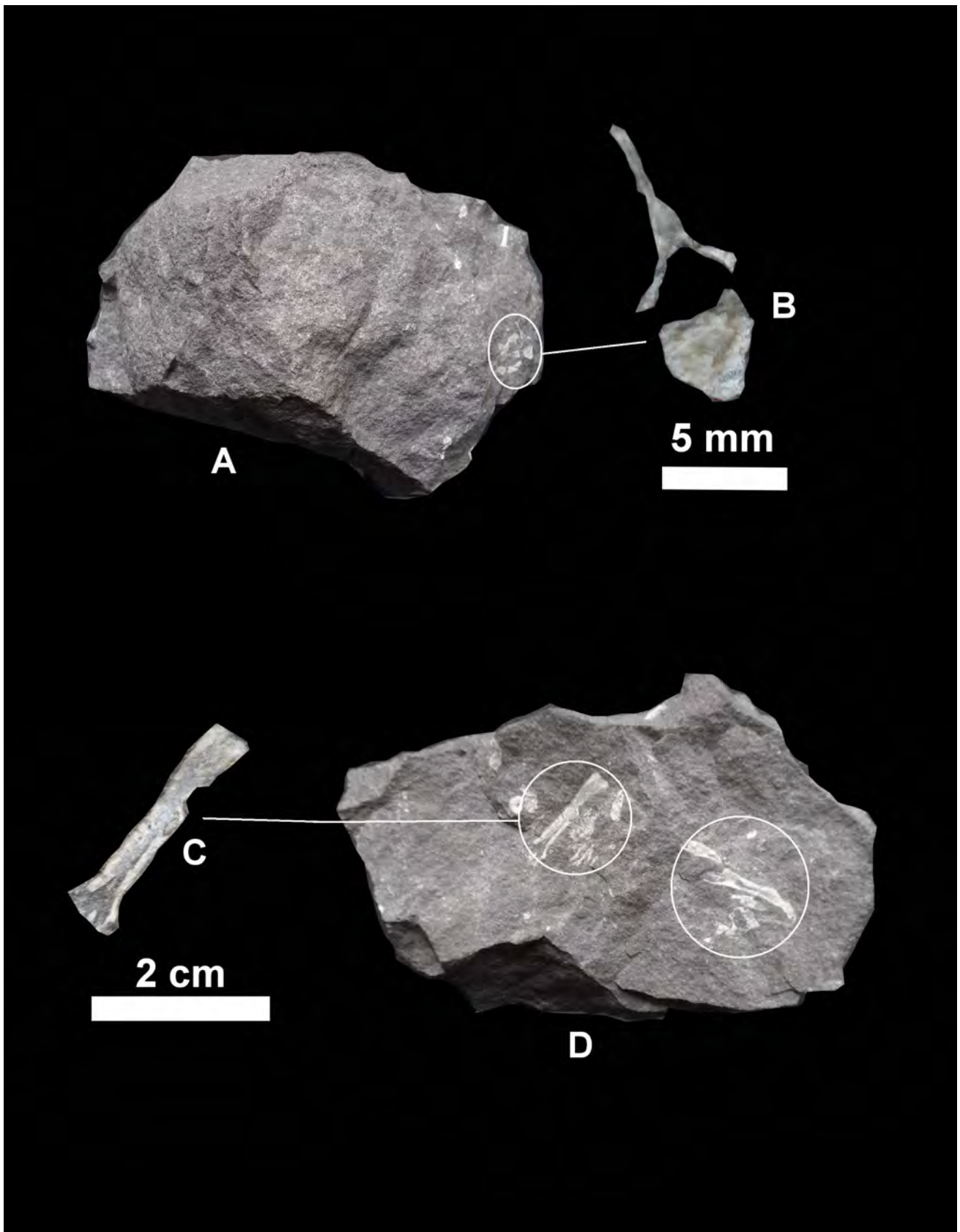
**Figura 19.** Dientes de Theropoda indet: A, diente en matriz rocosa y B, el mismo diente después de ser liberado, N6-B-3; C, vista mesial y D, vista lingual de los dentículos de la corona apical, N6-B-3; E, vista mesial, F, vista lingual y G, vista basal de la corona, N6-B-2.



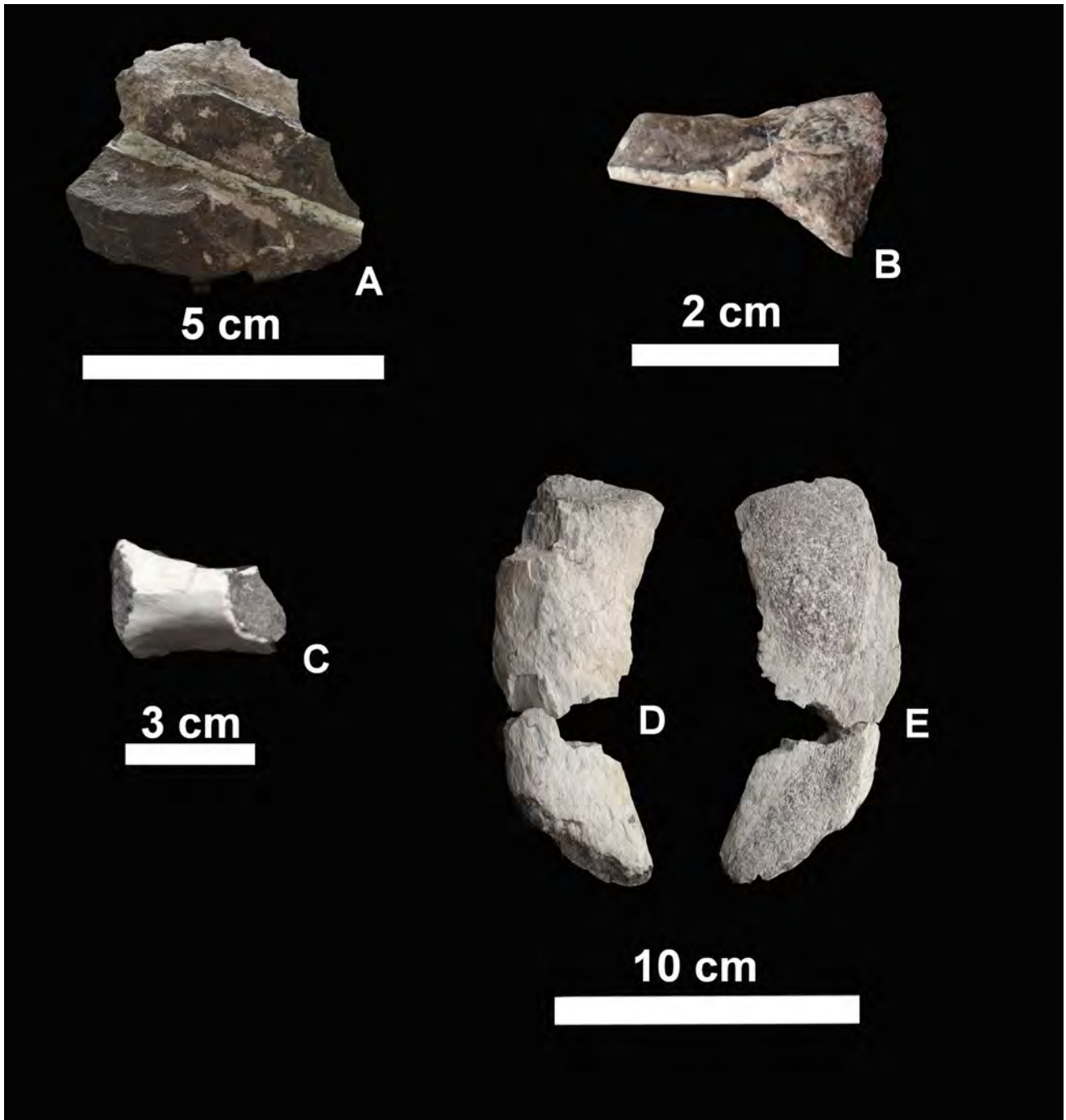
**Figura 20.** Proceso transverso de Theropoda indet: A, antero-posterior y B, vista posterior, N6-A-4.



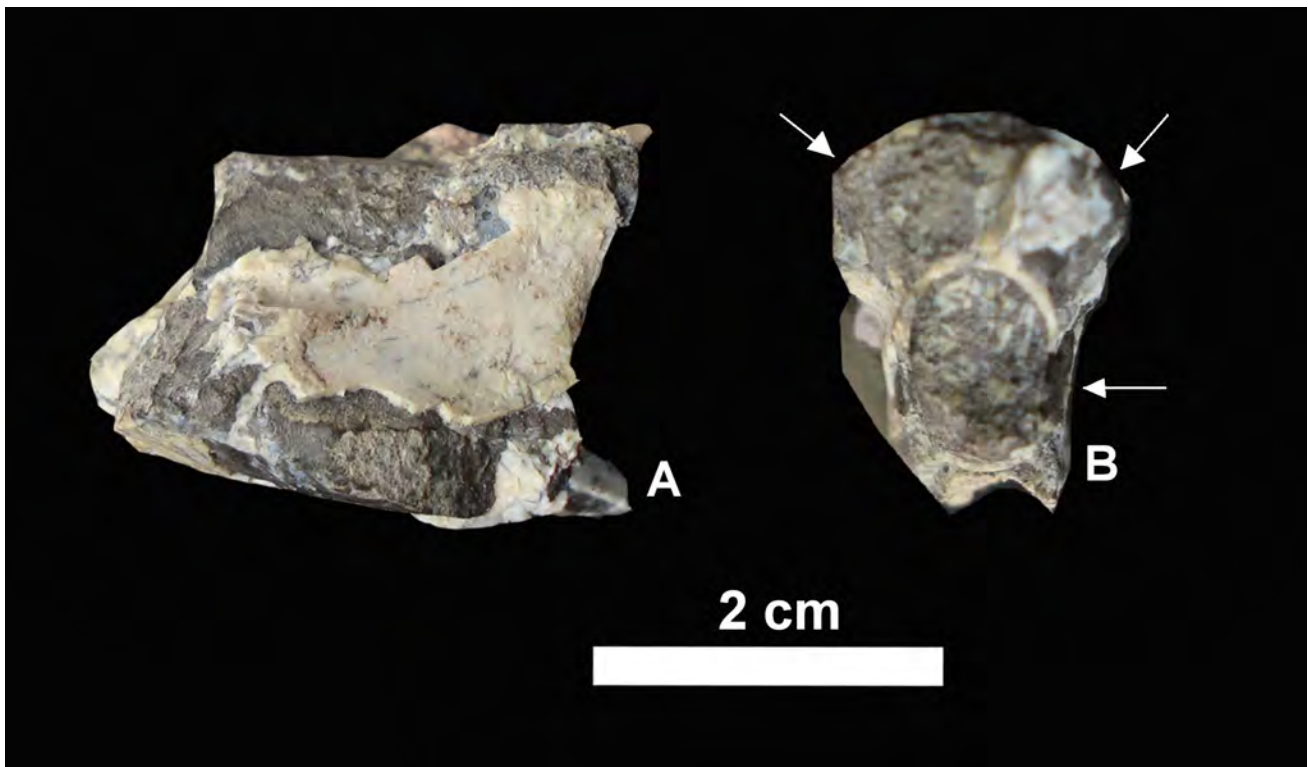
**Figura 21.** Fragmentos de huesos largos de Theropoda indet: A, vista transversal, N2-7; B, vista transversal, N2-8.



**Figura 22.** Matriz rocosa, N2-9 con huesos diversos de Theropoda indet: A, vista superior mostrando la ubicación de la vértebra, N2-9.3; B, acercamiento de la vértebra, N2-9.3; C, acercamiento del hueso largo, N2-9.1; D, vista inferior mostrando la ubicación de los huesos largos, N2-9.1 y N2-9.2.



**Figura 23.** Elementos apendiculares de Theropoda indet: A, hueso en matriz rocosa, N6-A-2; B, epífisis de hueso largo, N6-A-5; C, vista dorsal de fálage, N6-A-3; D, vista lateral y E, corte longitudinal de hueso largo, N6-A-1.



**Figura 24.** Hueso no identificado de Theropoda indet: A, vista dorsal y B, vista transversal, N6-A-6. Las flechas marcan la ubicación de los tres huecos.

### Designación taxonómica

El grupo de los terópodos se caracteriza principalmente por presentar dientes serrados. Estas serraciones son muy importantes, ya que sus características son diagnósticas a nivel de familia, género y especie (Currie, *et al.*, 1990; Smith, 2002; Torres-Rodríguez, 2006). En este trabajo se describe dos dientes como pertenecientes a terópodos.

El ejemplar, N6-B-3 (Figura 19 A-B) comparte características descritas por Currie y colaboradores (1990) como un diente digerido y regurgitado, los cuales se distinguen por la ausencia de dentículos y esmalte, como la coloración grisácea. Esto se debe a que el diente se atoró en la carne y al momento de ser digerido fue tratado por la acción de los ácidos digestivos antes de ser expulsado de la boca, eliminando el esmalte y los dentículos, alterando como consecuencia la coloración del mismo (Argast, *et al.* 1987).

El ejemplar, N6-B-2 (Figura 19 C-G) al carecer de los dentículos de la carina distal imposibilitó su asignación a algún grupo en particular, pero probablemente pertenecía a un terópodo de talla pequeña.

Las vértebras de terópodos con frecuencia presentan quillas en la parte ventral del centro vertebral (Holtz, Jr, *et al.* 2004), al igual que el ejemplar, N2-9.3 (Figura 17 D), además los huesos largos huecos y con poco endóstio son característicos de todos los terópodos (Holtz, Jr, *et al.* 2004), característica presente en los ejemplares, N6-A-4 (Figura 20), N2-7 (Figura 21 A), N2-8 (Figura 21 B), N2-9.1 y N2-9.2 (Figura 22 C-D), N6-A-5 (Figura 23 B), N6-A-3 (Figura 23 C), N6-A-1 (Figura 23 D y E).

Los terópodos de pequeño tamaño llegan a presentar huesos muy delgados (Holtz, jr, *et al.* 2004) como el presentado en el ejemplar N6-A-2 (Figura 23 A).

La presencia de huesos neumáticos se encuentra muy extendida dentro del grupo Theropoda, los cuales son comunes en vértebras cervicales, torácicas y algunas costillas (Currie, 1997). Es por ello que el ejemplar, N6-A-6 (Figura 24), al no presentar terminaciones fue imposible identificar el hueso.

La carencia de extremidades en todos los ejemplares imposibilitó su asignación a algún grupo de terópodo en particular.

**Dinosauria** Owen, 1842  
**Saurischia** Seeley, 1887  
**Theropoda** Marsh, 1881  
**Ceratosauria** Marsh, 1884  
Ceratosauria indet.

**Material referido:** N6-A-7 y N6-A-8; dos tibias, una fíbula y un metatarso IV (Figuras 25-31).

**Ocurrencia:** los ejemplares referidos provienen del nivel seis, sitio A (N6-A) de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

### **Esqueleto apendicular**

#### **Diáfisis de una tibia izquierda, N6-A-7.**

El fragmento de tibia (Figura 25) presenta una superficie medial desgastada. En su región distal es circular transversalmente y en la proximal triangular transversalmente. En vista postero-lateral en la zona media se encuentra el inicio de la cresta fibular, el cual continua hasta la parte proximal, formado un extremo anguloso.

#### **Extremo proximal de una tibia derecha, N6-A-8/ti.**

La tibia en su extremo proximal (Figura 26) presenta una cresta cnemial muy desarrollada dorso-ventralmente y de poca longitud antero-posterior. La cresta cnemial presenta un ángulo de 18° dorso-ventralmente formando un borde ligeramente quillado de manera anterior distal y de manera proximal presenta un borde anterior redondeado. En la parte dorsal anterior de la cresta cnemial presenta un ligero proceso dorsal en vista lateral. El cóndilo fibular se encuentra poco desarrollado. Su superficie lateral es profundamente cóncava y de manera medial convexa (Figura 26 A). En la parte lateral posterior distal nace la cresta fibular muy prominente y larga, creando una forma triangular del cuerpo fibular en vista distal (Figura 26 D). Se deduce que continuaba la cresta fibular cerca del borde proximal (en donde se observa una superficie desgastada) sin llegar a la superficie articular.

#### **Fíbula derecha, N6-A-8/fi.**

La fíbula (Figura 28 A-C) se descubrió encima del metatarso IV de manera paralela y horizontal dentro del bloque (Figura 6). Es un extremo proximal espatulado, comprimido lateralmente. Presenta un borde quillado longitudinalmente, en donde sufre una rotación en la parte media. En su extremo distal más angosto presenta una forma triangular transversalmente.

#### **Metatarso IV izquierdo, N6-A-8/mtIV.**

El ejemplar corresponde a un metatarso IV izquierdo (Figura 28 D-H), el cual es largo y recto con los extremos poco erosionados (Figura 28 G y H). Presenta un margen lateral posterior quillado en la parte media, levantado cerca del extremo distal (Figura 28 D y E); lateralmente presenta una superficie plana y en vista medial una superficie convexa (Figura 28 E); su extremo distal presenta una concavidad muy profunda en vista lateral y medial (Figura 28 D y E); su superficie distal es redondeada (Figura 29 H);



el extremo proximal sufre una compresión lateral, dando una forma espatulada, su borde presenta una superficie plana de forma elíptica vertical (Figura 28 G).

**Medidas de los elementos identificados como Ceratosauria indet.**

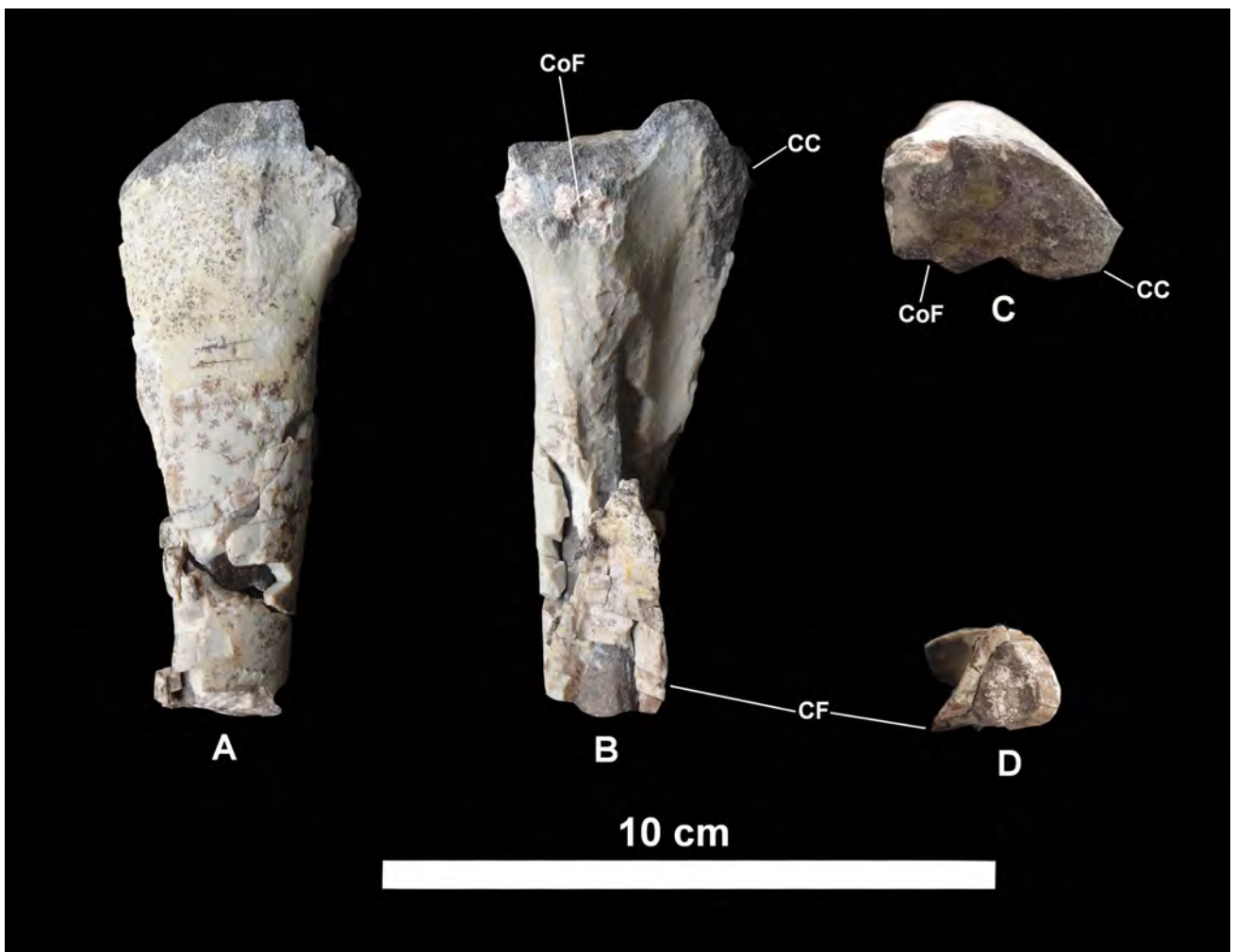
<b>Tibia</b>								
<b>Ejemplar</b>	<b>D</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	<b>L1</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>W1</b>	<b>W2</b>
N6-A-7	40	---	258	---	---	---	---	35
N6-A-8/ti	30	---	104	74	---	---	---	47

<b>Fíbula</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>L</b>	<b>w</b>
N6-A-8/fi	121	26

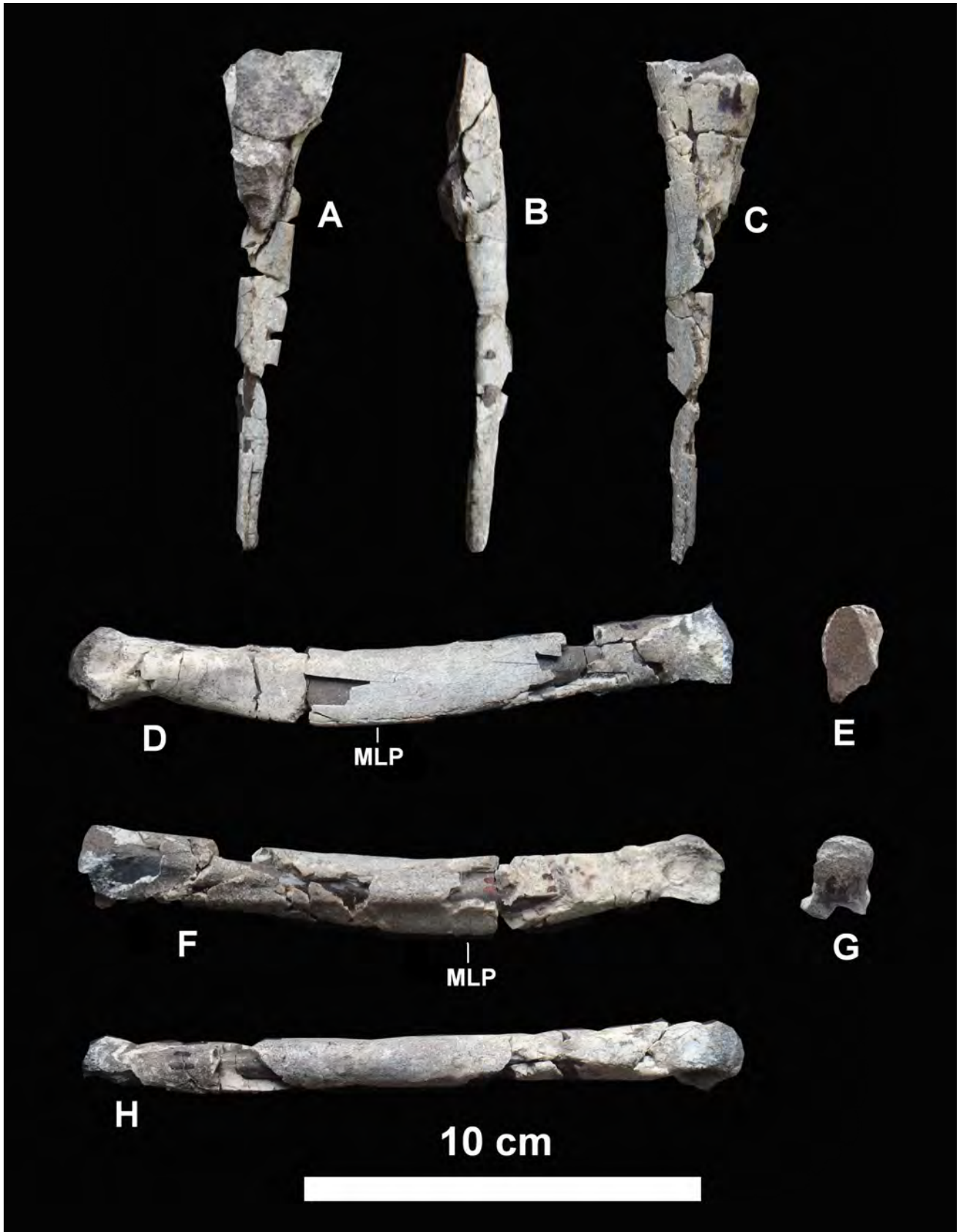
<b>Metatarso</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>l</b>
N6-A-8/mtIV	20	165



**Figura 25.** Diáfisis de una tibia de *Ceratosauria* indet: A, vista proximal y B, vista anterior.



**Figura 26.** Material del ejemplar N6-A-8 identificado como perteneciente a *Ceratosauria* indet: A, vista medial, B, vista lateral, C, vista proximal y D, vista distal de la tibia, N6-A-8/ti



**Figura 27.** Material del ejemplar N6-A-8 identificado como perteneciente a *Ceratosauria indet*: A, vista medial, B, vista posterior y C, vista lateral de la fibula, N6-A-8/fi; D, vista lateral, E, vista medial, F, vista anterior, G, vista proximal y H, vista distal del metatarso IV izquierdo, N6-A-8/mtIV.

## Designación taxonómica

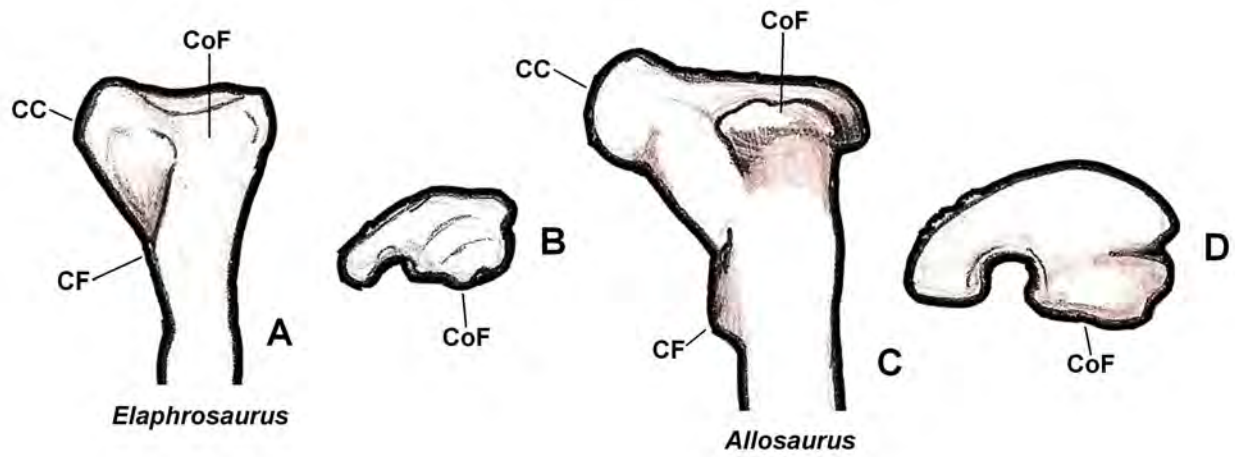
Los ejemplares anteriores fueron identificados como pertenecientes al grupo Ceratosauria por presentar una cresta fibular muy desarrollada en la tibia. La tibia, N6-A-7 por presentar un mayor tamaño en comparación con el ejemplar N6-A-8/ti, se consideró que podría pertenecer a un individuo adulto o algún otro ceratosaurio.

Además de la cresta fibular, la presencia de un cóndilo fibular poco desarrollado es característico de los Ceratosauria (Figura 28), ya que los tetanuros (los terópodos más derivados) presentan un cóndilo fibular muy desarrollado debido a constricciones en el borde anterior y posterior en vista dorsal. Estos caracteres son muy diagnósticos dentro del grupo de los terópodos como lo describe Rauhut (2003) en su revisión.

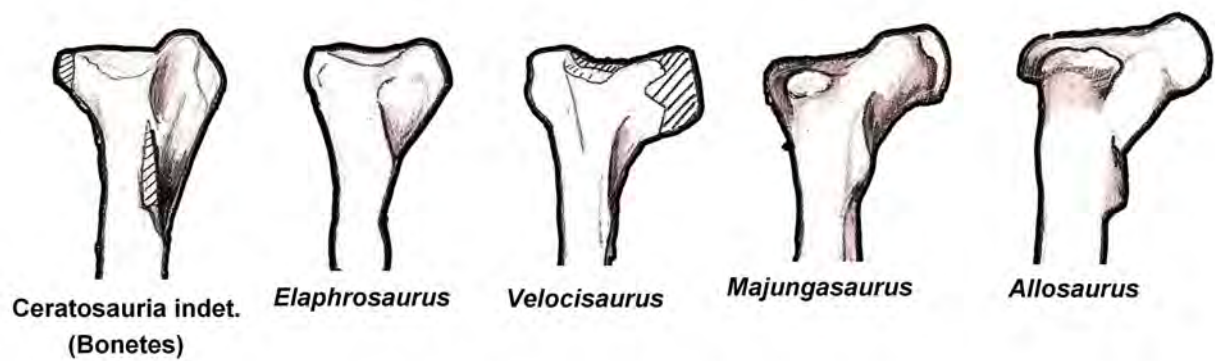
La tibia, N6-A-8/ti presenta una morfología muy similar al de los ceratosaurios basales como *Elaphrosaurus* (Figura 29) y difiere de los ceratosaurios más derivados por presentar una cresta cnemial muy desarrollada antero-dorsalmente.

La presencia del margen lateral posterior quillado (Figura 30) descrito en el metatarso IV del ejemplar N6-B-8/mtIV se encuentra presente en algunos terópodos muy derivados como *Elmisaurus*, *Coelurus*, *Sinornithoides*, *Microraptor zhaoianus*, *Sinornithosaurus* y *Neuquenraptor* (Novas y Pol, 2005). Sin embargo, este carácter se desconoce en otros terópodos debido a la falta de descripciones e ilustraciones detalladas del metatarso IV en la bibliografía correspondiente. Este carácter podría haberse desarrollado de manera convergente en algunos Ceratosaurios.

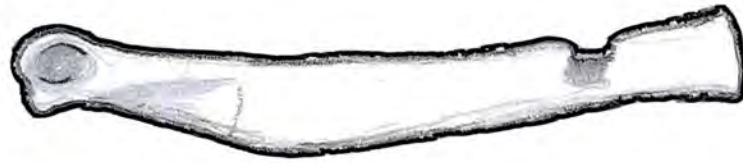
La presencia de caracteres basales y derivados en los ceratosaurios no es raro, ya que al parecer hubo varios representantes del grupo que adoptaron una morfología similar a los terópodos avanzados, como es el caso de *Limusaurus* (Xu, *et al.* 2009) que presenta una convergencia morfológica con los ornitomimosauria (principalmente en el cráneo y en la tibia).



**Figura 28.** Comparación de las morfologías presentes en extremos proximales de tibias de terópodos. A y C, vista lateral; B y D, vista proximal (Tomadas de diversas fuentes).



**Figura 29.** Comparación de los extremos proximales de tibias en vista lateral de diversos ceratosaurios y un *Allosaurus* (Tomadas de diversas fuentes).



**Ceratosauria indet. Bonetes**



***Neuquenraptor***



***Microraptor***

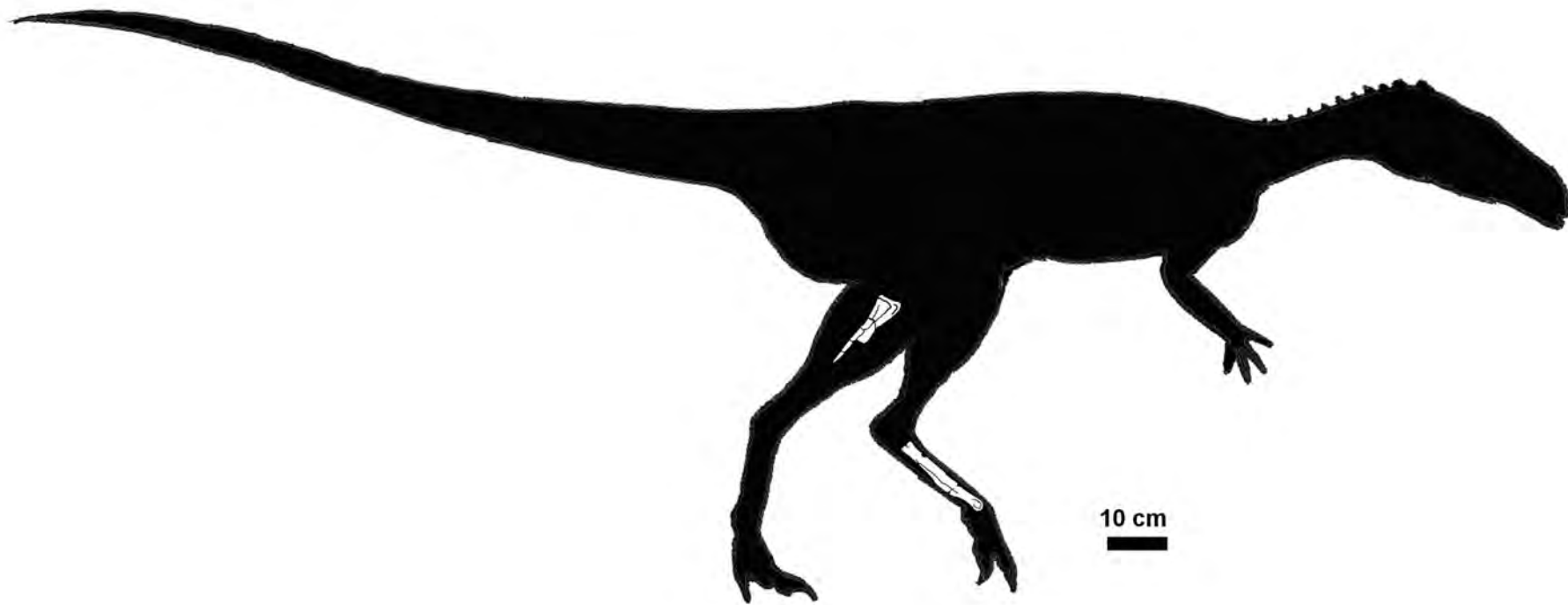


***Elmisaurus***



***Coelurus***

**Figura 30.** Comparación de metatarsos IV de diversos Theropoda (Tomada de diversas fuentes).



**Figura 31.** Material del ejemplar N6-A-8 identificado como Ceratosauria indet.

**Dinosauria** OWEN, 1842  
**Saurischia** SEELEY, 1887  
**Theropoda** MARSH, 1881  
**Tetanurae** GAUTHIER, 1986  
TETANURAE INDET.

**Material referido:** N6-B-4; un chevrón (Figura 32).

**Ocurrencia:** el ejemplar referido proviene del nivel seis, sitio B (N6-B), a un metro por encima del ejemplar N6-B-1 (Figura 9), de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

### Esqueleto axial

#### Chevrón, N6-B-4.

El chevrón (Figura 32) presenta un cuerpo vertical recto de manera lateral. En vista anterior, en la sección media sufre una bifurcación, formando los procesos que se articulan en las facetas de las vértebras caudales (sólo se preservó una). Su extremo ventral presenta una bota en dirección postero-dorsal, comprimida lateralmente, presentando un borde externo ventral quillado. La longitud de la bota es corta equivalente a una tercera parte de la longitud total del chevrón.

#### Medidas del elemento identificado como Tetanurae indet

Chevrón	
Ejemplar	l
N6-B-4	125

#### Designación taxonómica

La bota presente en el chevrón, N6-B-4 esta ausente en los Ornithischia y los Sauropodomorpha, pero se encuentra presente en varios terópodos tetanuros como *Poekilopleurodon*, *Allosaurus*, Sinraptóridos, *Ornitholestes*, *Caudipteryx*, *Sinosauripteryx*, *Deltadromeus*, aves basales, dromaeosáuridos, ornithomimosaurios y tyrannosáuridos (Rauhut, 2003; Rauhut com. pers. 2008), lo que dificultó su asignación taxonómica más precisa.





**Figura 32.** Chevron de *Tetanurae* indet: A, vista lateral derecha, B, vista anterior y C, vista lateral izquierda, N6-B-4.

**Dinosauria** OWEN, 1842  
**Saurischia** SEELEY, 1887  
**Theropoda** MARSH, 1881  
**Tetanurae** GAUTHIER, 1986  
**Coelurosauria** HUENE 1914  
**Tyrannosauridae** OSBORN, 1905  
 TYRANNOSAURIDAE INDET.

**Material referido:** N2-10; un diente (Figuras 33 y 34).

**Ocurrencia:** el ejemplar referido proviene del nivel dos (N2) de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

### Dientes

**Diente aislado, N2-10.**

Es un diente (Figura 33) ligeramente comprimido lateralmente, con la punta apical fuertemente recurvada y una superficie basal elíptica. Sólo preserva serraciones en la carina mesial media y en la carina distal basal; los denticulos de la carina mesial media se ven muy redondeados y achatados, en cambio los de la carina distal basal, son cilíndricos con puntas redondeadas, ligeramente inclinados hacia la punta apical y además presentan un gran espacio entre denticulo.

#### Medidas del elemento identificado como Tyrannosauridae indet.

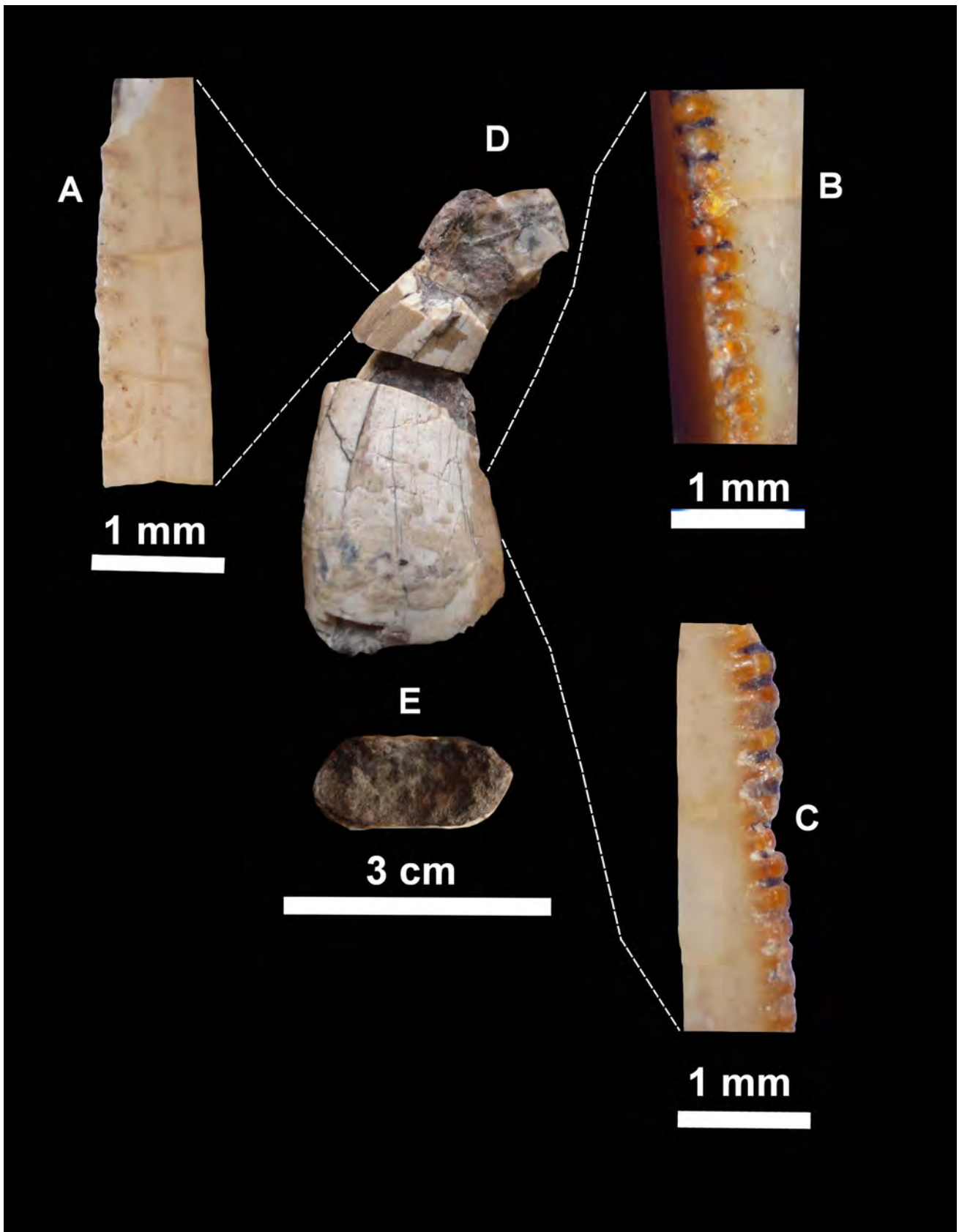
Diente						
Ejemplar	AA	AC	ACB	LCB	Dd	Dm
N2-10	55	45	9	20	4	4

### Designación taxonómica

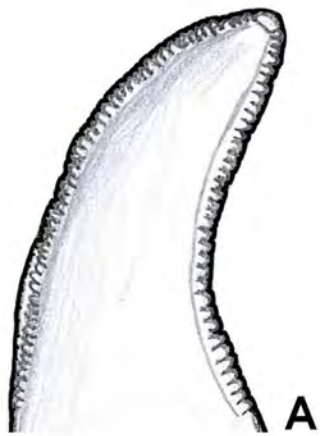
El ejemplar, N2-10 presenta una morfología similar a la descrita anteriormente como *Aublysodon*, en donde la punta apical es fuertemente recurvada, su superficie basal es elíptica y los denticulos de la carina distal tienen forma de cilindros con puntas redondeadas y hay un gran espacio entre ellos. Estas características son compartidas con los dientes de tiranosaurios identificados previamente como *Aublysodon* (Figura 34) descritas por Molnar y Carpenter (1989) y por Torres-Rodríguez (2006).

El diente N2-10 no se asigna al género *Aublysodon* ya que su validez ha sido cuestionada ya que la gran mayoría del material en la que se basó la diagnosis consistía únicamente en dientes. Solo la especie *A. molnari* se conoce por huesos craneales de la parte anterior. Los estudios hechos por Carr y Williamson (2006 en Glut, 2006) con el material de *A. molnari* y otros tyrannosáuridos pequeños (como *Stygivenator* y *Dinotyrannus*) han llevado a sugerir la posibilidad de que podrían representar

varios estadios ontogenético del *Tyrannosaurus rex* o representar a un tyrannosáurido diferente con caracteres juveniles.



**Figura 33.** Diente de Tyrannosauridae indet: A, vista lateral de los dentículos de la carina mesial; B, vista distal y C, vista lateral de los dentículos de la carina distal; D, vista lateral y E, vista basal de la corona, N2-10.



**Tyrannosauridae indet.  
(=*Aublysodon mirandus*)**

2 cm



**Tyrannosauridae indet. (Sabinas)**

2 cm



**Tyrannosauridae indet. (Bonetes)**

**Figura 24.** Comparación de la corona y los denticulos de la carina distal de los dientes identificados anteriormente como *Aublysodon*.

**Dinosauria** OWEN, 1842  
**Dinosauria** OWEN, 1842  
**Saurischia** SEELEY, 1887  
**Sauropoda** MARSH, 1878  
**Neosauropoda** BONAPARTE, 1986  
**Titanosauriforme** SALGADO, CORIA ET CALVO, 1997  
 CF. TITANOSAURIFORME INDET.

**Material referido:** N3-1; un fémur (Figura 35).

**Ocurrencia:** el ejemplar referido proviene del nivel tres (N3), de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

### Esqueleto apendicular

#### Fémur, N3-1.

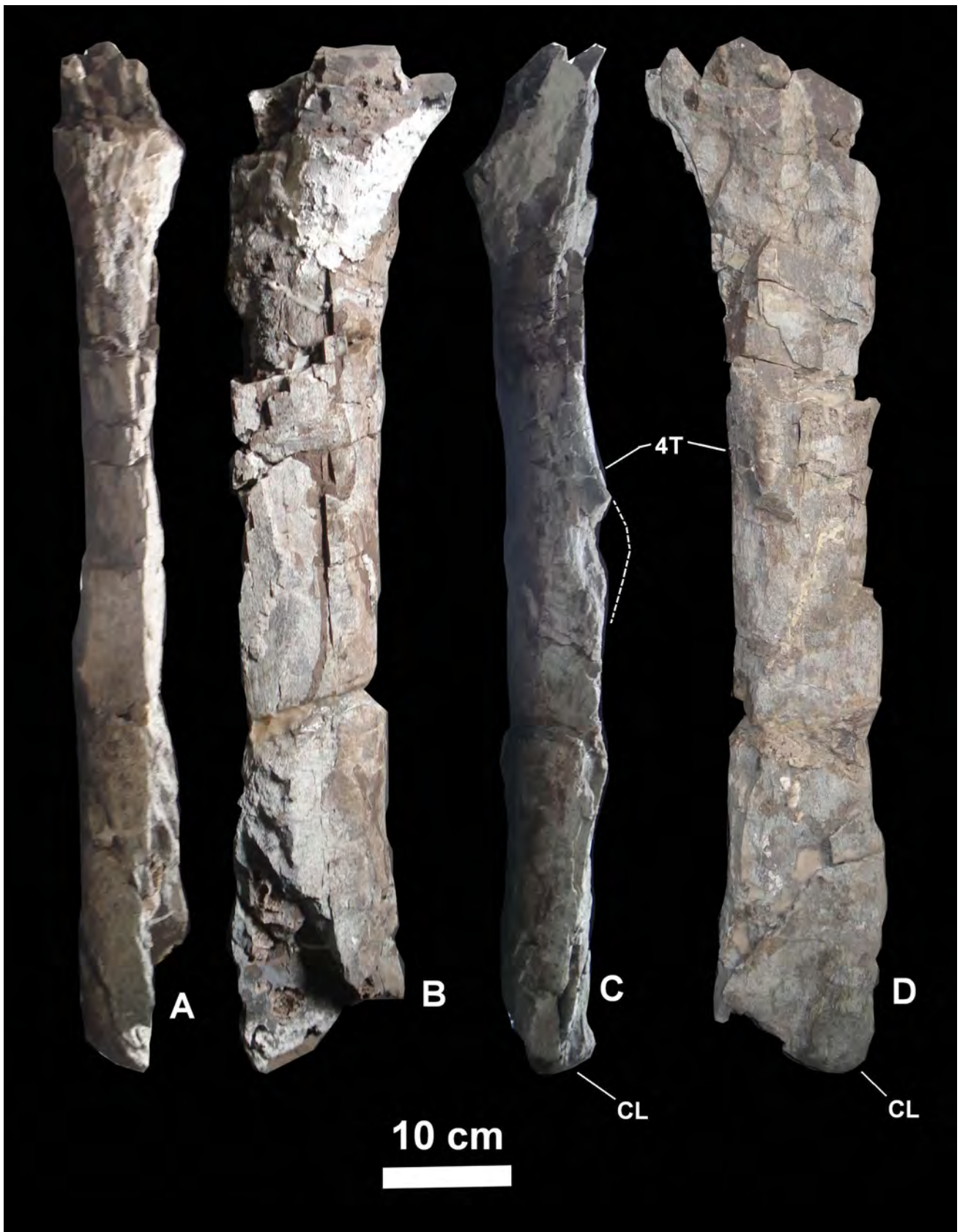
El fémur (Figura 35) presenta un cuerpo recto sin evidencia de una curvatura sigmoidea en vista lateral, comprimido antero-posteriormente a todo lo largo del eje (Figura 35 A y B); presenta un cuarto trocánter poco desarrollado ubicado muy proximalmente (Figura 35 C y D); en su extremo proximal presenta una expansión que probablemente formaba la base de la cabeza femoral; en su extremo distal en la parte posterior se observa un pequeño cóndilo lateral poco desarrollado con una superficie redondeada (Figura 35 C y D), la parte anterior se encuentra desgastada.

#### Medidas del elemento identificado como cf. Titanosauriforme indet.

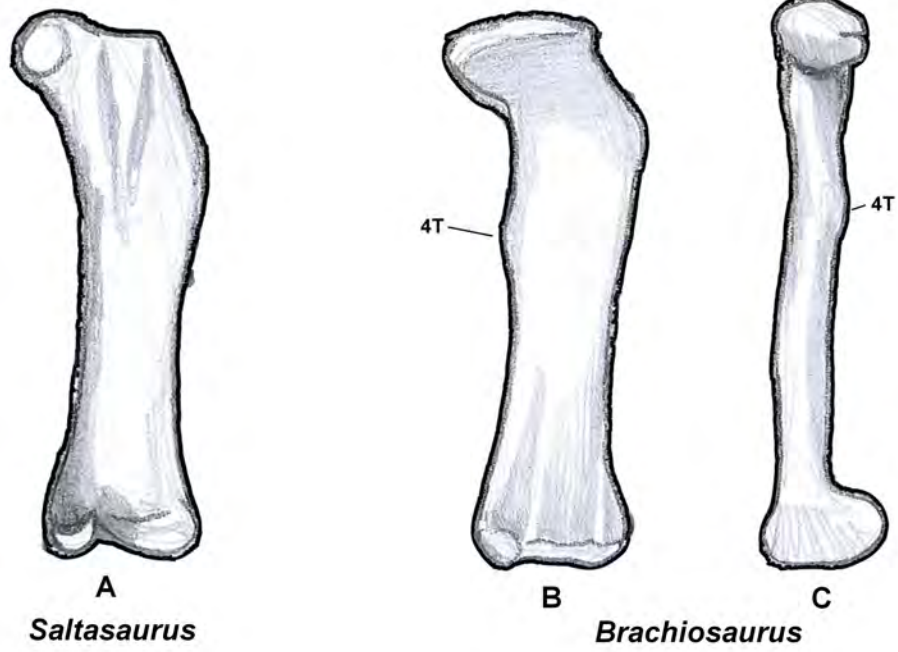
Fémur											
Ejemplar	H	L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	T1	T2	W
N3-1	50	712	682	50	50	210	42	320	175	45	125

### Designación taxonómica

El grupo de los Titanosauriformes incluye a los Braquiosáuridos y los verdaderos Titanosauria (Upchurch, *et al.* 2004). Los titanosauriformes son definidos por Upchurch y colaboradores (2004) a nivel del fémur por presentar un eje recto comprimido antero-posteriormente, un cuarto trocánter poco desarrollado localizado muy proximalmente y un proceso del margen lateral (Figura 36). Estos caracteres son compartidos con el ejemplar N3-1 a excepción del último. Puede ser que no lo presente por ser un miembro muy basal del grupo taxonómico o por haberse perdido en el momento de la diagénesis. Sin embargo, para confirmar su asignación es necesario encontrar más fósiles diagnósticos como los dientes o las vértebras caudales.



**Figura 35.** Fémur de cf. Titanosauriforme indet: A, vista lateral, B, vista anterior, C, vista medial, D, vista posterior, N3-1.



**Figura 36.** Esquema comparativo de fémures de Titanosauriformes: A, vista anterior del fémur de *Saltasaurus* (tomada de Glut, 1997); B, vista anterior y vista medial del fémur de *Brachiosaurus* (tomada de Upchurch, *et al.* 2004).



**Dinosauria** OWEN, 1842  
**Ornithischia** SEELEY, 1888  
**Ornithopoda** MARSH, 1881  
ORNITHOPODA INDET.

**Material referido:** N2-12, N2-13, N2-11; dos tendones osificados y un fémur (Figura 37).

**Ocurrencia:** los ejemplares referidos provienen del nivel dos (N2) de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

### Esqueleto axial

**Tendones osificados, N2-12 y N2-13.**

El tendón osificado, N2-12 (Figura 37 A) presenta un extremo comprimido lateralmente y el extremo opuesto una forma cilíndrica.

El tendón osificado, N2-13 (Figura 37 B) es cilíndrico en toda su longitud, pero muy desgastado en uno de sus extremos.

### Esqueleto apendicular

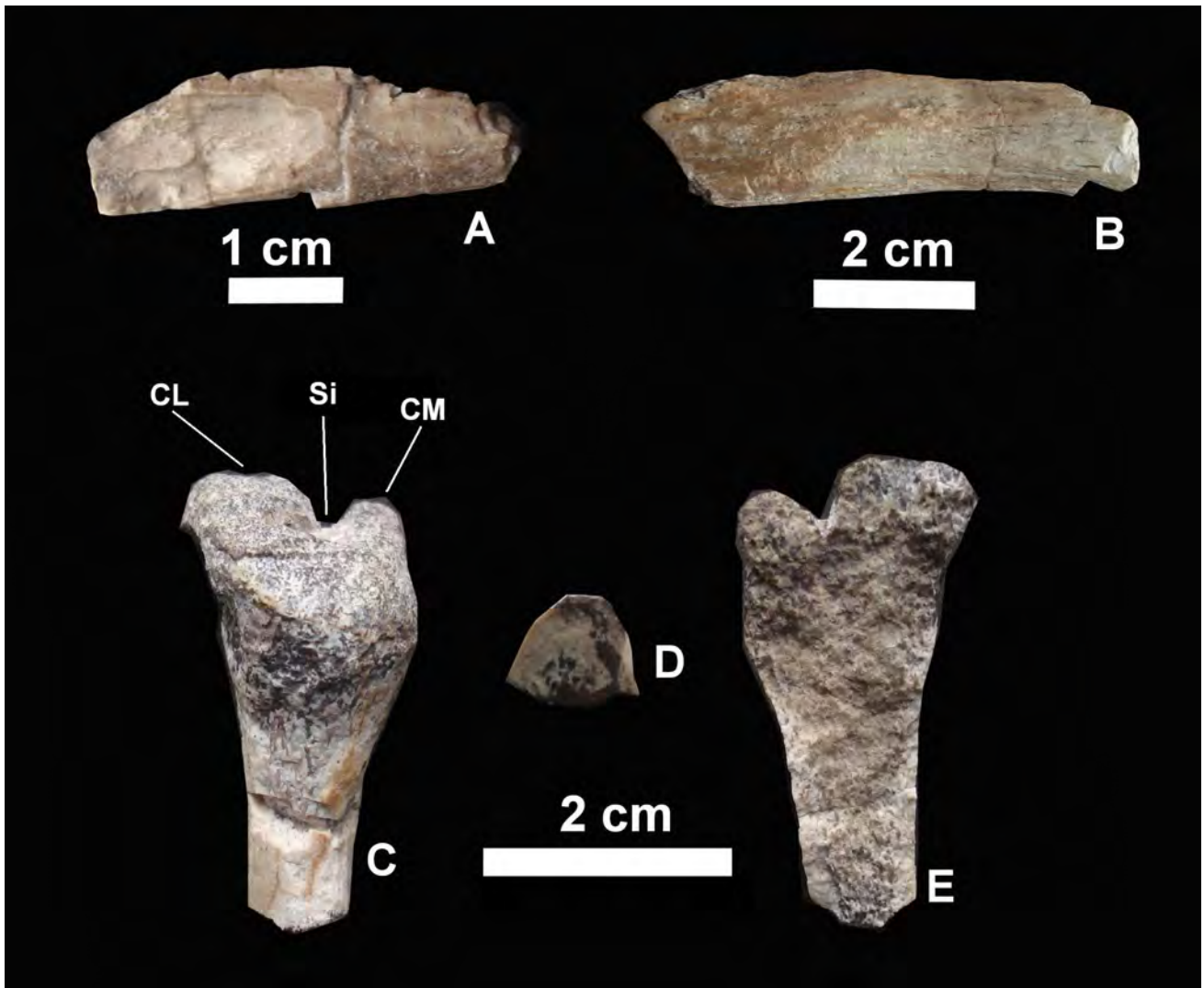
**Porción distal anterior de un fémur izquierdo, N2-11.**

El fémur (Figura 37 C-E) en vista anterior se puede apreciar los cóndilos fusionados, presentando una superficie articular redondeada, sin embargo, se denota el gran tamaño del cóndilo lateral comparado con el cóndilo medial. En medio de los dos, en su parte distal se puede observar la evidencia de un surco intercondilar que continuaba en la parte posterior.

### Medidas de los elementos identificados como Ornithopoda indet.

Tendones	
Ejemplar	l
N2-12	60
N2-13	35

Fémur											
Ejemplar	H	L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	T1	T2	W
N2-11	8	35	32	10	14	---	---	35	---	---	17



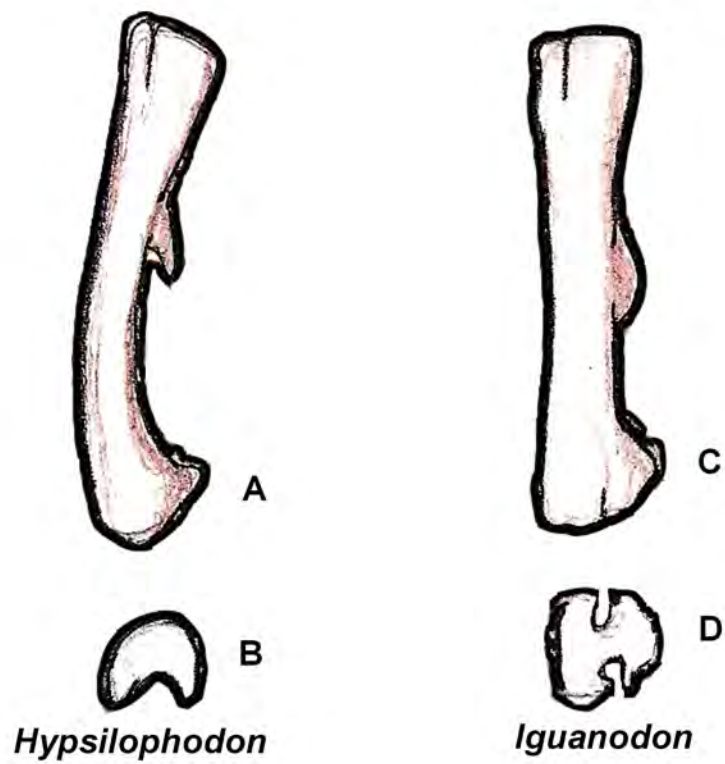
**Figura 37.** Tendones óseos y fémur de Ornithopoda indet: A, vista lateral del tendón osificado, N2-12; B, vista lateral del tendón osificado N2-13; C, vista anterior, D, vista transversal del extremo proximal, E, vista de corte longitudinal del fémur izquierdo, N2-11.

### **Designación taxonómica**

El grupo ornitópoda comprende desde dinosaurios pequeños y ágiles como *Lesothosaurus* e *Hypsilophodon* (siendo los más basales) y los más robustos y exitosos de los dinosaurios fitófagos como *Iguanodon* y los hadrosaurios como *Gryposaurus* (Norman, *et al.* 2004).

Los tendones osificados son característicos de todo el grupo ornitópoda y al carecer de una asociación directa con algún hueso de hadrosaurio o iguanodontoideo se determinó como perteneciente a algún ornitópodo.

El ejemplar, N2-11 presenta una característica muy peculiar como la fusión de los cóndilos en su parte anterior, el cual difiere a los cóndilos muy bien marcados de los hadrosaurios y los iguanodóntidos (Horner, *et al.* 2004; Norman, 2004). Los ejemplares neonatos y juveniles de los hadrosaurios e iguanodóntidos presentan un surco intercondilar muy marcado en la parte anterior (Weishampel, *et al.* 1993, fig. 6), el cual carece el ejemplar, N2-11, esto indica que corresponde a un ornithopodo como *Hypsilophodon* (Figura 38 A y B), ya que esta fusión es característica de los ornitópodos basales (Norman, *et al.* 2004). Por su tamaño podría representar a un ejemplar neonato o a un adulto pequeño de aproximadamente 90 cm de longitud.



**Figura 38.** Esquema comparativo de fémures de Ornithopoda: A y C, vista lateral; B y D, vista distal (Tomadas de Coria y Salgado, 1996).



**Figura 39.** Material del ornitópodo basal, N2-11 de la Barranca de los Bonetes.

**Dinosauria** Owen, 1842  
**Ornithischia** Seeley, 1888  
**Ornithopoda** Marsh, 1881  
**Iguanodontia** Sereno, 1986  
**Iguanodontoidea** Sereno, 1986  
Iguanodontoidea indet.

**Material referido:** N2-14, N2-15, N5-1, N2-16, N5-2, N2-18, N2-17, IGM 8824; cuatro vértebras torácicas, tres vértebras caudales, un extremo distal de fémur, un extremo proximal de fibula y una tibia completa (Figuras 40-45).

**Ocurrencia:** los ejemplares referidos provienen del nivel uno (IGM 8824), nivel dos (N2) y nivel cinco (N5) de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

### **Esqueleto axial**

#### **Vértebra torácica, N2-14.**

Esta vértebra (Figura 40 A-C) presenta una base de la espina neural totalmente horizontal, que se prolonga posteriormente hasta rebasar la longitud del centro vertebral, esto continuaba hasta las postcigoapófisis que probablemente estarían de manera horizontal. El arco neural es circular y muy grande. Las parapófisis son cóncavas y se encuentran a los lados del arco neural. Su centro vertebral es ligeramente más largo que ancho, presentando una superficie articular ligeramente deprimido en la parte ventral, pero sin formar una quilla. Su centro es amfiplano (plano en ambas caras).

#### **Vértebra torácica incompleta, N2-15.**

Esta vértebra (Figura 40 D-F), presenta un centro vertebral partido por la mitad de manera lateral y anterior. Este es más largo que ancho, en vista lateral presenta una forma cuadrada y una superficie plana. En la parte lateral del arco neural puede observarse la parapófisis cuya forma es circular cóncava. El arco neural es muy grande, respecto y de forma circular. En la parte dorsal posterior surge un proceso transversal con forma triangular transversalmente en dirección posterior horizontal.

#### **Centros vertebrales torácicos, N5-1/vt-1 y N5-1/vt-2.**

Los centros vertebrales (Figura 40 G-L) son amfiplanados, presentando una cara anterior plana y la otra ligeramente cóncava. El cuerpo vertebral más largo que ancho, profundos en la región lateral, y en vista antero-posterior la superficie de articulación presenta una forma de gota al revés. En la parte ventral presenta una quilla muy pronunciada que une los dos extremos de manera longitudinal. Carecen del arco neural, pero se observa un canal neural muy angosto en vista dorsal. El centro vertebral, N5-1/vt-2 se encuentra desgastado en su parte posterior ventral. La carencia de arco neural en ambas vértebras indica que pertenecían a un individuo juvenil (Ruiz-Omeñaca, *et al.* 2007).

### **Vértebras caudales distales articuladas, N2-16/vc-1 y N2-16/vc-2.**

Estas vértebras (Figura 41 A-D) presentan un pequeño arco neural circular; su espina neural es corta casi horizontal, en dirección posterior y con forma circular de manera transversal. El centro vertebral es más largo que ancho y presenta una superficie de articulación con forma hexagonal en vista transversal y en la parte ventral carecen de la articulación de los chevrones.

### **Vértebra caudal distal, N5-2.**

La vértebra (Figura 41 E-G) presenta una ligera deformación lateral. El centro vertebral es amfiplano, más largo que ancho, con superficies antero-posteriores casi circulares. Carece de la quilla ventral. El arco neural es elíptico verticalmente. En su parte anterior surge un borde redondeado que nace de la parte alta del arco y desciende en forma vertical a la base del centro (Figura 38 E y G). En el extremo contrario los arcos descienden de manera recta y verticalmente (Figura 38 F). Su parte dorsal del arco neural presenta una superficie plana casi rectangular orientada hacia la parte posterior, lo que indica que pertenece a una vértebra caudal muy distal.

## **Esqueleto apendicular**

### **Extremo distal de un fémur izquierdo, N2-18.**

El cuerpo del fémur (Figura 42 A-C) es circular transversalmente y con un endósteo grueso. En su vista anterior se observa el cóndilo lateral más ancho que el cóndilo medial, el cual es más alargado. En medio de los dos presentan un surco intercondilar poco profundo (interrumpido por unos fragmentos de huesos en la mitad de la longitud del surco) que llega hasta la superficie distal. En su parte posterior, presenta una superficie intercondilar más ancha y plana, sin embargo, los cóndilos se encuentran desgastados. En la parte posterior proximal presenta un proceso en la zona media, elevada posteriormente, siendo muy ancho y con un borde redondeado. Podría pertenecer a una parte del cuarto trocánter o ser una parte del hueso que fue deformado durante la diagénesis.

### **Extremo proximal de una fibula, N2-17.**

Es un extremo proximal de una fibula izquierda (Figuras 42 D) que presenta una expansión en la parte proximal, siendo ligeramente cóncavo en la parte medial y convexo en la parte lateral.

### **Tibia, IGM 8824.**

Es una tibia (Figuras 43) que presenta un eje ligeramente sigmoideo con expansiones en los extremos; en el extremo proximal presenta una cresta cnemial ligeramente expandida anteriormente y corta de longitud, la cual abarca una tercera parte de la longitud total de la tibia; los cóndilos presentes en la parte lateral anterior del extremo proximal están poco desarrollados y presentan un surco poco profundo intercondilar; la superficie del extremo del proximal es redondeada y con forma elíptica. En el extremo distal se observa un maleólo externo muy desarrollado distalmente, con una superficie plana medialmente y un maleólo interno más pequeño que el externo, el cual presenta una superficie redondeada; en la parte anterior, entre los dos maléolos se encuentra el surco del proceso ascendente del astrágalo ligeramente pronunciado y con base a la superficie plana, probablemente el astrágalo se expandiría en su base hacia el maleólo interno; en su parte posterior se observa un borde ascendente ligeramente quillado, dando una forma triangular a la superficie distal de manera transversal; los dos maléolos son muy robustos y con una pequeña distancia entre ellos.

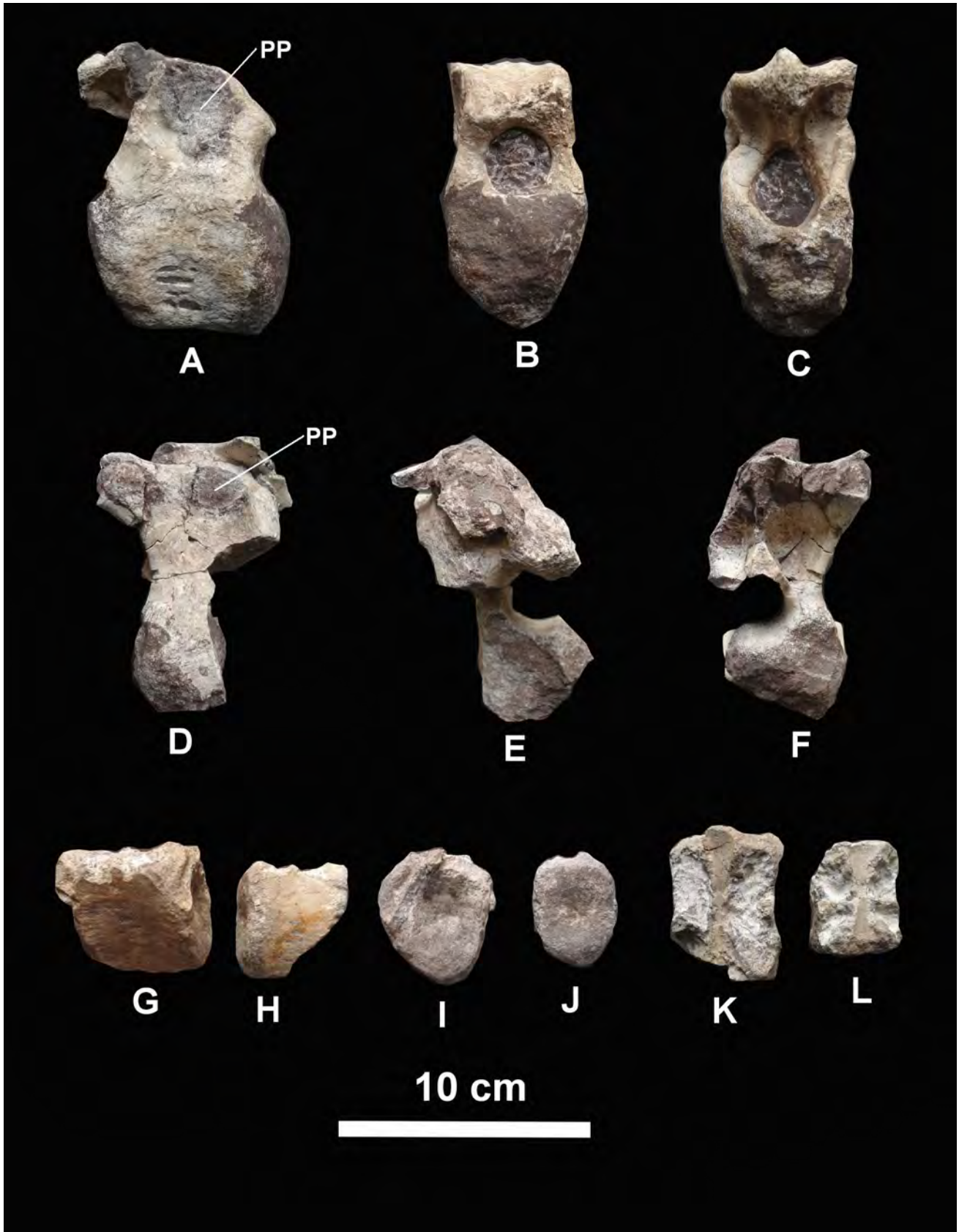
**Medidas de los elementos identificados como Iguanodontoidea indet.**

<b>Vértebras</b>							
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>H1</b>	<b>L</b>	<b>S1</b>	<b>Sw</b>	<b>T1</b>	<b>W</b>
N2-14	90	45	60	---	---	---	
N2-15	40	---	60	---	---	50	44
N2-16/vt-1	103	60	62	68	22	---	65
N2-16/vt-2	94	62	65	70	18	---	64
N5-1/vc-1	---	50	45	---	---	---	37
N5-1/vc-2	---	52	67	---	---	---	45
N5-2	74	45	67	---	27	---	48

<b>Fémur</b>											
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>L5</b>	<b>L6</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>W</b>
N2-18	70	270	---	67	104	---	50	---	---	---	177

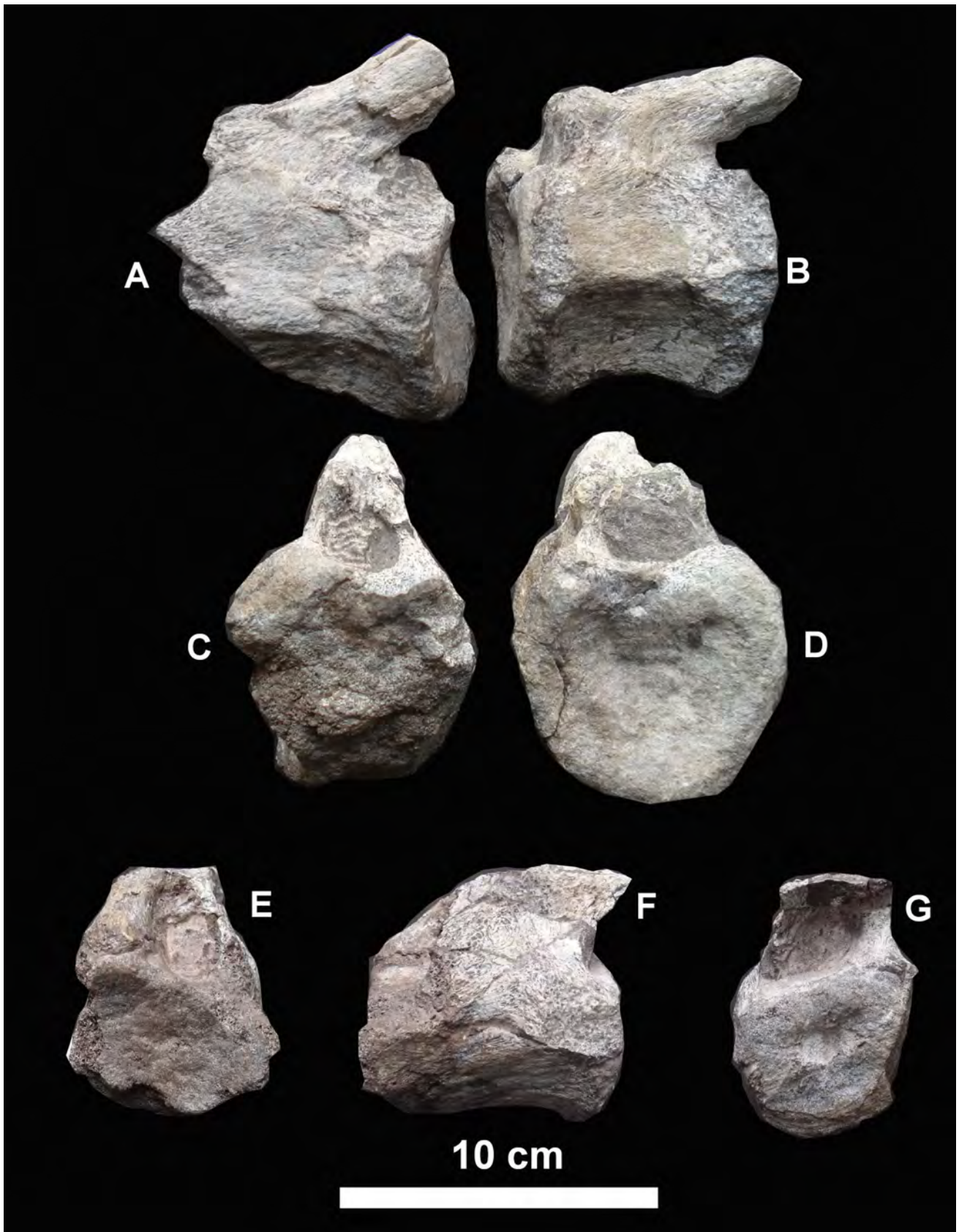
<b>Fíbula</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>l</b>	<b>w</b>
N2-17	120	103

<b>Tibia</b>								
<b>Ejemplar</b>	<b>D</b>	<b>H</b>	<b>L</b>	<b>L1</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>W1</b>	<b>W2</b>
IGM 8824	65	63	640	250	145	84	100	175

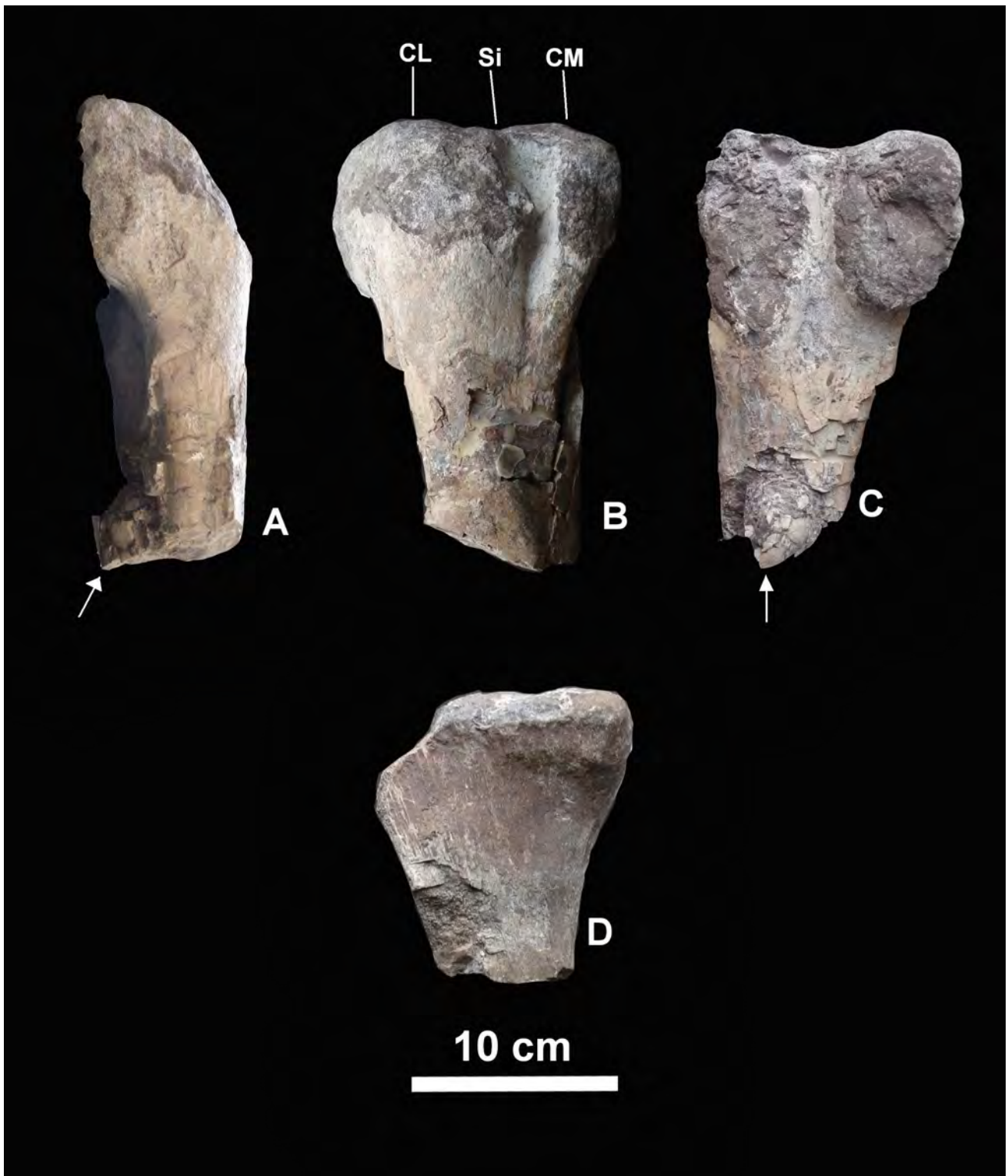


**Figura 40.** Vértabras torácicas de iguanodontoidea indet: A, vista lateral, B, vista anterior y C, vista posterior, N2-14; D, vista lateral, E, vista anterior y F, vista posterior, N2-15; G, vista lateral, I, vista posterior y K, vista dorsal, N5-1/vc-1; H, vista lateral, J, vista posterior y L, vista dorsal, N5-1/vc-2.

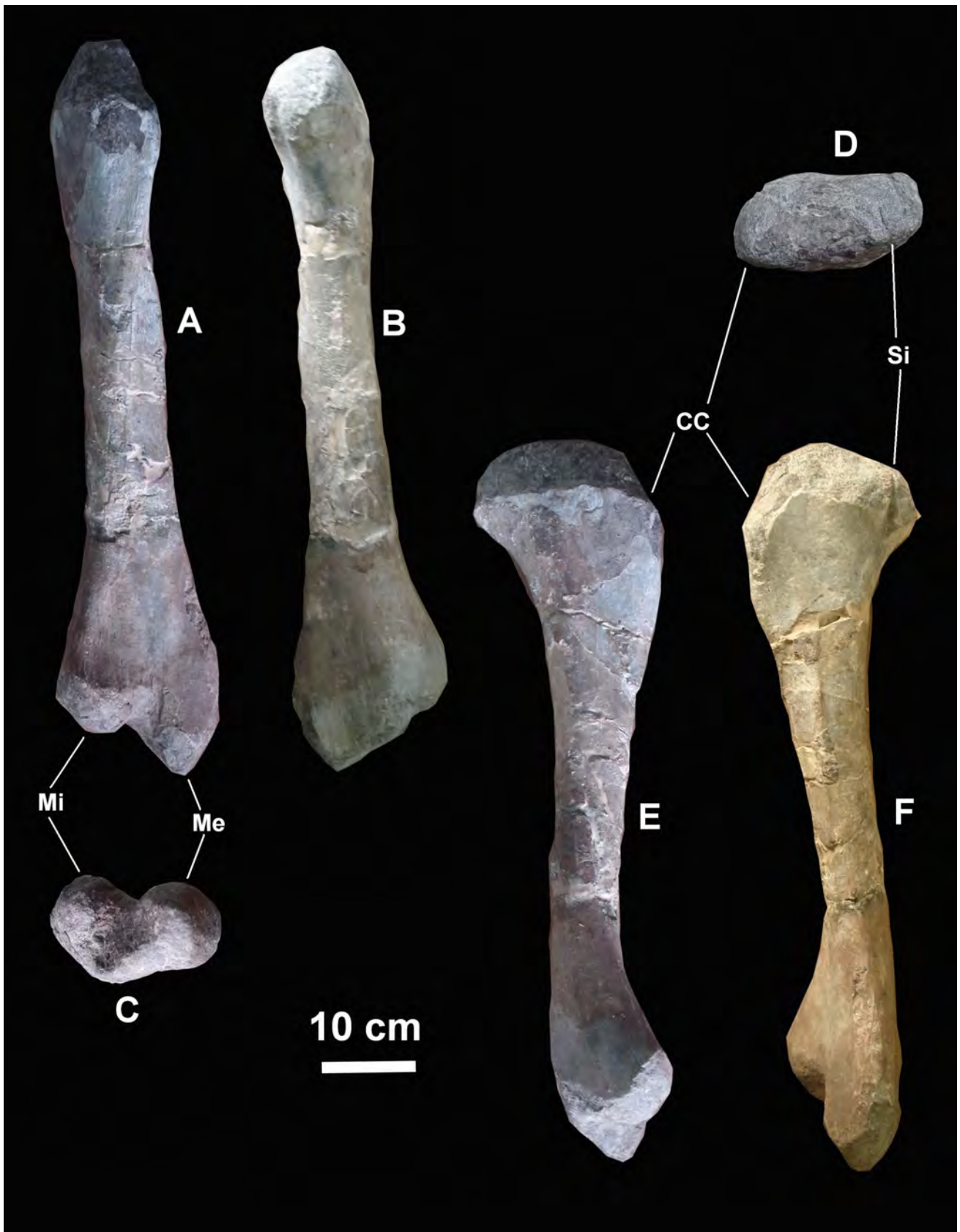




**Figura 41.** Vértabras caudales de iguanodontoidea indet: A, vista lateral y C, vista anterior, N2-16/vc-1; B, vista lateral y D, vista anterior, N2-16/vc-1; E, vista anterior, F, vista lateral y G, vista posterior, N5-2.



**Figura 42.** Elementos apendiculares de iguanodontoidea indet: A, vista lateral, B, vista anterior y C, vista posterior de un fémur, N2-18; D, vista medial de una fibula, N2-17. La flecha marca un proceso no identificado.



**Figura 43.** Tibia de Iguanodontoidea indet: A, vista anterior, B, vista posterior, C, vista distal, D, vista proximal, E, vista medial y F, vista lateral, IGM 8824.

## Designación taxonómica

La problemática de identificar un iguanodontoideo es la presencia de caracteres mezclados de los dos grupos, tanto hadrosaurios como iguanodontoideos, un ejemplo de ello es el caso de *Eolambia* (Kirkland, 1998) el cual se interpretó como un hadrosaurio basal, pero al reinterpretar sus características se descubrió que era un iguanodontoideo (Head, 2001). Por esta razón en este trabajo se presenta un cuadro y una tabla con caracteres comparativos, los cuales fueron muy importantes en la determinación taxonómica de estos (Tabla 2 y Figura 44).

El ejemplar, N2-14 presenta postcigopófisis en posición horizontal como las descritas para los iguanodontoidea (Norman, 2004; Figura 44 C y L), pero difiere en carecer de una quilla ventral muy pronunciada (Tabla 2). La falta de este carácter podría ser por que pertenece a algún iguanodontoideo cercano al linaje de los hadrosaurios o algún individuo juvenil.

Las vértebras, N5-1 representan a un ejemplar juvenil, por carecer de los arcos neurales (Ruiz-Omeñaca, *et al.* 2007; Brett-Surman y Wagner, 2007), y además presenta una quilla ventral muy desarrollada en el centro vertebral, característica de los iguanodontoidea (Tabla 2).

Las vértebras caudales con centros vertebrales hexagonales eran tomadas como carácter diagnóstico para diferenciar a los hadrosaurios de los iguanodontoideos (Horner, *et al.* 2004), sin embargo, en la revisiones de Norman y colaboradores (1998) y Norman (2002) ha identificado estas vértebras en el iguanodontoideo *Probactrosaurus* y *Althirhinus* taxa hermanos de los hadrosaurios. Por ello, para identificar a que taxa pertenecían los ejemplares N2-16/vc-1 y N2-16/vc-2 se utilizó su asociación con elementos de iguanodontoideos provenientes del mismo nivel.

Por otro lado, no todas las vértebras caudales eran hexagonales en los iguanodontoideos, ya que en los representantes más basales, las vértebras caudales más distales presentan un centro vertebral alargado y cilíndrico como el caso de *Iguanodon*, *Mantellisaurus* (Norman, 2004; Figura 56) y *Althirhinus* (Norman, 1998, fig. 24), característica compartida con el ejemplar N5-2. Esto lo distingue de los hadrosaurios, ya que ellos presentan vértebras caudales distales con centros vertebrales cortas y de forma cuadrada en su superficie articular.

Dentro de los huesos apendiculares se distingue la presencia de un surco intercondilar en el fémur que llega a la superficie distal, la cual se puede encontrar abierta para el caso de los iguanodontoidea (Norman, 2002; Figura 44 E) y cerrada en su superficie distal para los hadrosaurios y con un surco intercondilar mucho más profundo (Norman, 2002; Figura 44 N), la cual como se había comentado anteriormente, se encuentra presente hasta en los individuos neonatos. Es por ello que el fémur, N2-18, se determinó como perteneciente a un iguanodontoidea.

Dentro de la tibia, también se encontraron diferencias entre los dos grupos. Por un lado los iguanodontoideos presentan una cresta cnemial muy robusta y de corta longitud en dirección distal (Figura 44 G y H) y los hadrosaurios por otro lado, presentan una cresta cnemial que presenta una prolongación en la parte anterior proximal hacia la parte lateral (envolviendo a la parte proximal de la fibula) y de una longitud mucho mayor en dirección distal (Figura 44 P y Q). El ejemplar IGM 8824 comparte características que lo relacionan con los iguanodontoideos.

<b>Caracteres usados en el presente trabajo</b>	<b>Iguanodontoidea</b>	<b>Hadrosauridae</b>
Proceso dorsal del maxilar	Poco desarrollado (A)	<b>Muy desarrollado (J)</b>
Proceso ectopterigoideo	<b>Corto</b> e inclinado dorso-ventralmente (A)	Largo y <b>horizontalmente (J)</b>
Superficie articular del yugal	Presentan un proceso muy desarrollado (A)	<b>Carecen del proceso, y solo queda una superficie (J)</b>
Número de dientes por fila	<b>2</b>	3
Raíz de los dientes maxilares	<b>Cilíndricos</b>	Angulosos
Carinas secundarias en los dientes en vista lingual	<b>Presentes (B)</b>	Ausentes (K)
Vértebras torácicas	<b>Fuertemente quilladas</b> ventralmente con postcigoapófisis horizontales (C)	Ligeramente quilladas o ausentes con <b>postcigoapófisis inclinadas dorsalmente (L)</b>
Número de vértebras sacras	6-7	9-12
Espinas neurales de las vértebras caudales proximales	<b>Altas y más angostas que las torácicas</b>	Altas a cortas, son igual de ancha que las torácicas
Vértebras caudales mediales	Con centros vertebrales hexagonales	Con centros vertebrales hexagonales
Vértebras caudales distales	Con centros vertebrales cilíndricos	Con centros vertebrales cuadrados
Proceso preacetabular del ilión	Rectos a <b>fuertemente flexionados ventralmente (D)</b>	Rectos a ligeramente flexionados ventralmente (M)
Pedúnculo púbico del ilión	Alargado (D)	<b>Corto (M)</b>
Proceso supraacetabular	Expansión horizontal (D)	<b>Reducción de la expansión horizontal</b> y desarrollo de la expansión latero-ventral (M)
Pedúnculo isquial	Formado por una protuberancia lateral (D)	<b>Formado por dos protuberancias laterales (M)</b>
<i>Brevis shelf</i>	Presente (D)	<b>Presente en los hadrosaurios basales</b> y ausente en la mayoría de los derivados (M)
Proceso postacetabular del ilión	Sin diferenciar, parte del cuerpo del ilión (D)	<b>Diferenciado del cuerpo del ilión debido a una constricción (M)</b>
Proceso prepúbico	<b>Cuello largo a corto y paleta con bordes redondeados (F)</b>	Cuello muy corto a largo y la paleta generalmente con bordes angulosos (O)
Pedúnculo iliar del pubis	<b>Corto (F)</b>	Alto (O)
Surco intercondilar del fémur	Abierto en la parte distal (E)	Cerrado en la parte distal (N)
Cresta cnemial	De corta longitud distalmente y carece de prolongación (G y H)	De gran longitud distalmente y presenta una prolongación de manera lateral (P y Q)

**Tabla 2.** Cuadro comparativo de los caracteres empleados para diferenciar entre hadrosaurios e iguanodontoideo. Complementario de la figura 44. Se destacan en negritas algunos caracteres que comparte el nuevo taxón con los iguanodontoideos y los hadrosaurios, los cuales se discuten en el presente trabajo.

Iguanodontoidea

Hadrosauridae

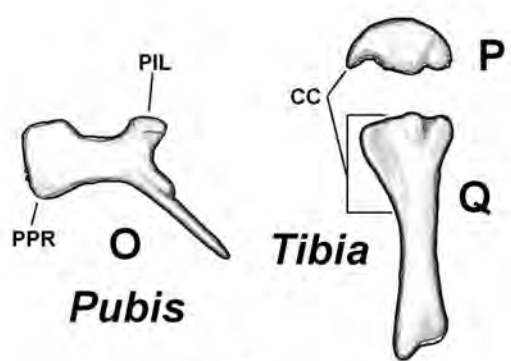
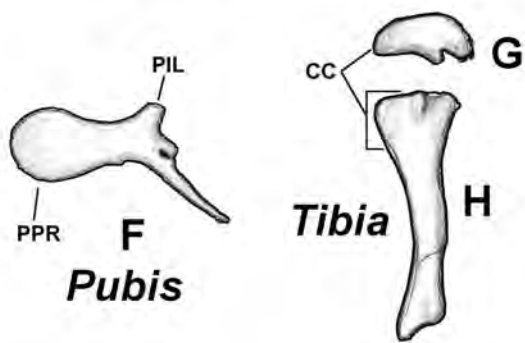
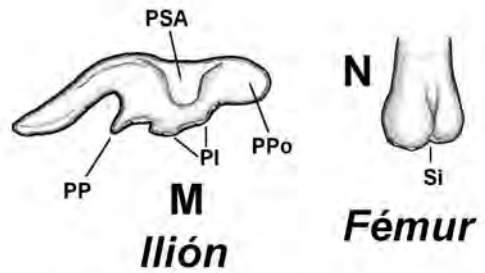
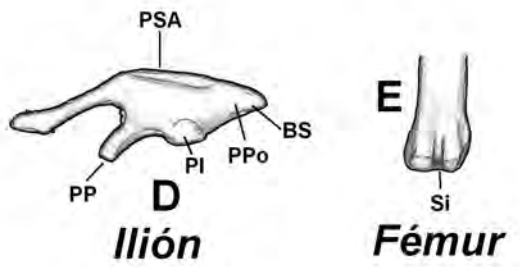
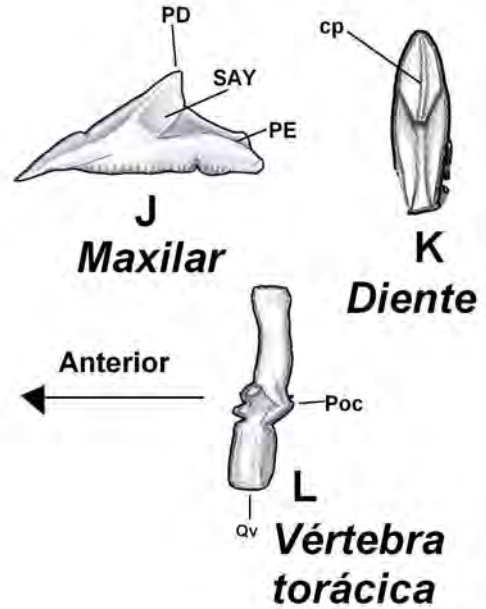
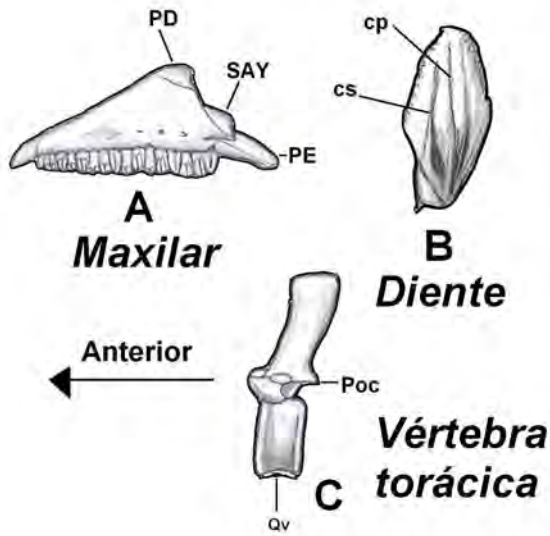
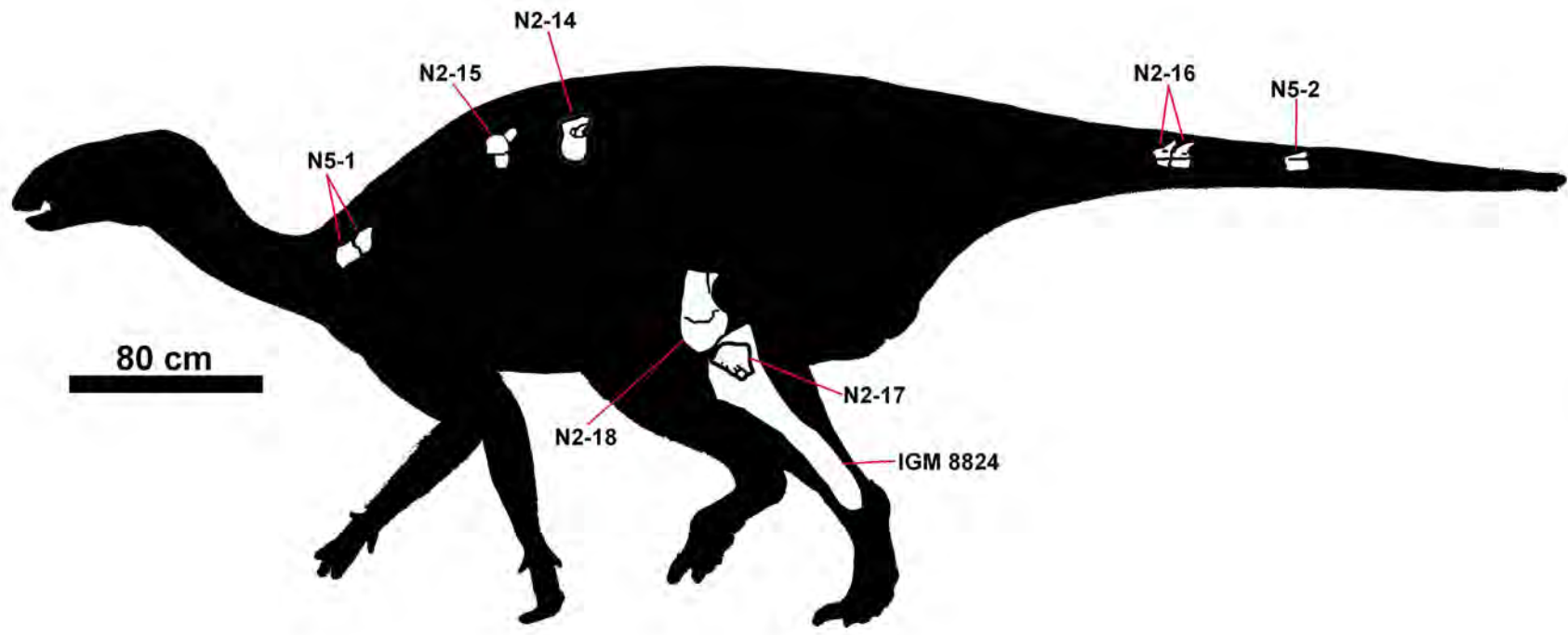


Figura 44. Comparación entre elementos craneales y postcraneales de iguanodontoideos y hadrosaurios usados en el presente trabajo, complementario a la tabla 2 (Tomadas de diversas fuentes).



**Figura 45.** Material identificado de Iguanodontoidea indet. de la Barranca de los Bonetes. Los elementos al pertenecer a varios ejemplares de distintas edades y niveles no corresponden al tamaño de la escala presentada a excepción del fémur, N2-17, el cual pertenece al ejemplar de mayor tamaño (Con base al fémur, el iguanodontoideo mediría 5 metros de longitud aproximadamente).

**Dinosauria** OWEN, 1842  
**Ornithischia** SEELEY, 1888  
**Ornithopoda** MARSH, 1881  
**Iguanodontoidea** SERENO, 1986  
**Hadrosauria** VON HUENE, 1956  
HADROSAURIA *gen. Y sp. nov.*

**Holotipo:** N6-B-1; un maxilar izquierdo, cuatro vértebras cervicales (incluyendo al axis), nueve vértebras torácicas, cuatro espinas neurales torácicas, un proceso transversal torácico, cinco costillas torácicas izquierdas, siete costillas torácicas derechas, ocho espinas neurales del sacro articuladas, siete procesos transversos del sacro, un ilión derecho e izquierdo, un pubis derecho e izquierdo, un proceso transversal caudal, tres vértebras caudales, una espina neural caudal, ocho tendones osificados y un fragmento del sacro (Figuras 46, 47, 51-68).

**Material referido:** N3-10, N3-11, N3-12, N3-9; un fragmento de dentario derecho, dos dientes y una precigapófisis de vértebra cervical (Figuras 48-50).

**Ocurrencia:** los ejemplares referidos provienen del nivel tres (N3) y nivel seis, sitio B (N6-B) de la Barranca de los Bonetes, Formación Cutzamala, Tuzantla, Michoacán.

**Edad:** Cretácico Tardío, Coniaciano-Santoniano.

**Diagnosis:** Hadrosaurio que difiere de otros por la posesión de un proceso dorsal del maxilar más alto que ancho con punta recta; vértebras torácicas distales amfiplanadas, vértebras caudales con espinas neurales altas; presencia de un borde dorsal en el proceso postpúbico en el pubis y la combinación de caracteres primitivos: retención de dos dientes de manera dorso-ventral en el dentario y el maxilar, un número máximo de dos dientes funcionales en vista oclusal en el dentario y el maxilar y presencia de carina secundaria alargada; presencia de una articulación del yugal cóncavo en el maxilar; procesos de las postcigapófisis cortas de las vértebras cervicales; ilión con proceso supraacetabular con expansión lateroventral asimétrico, con la presencia de un borde postero-dorsal en vista lateral y un proceso postacetabular de forma triangular lateralmente con la presencia del *brevis shelf* en su extremo distal ventral; y un pubis con una paleta prepública oval.



## Cráneo

### **Porción posterior del maxilar izquierdo, N6-B-1/m.**

El maxilar (Figuras 46 A-D y 47) se encuentra incompleto en los extremos. Presenta un proceso dorsal muy alto y recto, angosto en su parte dorsal y muy ancha en su base. La superficie articular del yugal es cóncava y presenta un borde posterior externo redondeado; el proceso ectopterigoideo (debajo de la superficie articular del yugal) forma un borde lateral delgado dorso-ventralmente en la parte anterior y ancho dorso-ventralmente en la parte posterior. El proceso del palatino presenta un borde redondeado alto, con forma triangular. En el extremo posterior surge el proceso pterigoideo el cual presenta un borde bajo y redondeado. En vista lingual presenta una línea de forámenes especiales ligeramente curvada en su extremo posterior y anterior, con una orientación dorsal. Presenta 17 forámenes especiales, intuyendo 18 filas de dientes.

### **Dientes del maxilar, N6-B-1/m.**

En el maxilar, N6-B-1 se observa dos dientes por alveólos de manera dorso-ventral (Figura 46 D), los cuales presentan una raíz cilíndrica (Figura 46 E). En vista oclusal (Figura 46 F) presenta un máximo de dos dientes funcionales. En la corona sólo se aprecia una carina primaria lingual ligeramente desviada de manera posterior. El septo alveolar (que separa un diente de otro en la batería dental) es muy delgado.

### **Fragmento de dentario derecho, N3-10.**

Este fragmento de dentario (Figura 48) se encuentra incompleto en sus extremos y en la región ventral. En la parte lingual se observan siete forámenes especiles dispersos de manera longitudinal, que indican la cantidad de dientes en una hilera (Figura 48 A). En su porción lingual ventral se forma parte de un surco incompleto. En la parte labial ventral se observa un foramen horizontal (Figura 48 A). En vista antero-posterior presenta una curvatura sigmoide poco pronunciada (Figura 48 C).

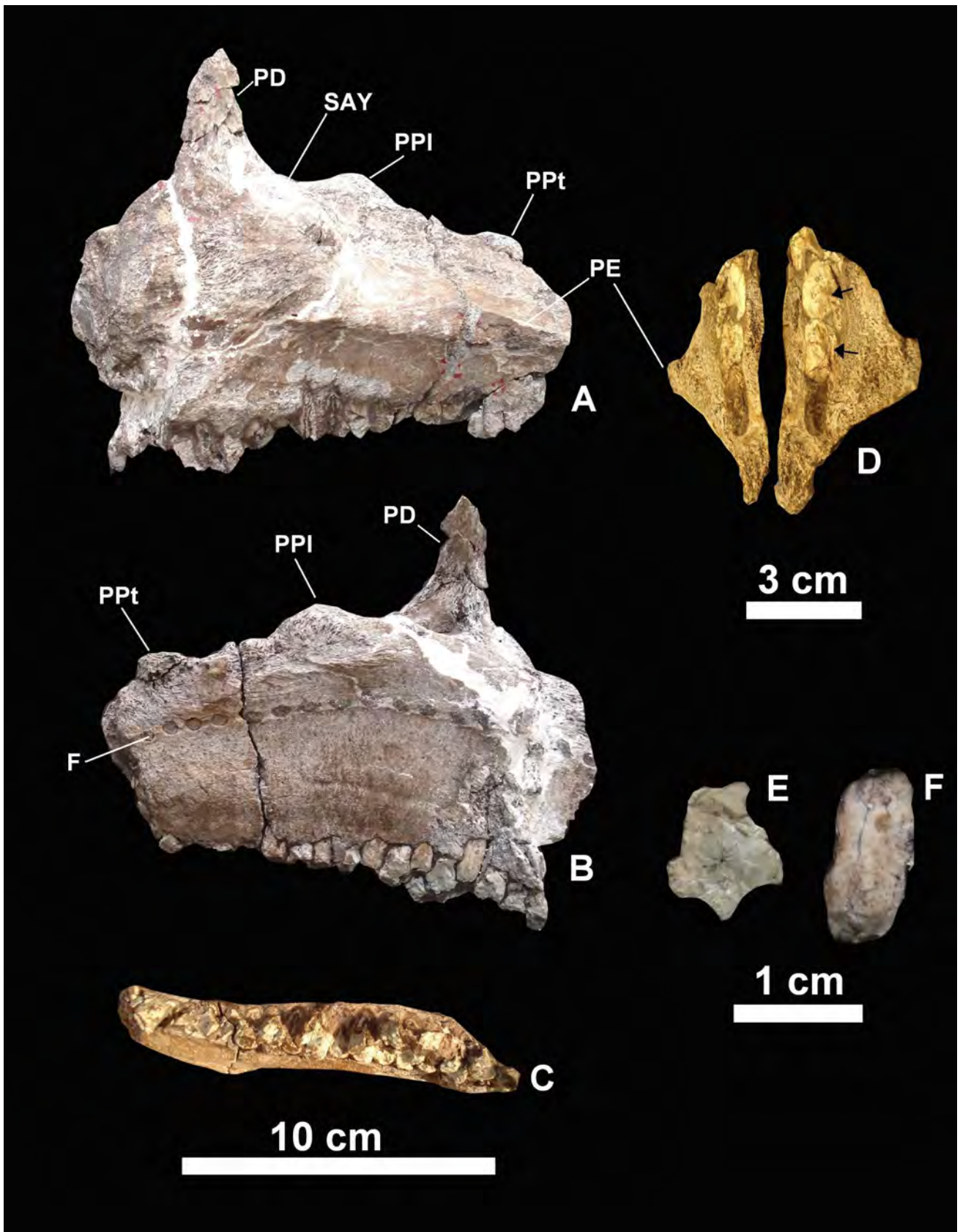
### **Dientes del dentario, N3-10.**

Los dientes del dentario, N3-10 únicamente se ven de manera lateral y oclusal (Figura 48 B). Presenta dos dientes de manera dorso-ventral por alveólo (Figura 48 C). En vista oclusal (Figura 48 D) presenta un máximo de dos dientes funcionales con una raíz cilíndrica. En la corona sólo se observa una carina principal lingual ligeramente desviada a la parte posterior. El ángulo entre la corona y la raíz es de 132° (Figura 48 C). El septo alveolar es muy delgado.

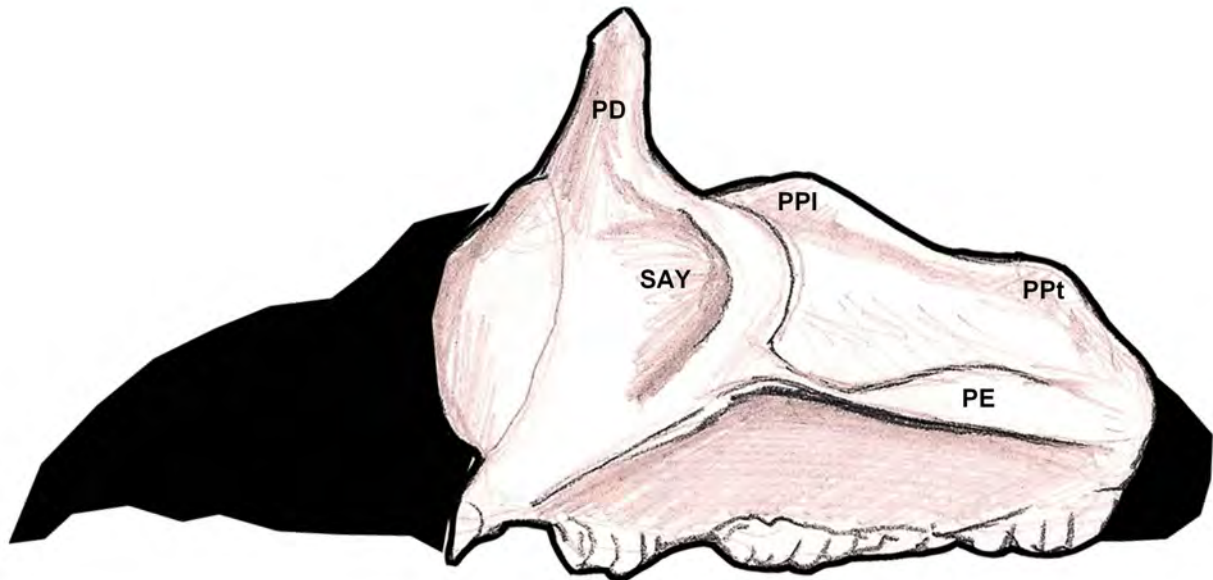
### **Dientes aislados del dentario, N3-11 y N3-12.**

La corona del diente, N3-11 (Figura 49 A y B) en vista lingual presenta una forma adiamantada; presenta una carina primaria lingual muy desarrollada, recta dorso-ventralmente y ligeramente desviada de manera posterior. En la carina anterior se encontraron unos denticulos en forma de almohadillas cubiertos por sedimento y muy desgastados.

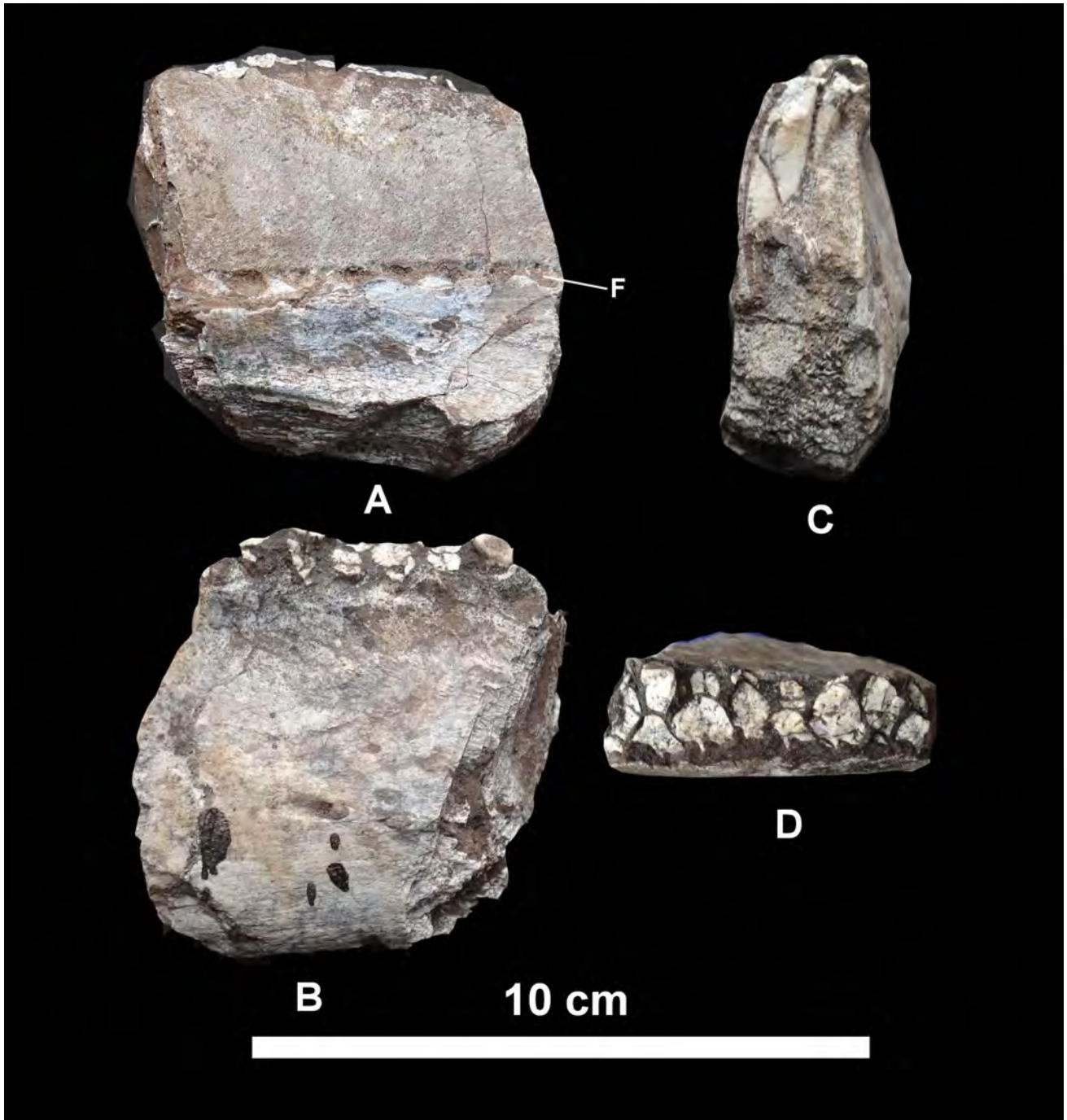
La corona del diente, N3-12 (Figura 49 C) se encuentra muy desgastada en sus carinas laterales y en su superficie oclusal. Presenta una carina primaria lingual muy desarrollada, recta dorso-ventralmente y ligeramente desviada de manera posterior. A diferencia del diente, N3-11 presenta una carina secundaria lingual poco desarrollada pero larga dorso-ventralmente.



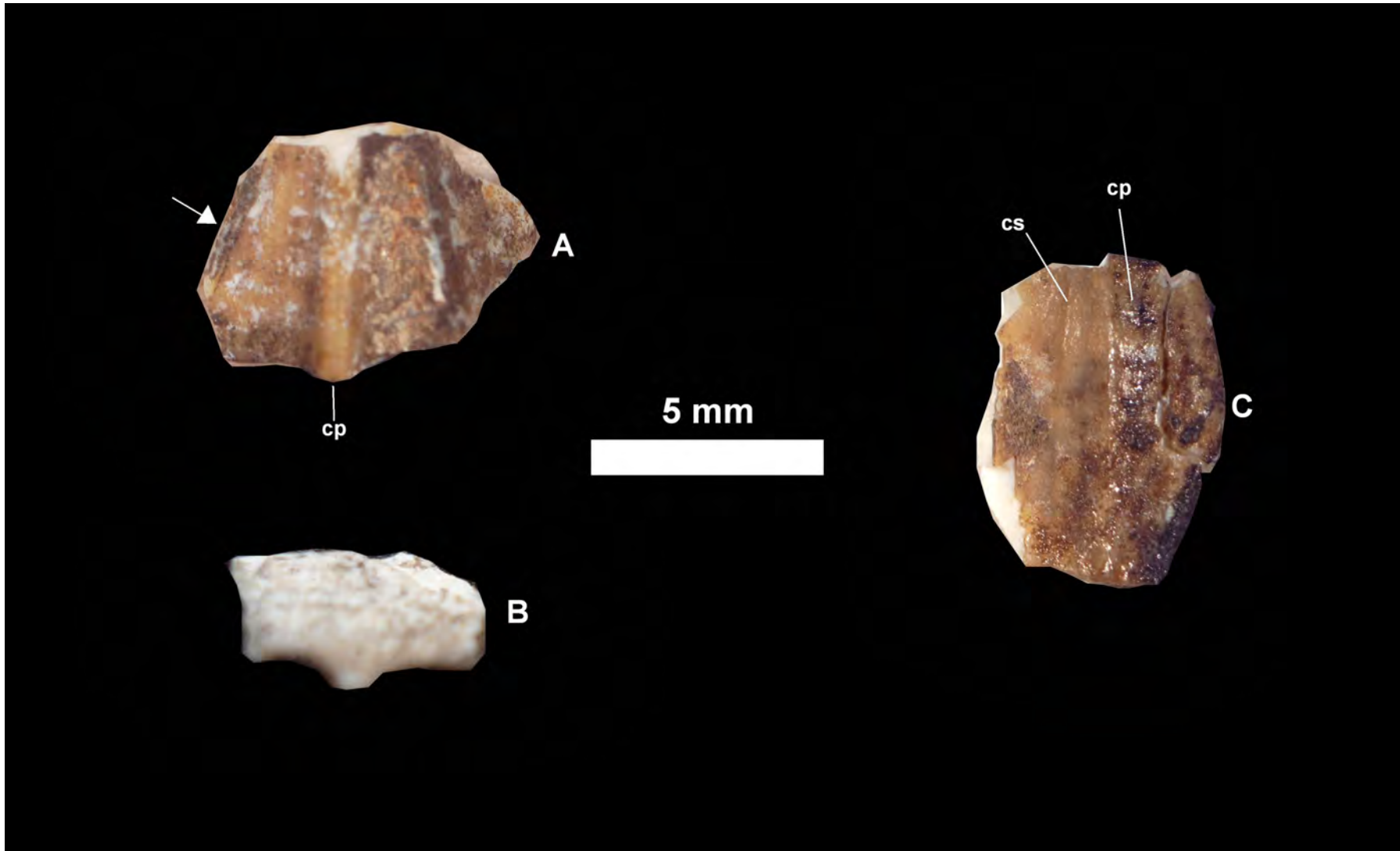
**Figura 46.** Maxilar y dientes maxilares de *Hadrosauria* *gen. y sp. nov.*: A, vista lateral, B, vista medial, C, vista ventral y D, vista transversal del maxilar, N6-B-1/m; E, vista oclusal de una corona; F, vista lingual de una raíz, N6-B-1/m.



**Figura 47.** Esquema del maxilar derecho de *Hadrosauria gen. et sp. nov.* La zona negra indica las partes faltantes del maxilar, N6-B-1/m.



**Figura 48.** Dentario de *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista medial, B, vista lateral, C, vista transversal y D, vista dorsal, N3-10.



**Figura 49.** Dientes del dentario de *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista lingual y B, vista oclusal, N3-11; C, vista lingual, N3-12. La flecha marca la carina lateral donde se observaron los dentículos.

## Esqueleto axial

### Región cervical

#### **Precigoapófisis de vertebra cervical, N3-9.**

La precigoapófisis (Figura 50), en la parte ventral presenta una estructura cilíndrica en dirección proximal y en su parte distal se comprime dorso-ventralmente. En su parte dorsal presenta una superficie articular plana y amplia, típica de las vértebras cervicales.

#### **Axis, N6-B-1/ax.**

El axis (Figura 51 A y B) tiene centro vertebral fuertemente opistocélico, siendo fuertemente cóncavo en la parte posterior y en la parte anterior presenta el proceso odontoideo muy desarrollado, corto y muy ancha (Figura 51 A). Presenta una superficie articular redondeada y muy ancho, con un surco amplio en su región dorsal; el centro vertebral es más largo que ancho, presentando un surco vertical en la parte postero-ventral a cada lado; su espina neural es más larga que alta, presentando un borde quillado que inicia en la cavidad neural anterior y continua en la parte dorsal hasta la parte posterior donde se bifurca, dando lugar a las postcigoapófisis. Las postcigoapófisis presentan una amplia faceta de articulación más larga que ancha en dirección ventral. Una de las postcigoapófisis fue movida de su lugar por la diagénesis; el arco neural anterior presenta forma elíptica verticalmente y circular en la parte posterior (Figura 51 B).

#### **Vértebra cervical distal, N6-B-1/vce-1.**

Esta vértebra se encuentra deformada lateralmente y muy fracturada (Figura 51 C y D). Presenta un centro opistocélico, más largo que ancho, con depresiones en los flancos, los cuales se unen ventralmente formando un borde redondeado deformado y muy desgastado. Sólo se observa parte de un proceso transversal, que surge encima de las depresiones laterales, comprimido dorso-ventralmente y deformado en dirección dorsal. Las postcigoapófisis se encuentran incompletas en su extremo anterior y posterior; eran muy robustas y altas. Su arco neural es grande y de forma circular (Figura 51 D).

#### **Vértebra cervical medial, N6-B-1/vce-2.**

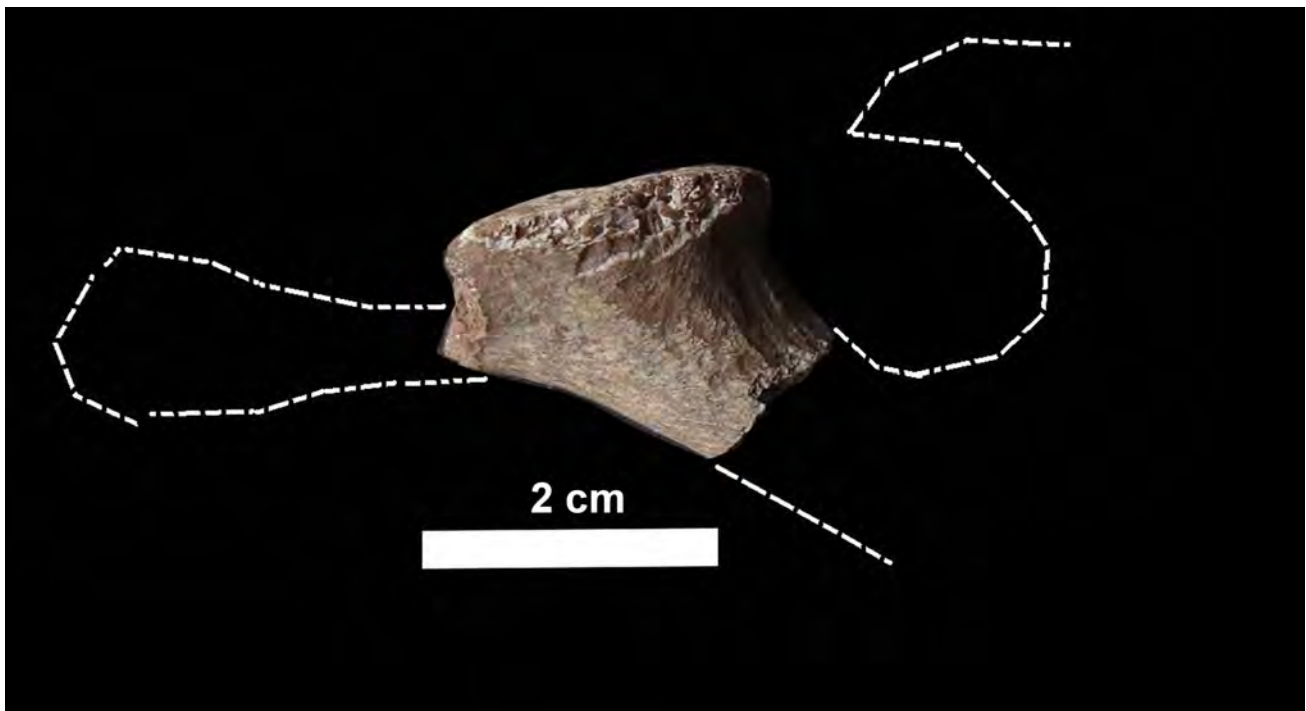
Es la vértebra cervical mejor preservada y completa, aunque está deformada de manera lateral (Figura 51 E y F). Presenta un centro fuertemente opistocélico, siendo más largo que alto; en la parte ventral presenta un borde redondeado que une la cara anterior y posterior, y a sus lados surgen unas depresiones laterales que forman las parapófisis (donde se unen las costillas). Su arco neural es muy amplio y de forma circular. El proceso de las postcigoapófisis son cortas respecto a la longitud del arco neural (la cual cabe menos de tres veces) y robustas, las cuales se originan de una pequeña espina neural del extremo anterior (encima del arco neural; Figura 51 F). Las postcigoapófisis presentan unas facetas de articulación planas, orientadas postero-ventralmente. Los procesos transversos son largos, orientados lateralmente y de manera horizontal; cerca de su base, en la parte dorsal se forma las precigoapófisis planas, orientadas dorsalmente, siendo más anchas que la base ventral que los soporta, en su extremo distal se forma una superficie redondeada de donde se ancla la costilla.

Las costillas (Figura 51 E y F), presentan un tubérculo más corto y vertical, respecto al capítulo horizontal. El tubérculo es comprimido lateralmente a diferencia del capítulo que se comprime dorso-ventralmente y continúa hasta el extremo distal de la costilla que se orienta hacia la parte posterior.

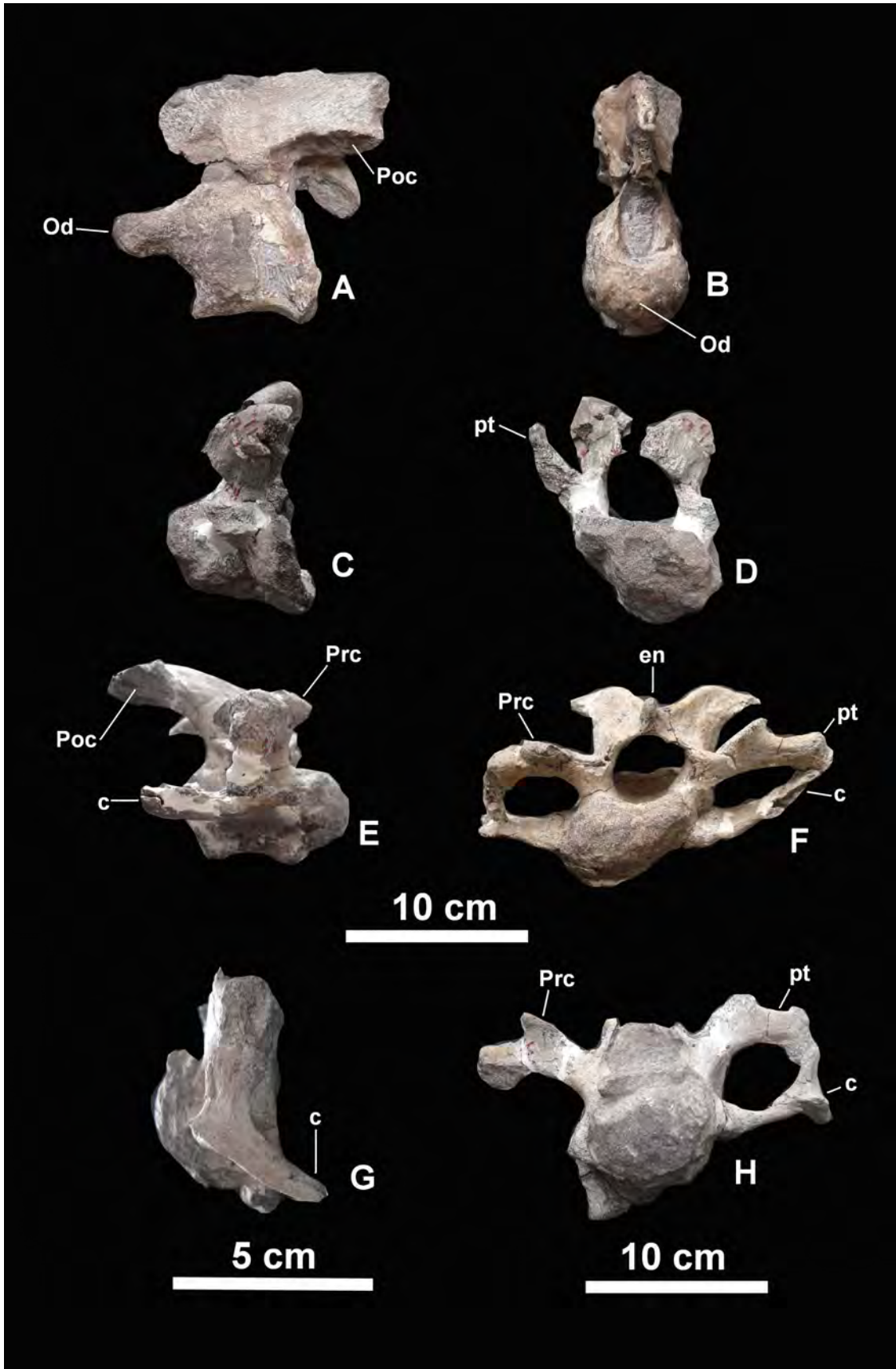
#### **Vértebra cervical proximal, N6-B-1/vce-3.**

Vértebra desgastada en su parte anterior y ventral, careciendo de las postcigoapófisis y una de las costillas (Figura 51 G y H). Presenta un centro menos opistocélico, siendo más alto que ancho (lo que indica su cercanía con las vértebras torácicas), presentando una superficie anterior muy circular y la parte posterior da lugar a una forma “acorazonada”. Su arco neural es más amplio en su parte anterior que la posterior, la cual es más alta. Sus procesos transversos son muy robustos y gruesos, a comparación con la vértebra cervical vce-2, presentando en su parte dorsal las precigoapófisis levantadas en dirección antero-dorsal, con faceta de articulación plana y más ancha que el proceso transverso; en su parte distal presentan una faceta de articulación en dirección ventral, del cual se une la costilla cervical.

La costilla cervical (Figura 51 G y H) presenta un tubérculo mucho más robusto y largo, de forma triangular antero-posterior. Su capítulo izquierdo de mayor longitud, es robusto y ligeramente comprimido dorso-ventralmente. El extremo distal de la costilla, presenta una forma triangular transversalmente, siendo cóncava en la superficie medial, y de manera lateral formando una quilla longitudinal.



**Figura 50.** Precigoapófisis de vértebra cervical, N3-9, identificado como Hadrosauria *gen. y sp. nov.*



**Figura 51.** Vértabras cervicales del ejemplar N6-B-1 de *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista lateral y B, vista anterior, ax; C, vista lateral y D, vista anterior, vce-1; E, vista lateral y F, vista anterior, vce-2; G, vista lateral y H, vista anterior, vce-3.



## **Región torácica**

### **Vértebra torácica distal, N6-B-1/vt-1.**

La vértebra torácica (Figura 52 A y B) presenta un estado de conservación buena, a excepción de su lado derecho el cual se encuentra un poco desgastado, al igual que la cara anterior del centro, que además se encuentra ligeramente deformada. Presenta un centro amfiplatanado (plano en la parte anterior y cóncavo en la posterior) ligeramente más ancho que largo, con una cara anterior más plana que la posterior, la cual es cóncava. Ambas caras son ligeramente elípticas verticalmente, unidas por una quilla ventral longitudinal de extremo a extremo. Su arco neural es de tamaño mediano, de forma elíptica horizontalmente; a sus lados en la parte dorsal, presenta las parapófisis. Sus precigoapófisis son bajas y ligeramente comprimidas lateralmente, levantadas en dirección antero-dorsal. Sus procesos transversos se encuentran inclinados postero-dorsalmente, con forma triangular transversalmente en toda su longitud, muy anchas de manera antero-posterior, ensanchándose más en la parte más distal. En su parte posterior, encima de los arcos neurales presenta unas concavidades muy amplias y nace un borde inclinado postero-dorsalmente que se bifurca en su extremo y surgen las postcigoapófisis con facetas de articulación ventralmente. Su espina neural se encuentra ligeramente inclinada postero-dorsalmente, fuertemente comprimida lateralmente, conservando un borde anterior redondeado y ancho.

### **Vértebra torácica distal con patología, N6-B-1/vt-2.**

Esta vértebra torácica (Figura 52 C-E) es la mejor preservada, sólo le falta el extremo distal de la espina neural. Presenta un centro amfiplatinado, siendo ligeramente más ancho que largo; la cara anterior y posterior presentan una forma circular, unidas ventralmente por una quilla ventral. Su arco neural es elíptico horizontalmente y de manera lateral dorsal anterior se encuentra las parapófisis. Encima del arco neural anterior, orientados antero-dorsal se encuentran las precigoapófisis, ligeramente comprimidas lateralmente, de bajo tamaño con un borde externo dorsal plano. Encima de la espina neural, en vista posterior, surge un borde que se eleva postero-dorsal, formando las postcigoapófisis con sus facetas de articulación planas ventral lateral. Sus procesos transversos surgen de manera inclinada postero-dorsalmente, presentando una forma triangular transversalmente por toda su longitud, bastante ancha de manera antero-posterior; su extremo distal de ensancha ligeramente. Su espina neural ligeramente inclinada postero-dorsal y comprimida lateralmente, dejando su borde plano anterior. Como caso curioso, presenta el capítulo y el tubérculo de la costilla derecha fusionada a la vértebra debido a una posible neoplasia (el cual se describe en el apartado de patologías).

### **Costilla torácica con patología, N6-B-1/vt-2.**

La costilla torácica (Figura 52 D y E) debida a una posible neoplasia se formó más robusta presentando una morfología ligeramente distinta a las costillas torácicas. Presenta un tubérculo largo, ligeramente comprimido dorso-ventralmente, orientado posteriormente, fusionado en su extremo proximal con el proceso transversos. El capítulo alargado, presenta una ligera compresión antero-posterior, dando una forma rectangular; sin embargo, en la parte posterior, en el extremo proximal se fusiona con el proceso transversos debido a una posible neoplasia y provoca un engrosamiento ventral proximal alargado. A partir del tubérculo surge un borde posterior dorsal que va disminuyendo drásticamente de manera distal. El extremo distal de la costilla incompleta, presenta una forma tubular, ligeramente curvada ventralmente (a diferencia de una costilla normal, que presenta en esa región una compresión lateral).

### **Proceso transverso derecho de vértebra torácica, N6-B-1/ptt-1.**

Este proceso transverso (Figura 52 F) fue descubierta junto a las vértebras torácicas vt-2 (Figura 9). Presenta la morfología de un proceso de vértebra torácica, por presentar la forma triangular transversalmente en toda su longitud y una superficie cóncava anteriormente.

### **Vértebra torácica distal articulada, N6-B-1/vt-3.**

Esta vértebra (Figura 52 G y H) sin proceso transverso izquierdo y espina neural incompleta, se encontraba articulada con la vértebra vt-4 (Figuras 7 y 9). Presenta un centro amfiplatanado, siendo más largo que ancho, presentando la quilla ventral más pronunciada debido a la ligera compresión lateral que sufrió; su faceta de articulación anterior es ligeramente elíptica, comparada con la cara posterior. Su arco neural es circular en las dos caras y de manera lateral, encima del arco se encuentra la parapófisis con una forma más circular que las vértebras anteriores. Las precigoapófisis y las postcigoapófisis se encuentran desgastadas y sólo se aprecia su base. El proceso transverso se hace más angosto en comparación con los procesos de las vértebras anteriores, pero, sigue presentando su inclinación postero-dorsal. La base de la espina neural se alarga posteriormente y sufre una compresión lateral mayor, presentado su inclinación postero-dorsal.

### **Vértebra torácica distal articulada, N6-B-1/vt-4.**

Esta vértebra torácica (Figura 52 I e J) estaba articulada con la vértebra vt-3. Presenta una deformación lateral más marcada, desgastada en la superficie lateral izquierda y en la cara anterior. Carece de la espina neural. Presenta un centro amfiplatanado como las anteriores, siendo más largo que ancho, presentando la quilla ventral más pronunciada debido a la compresión lateral que sufrió. Presenta un arco neural elíptico verticalmente (deformado), de manera lateral dorsal presenta la parapófisis circular. Se observa la base de una de las precigoapófisis la cual está muy fracturada. Carece de las postcigoapófisis. Al parecer la espina neural presentaba la misma morfología que la vértebra vt-3.

### **Espina neural de vértebra torácica distal, N6-B-1/ent-1.**

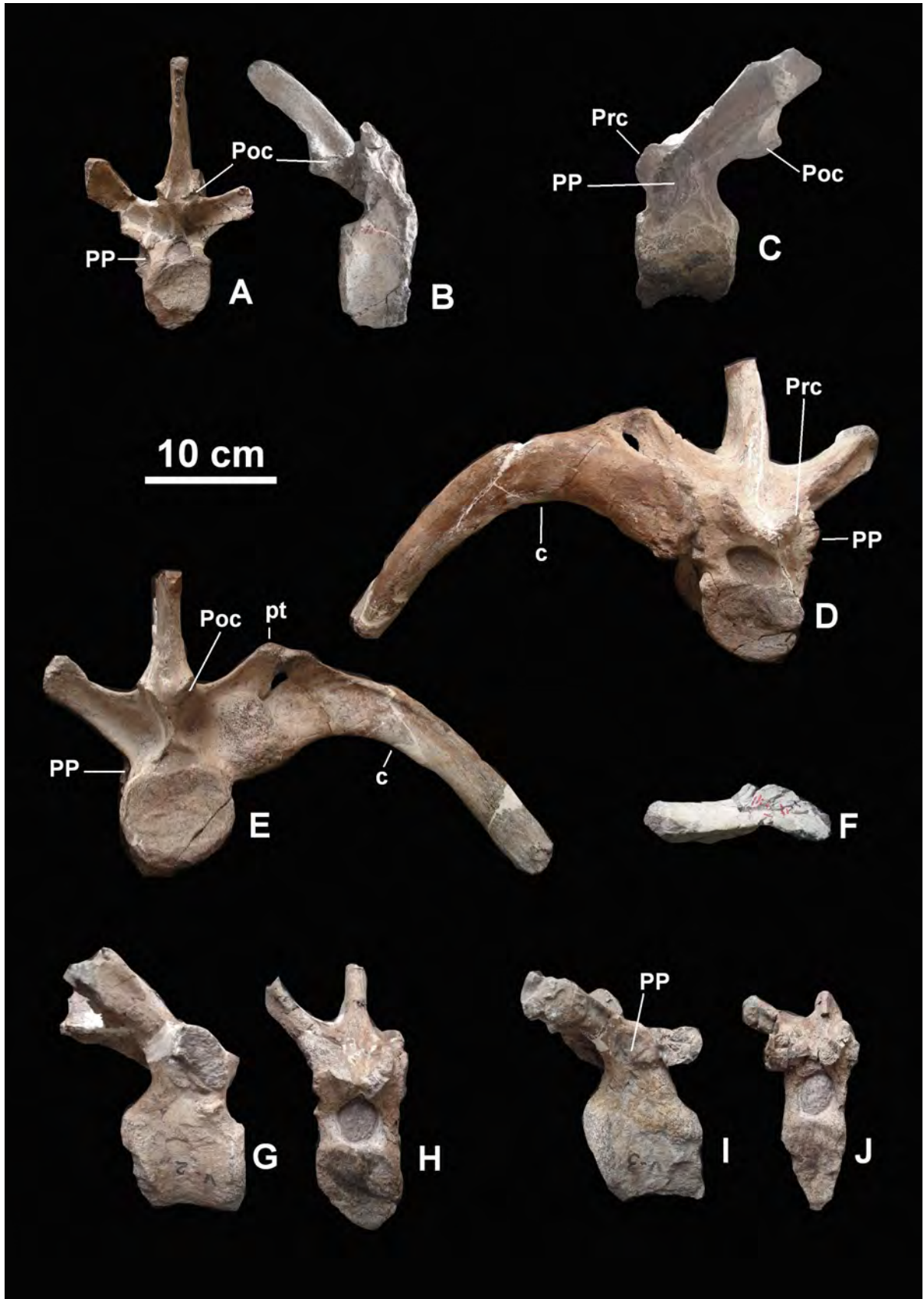
La espina neural torácica distal (Figura 53 A) está incompleta proximalmente y con un fragmento de hueso incrustado en la parte lateral distal (Figura 41 A). Se encuentra fuertemente comprimida lateralmente e inclinada postero-dorsal. Su borde posterior es quillado y la anterior es plana.

### **Espina neural de vértebra torácica distal, N6-B-1/ent-2.**

La espina neural torácica distal (Figura 53 B) está desgastada en la parte proximal y posteriormente. Esta fuertemente comprimida lateralmente y presenta una ligera curvatura postero-dorsal.

### **Espina neural de vértebra torácica proximal, N6-B-1/ent-3.**

Esta espina neural torácica proximal (Figura 53 C) presenta la base proximal incompleta, su cuerpo es muy robusto y ligeramente comprimido lateralmente, con borde anterior plano y posterior quillado. El eje de la espina es de ángulo recto verticalmente.



**Figura 52.** Vértabras torácicas distales del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista posterior y B, vista lateral, vt-1; C, vista lateral, D, vista anterior y E, vista posterior, vt-2; F, vista anterior, ptt-1; G, vista lateral y H, vista anterior, vt-3; I, vista latera y J, vista anterior, vt-4.



**Figura 53.** Espinas neurales torácicas del ejemplar N6-B-1 identificado como Hadrosauria *gen. y sp. nov.*: A, vista lateral, ent-1; B, vista lateral, ent-2; C, vista lateral, ent-3.

#### **Vértebra torácica proximal con patología, N6-B-1/vt-5.**

Vértebra incompleta en la parte dorsal anterior del arco neural (Figura 54 A y B). Presenta un centro amfiplatanado, siendo ligeramente más larga que ancha; su cara anterior presentan una forma circular y elíptica verticalmente en su cara posterior, unidas por una quilla ventral no tan marcada como las anteriores. Su arco neural es circular y de manera lateral presenta una superficie plana sin parapófisis visible. En el borde anterior surgen unos procesos anteriores, que son la base de las precigoapófisis. Se observan la base de las postcigoapófisis ligeramente inclinadas postero-dorsalmente. No presenta parapófisis. El proceso transversal es recto horizontalmente, pero ligeramente inclinado a la parte posterior; presenta la forma triangular transversalmente en toda su longitud, pero en la parte media se hace más angosta. Presenta la base de una espina neural normal y otra que se formó de manera lateral. La espina normal, con la base preservada, presenta un ángulo recto verticalmente, siendo muy ancha posteriormente y con bordes redondeados en la parte anterior. La espina patológica se inclina lateralmente y postero-dorsalmente, presentando un borde anterior plano y posterior quillado. Su borde distal es redondeado.

#### **Vértebra torácica proximal, N6-B-1/vt-6.**

Vértebra incompleta en toda la cara anterior (excepto la espina neural) y ligeramente deformada lateralmente en el centro vertebral (Figura 54 C y D). Presenta un centro amfiplatanado, siendo ligeramente más ancho que largo, con una quilla ventral que une las dos caras elípticas verticalmente. Presenta un arco neural ligeramente elíptico verticalmente en vista anterior y posteriormente circular; su superficie lateral se encuentra incompleta, pero posiblemente no presentaba parapófisis como la vértebra descrita anteriormente. Los procesos transversales se encuentran perpendicularmente a la espina neural, formando un eje recto lateralmente y de corta longitud. La base de las postcigoapófisis se presenta ligeramente inclinada postero-dorsalmente. El borde anterior de la espina neural es

completamente recto y plano; en cambio el borde posterior quillado presenta una ligera curvatura en dirección anterior, provocando una ligera inclinación posterior.

#### **Espina neural de vértebra torácica proximal, N6-B-1/ent-4.**

La espina neural torácica (Figura 53 E) se encuentra fuertemente inclinadas anteriormente (deformada durante la diagénesis), cortada y un poco deformada lateralmente por una pequeña falla (probablemente posterior a la diagénesis; Figura 7) y desgastada en su borde anterior y posterior. Esto nos habla de un proceso de enterramiento complejo y diferencial. En su base, en la parte posterior se conservaron parte del origen de las postcigoapófisis como bordes redondeados. De manera lateral, se observa la unión con los procesos transversos. Carece de las precigoapófisis. En la parte anterior proximal se observa un borde quillado que a medida que avanza distalmente y de manera vertical, da paso a un borde plano. Se encuentra completa su superficie distal, la cual es bastante ancha (a diferencia de las demás).

#### **Vértebra torácica proximal sin espina neural, N6-B-1/vt-7.**

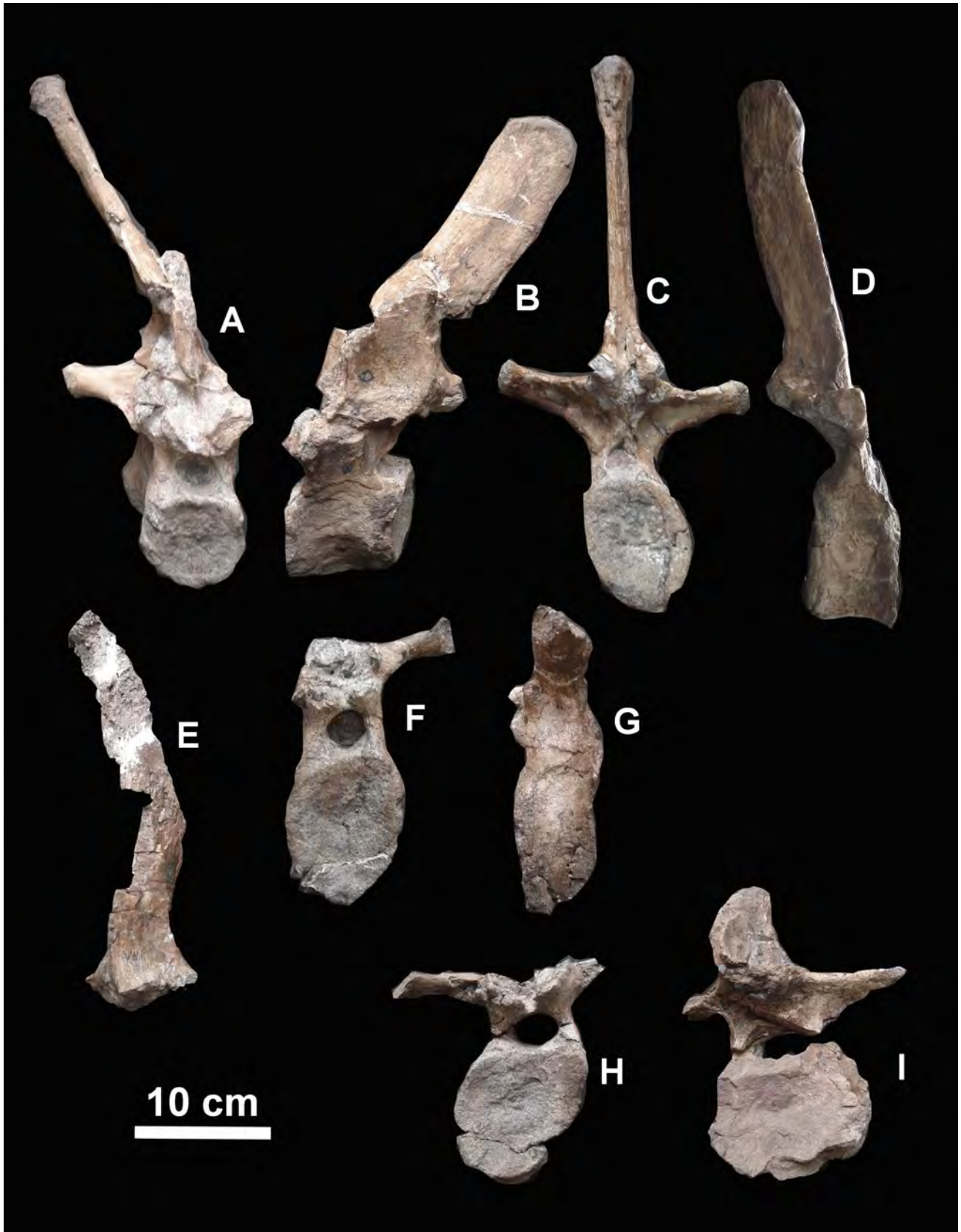
Esta vértebra torácica (Figura 53 H) presenta una deformación lateral del arco y del centro vertebral respectivamente de manera convergente y presenta una superficie dorsal del arco neural completamente desgastado al igual que la cara posterior del centro vertebral. Presenta un centro amfiplatanado; su centro es más ancho que largo, siendo más alto que las anteriores vértebras; su quilla ventral se encuentra poco desarrollada. Su arco neural es grande y de forma elíptica horizontalmente y su superficie lateral es plana. Su proceso transversal es recto, presentando una forma elíptica horizontal transversalmente en toda su longitud. Se alcanza apreciar la base de las precigoapófisis, en dirección antero-dorsal.

#### **Vértebra torácica proximal sin espina neural, N6-B-1/vt-8.**

Esta vértebra torácica (Figura 53 F y G) esta desgastada en su parte posterior y ligeramente en su parte lateral derecha, faltando el proceso transversal. Presenta un centro amfiplatanado (ligeramente cóncavo en su cara anterior) de forma elíptica verticalmente; su centro es más ancho que largo y alta como la anterior; en su parte ventral se observa el inicio de la quilla ventral de manera anterior; su arco neural es muy amplio, de forma circular y con superficies planas lateralmente; su proceso transversal izquierdo es recto con forma elíptica horizontal transversalmente en toda su longitud. Como la anterior se observa la base de las precigoapófisis en dirección antero-dorsal.

#### **Vértebra torácica proximal, N6-B-1/vt-9.**

Esta vértebra torácica (Figura 53 I) está deformada lateralmente debido a una pequeña falla (Figura 7) y ligeramente comprimida antero-posteriormente perdiéndose la base de las cigoapófisis. Presenta un centro amfiplatanado, siendo más ancha que larga y alta; presenta la quilla ventral muy marcada debido a la deformación. Su arco neural es grande y elíptico de manera horizontalmente; lateralmente presenta una superficie plana. Sus procesos transversos son perpendiculares y rectos a la espina neural, comprimidos dorso-ventralmente. La base de la espina neural es muy ancha y fuertemente comprimida lateralmente, presentando un borde posterior recto verticalmente. Su parte anterior se encuentra muy deformada.



**Figura 54.** Vértebras torácicas proximales del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista anterior y B, vista lateral, vt-5; C, vista posterior y D, vista lateral, vt-6; E, vista lateral, ent-4; F, vista anterior y G, vista lateral, vt-8; H, vista anterior, vt-7; I, vista posterior, vt-9.

**Costilla torácica izquierda, N6-B-1/c-1.**

Este fragmento del cuerpo central de la costilla (Figura 55 A) presentar un engrosamiento en el extremo proximal y una compresión lateral en la parte distal.

**Fragmento de capítulo de costilla torácica izquierda, N6-B-1/c-2.**

Este fragmento de capítulo (Figura 55 B) presenta los extremos erosionados tanto distal como proximal, pero conserva la forma rectangular y comprimida antero-posteriormente y el borde anterior longitudinal (con lo cual se determinó su orientación).

**Costilla torácica izquierda, N6-B-1/c-3.**

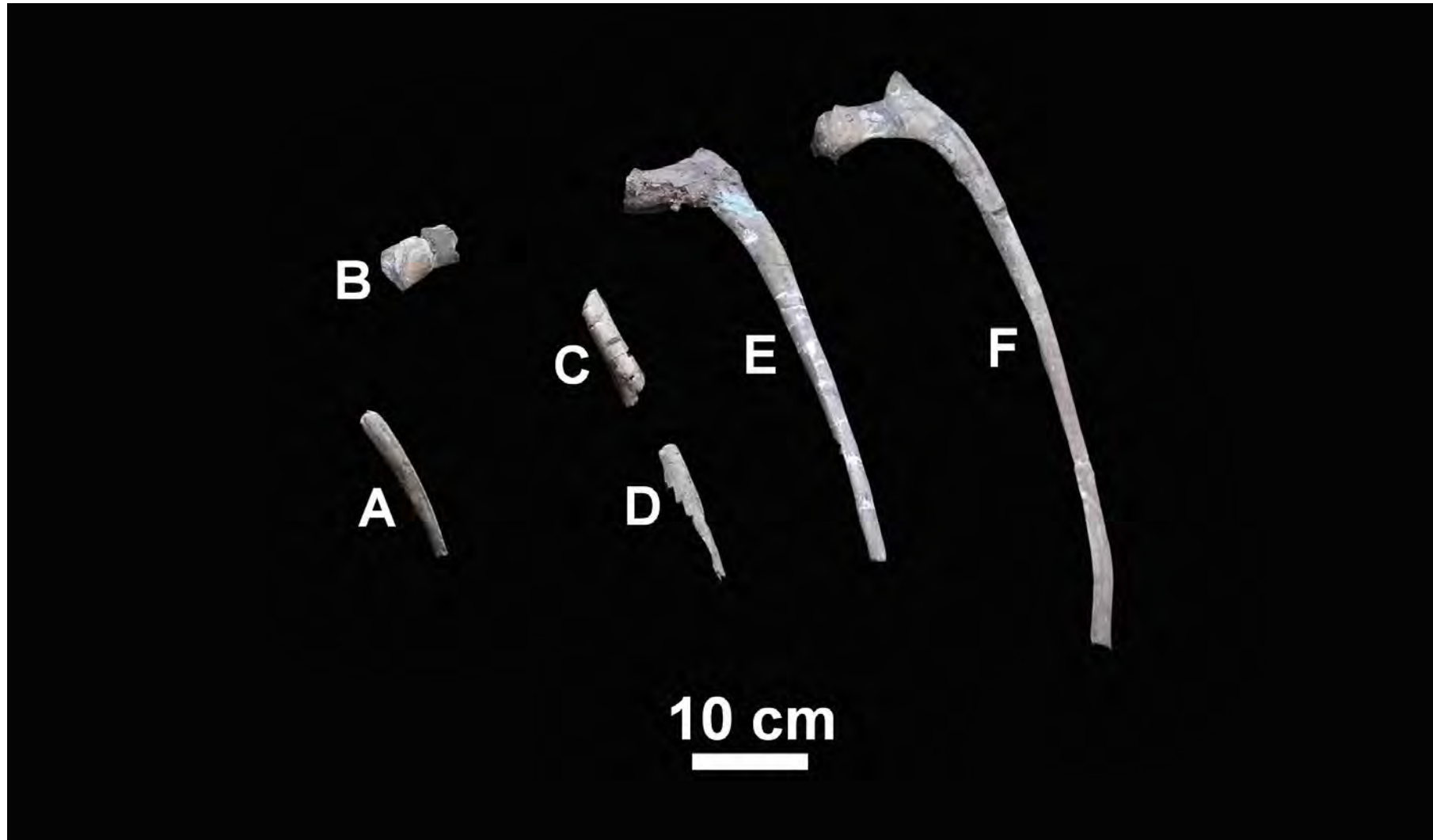
Estos fragmentos de costilla (Figura 55 C y D) fueron descubiertas encima de una impresión de costilla muy larga (Figura 9). El fragmento, c-3 I pertenece a la parte proximal de la costilla, presentando la forma triangular transversalmente y el fragmento, c-3 II es la parte del extremo distal por esta comprimido lateralmente.

**Costilla torácica izquierda, N6-B-1/c-4.**

La costilla (Figura 55 E) presenta un tubérculo erosionado, al igual que el extremo proximal del capítulo. Presenta la misma morfología anteriormente descrita. Su diferencia radica en que el cuerpo de la costilla es recto.

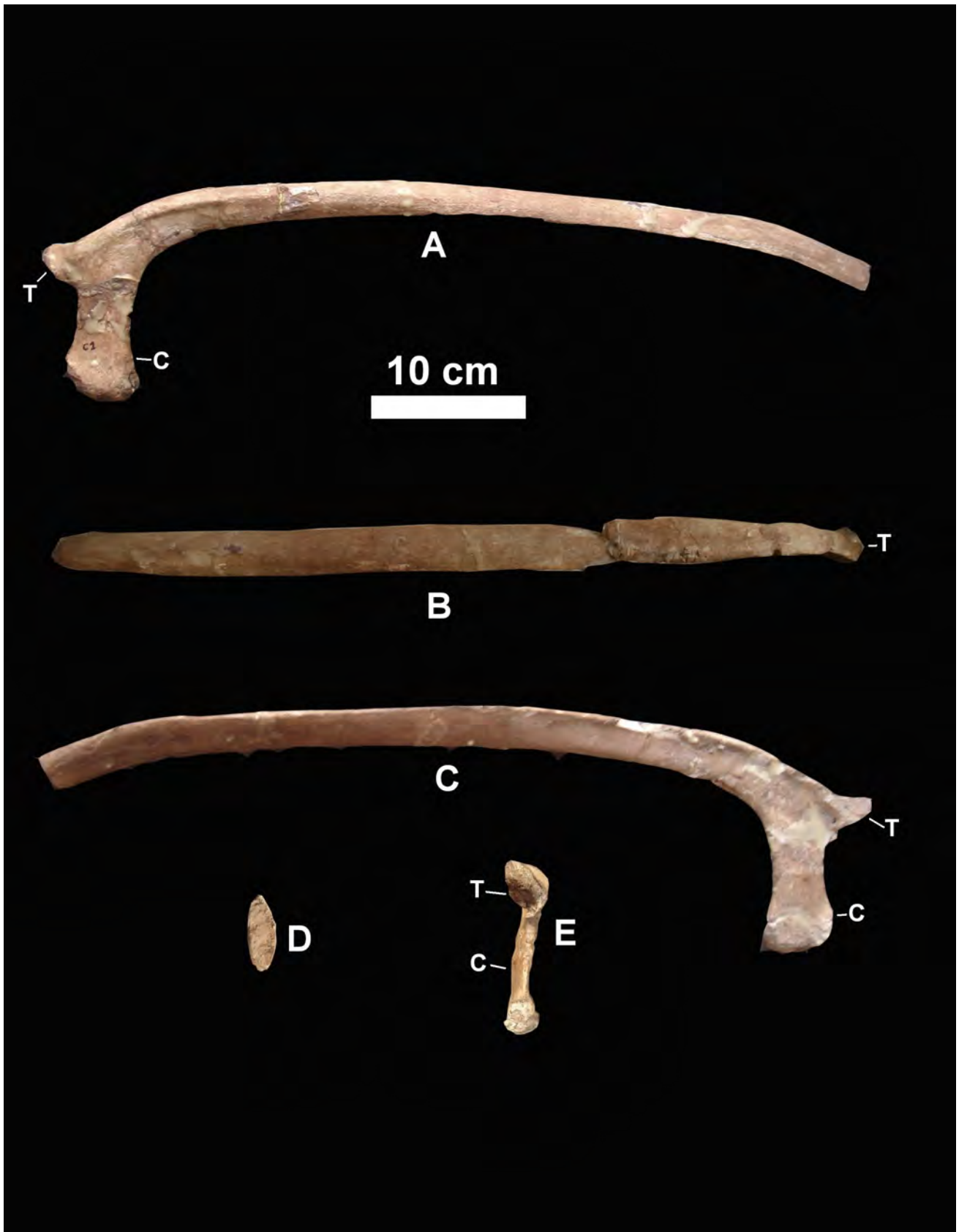
**Costilla torácica izquierda, N6-B-1/c-5.**

La costilla (Figura 55 F; Figura 56) presenta un tubérculo corto con forma elíptica de manera transversal y un tubérculo alargado comprimido antero-posteriormente con forma de rectángulo, en su base proximal anterior presenta un borde longitudinal. El cuerpo proximal de la costilla es triangular transversalmente y en su parte distal se comprime lateralmente. Su borde posterior dorsal surge del tubérculo y recorre todo lo largo de la costilla. Se encuentra ligeramente curvado a la parte medial.



**Figura 55.** Costillas izquierdas del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista anterior, c-1; B, vista anterior, c-2; C, c-3 I y D, c-3 II, vista anterior; E, vista anterior, c-4; F, vista anterior, c-5.





**Figura 56.** Costilla izquierda, c-5, del ejemplar N6-B-1 identificado como Hadrosauria *gen. y sp. nov.*: A, vista anterior, B, vista lateral, C, vista posterior, D, vista distal y E, vista proximal.

**Costilla torácica derecha, N6-B-1/c-6.**

Este fragmento de costilla (Figura 57 A) se encuentra engrosado en su extremo proximal con forma triangular transversalmente y su extremo distal comprimido lateralmente.

**Costilla torácica derecha, N6-B-1/c-7.**

Es una de las costillas más completas (Figura 57 B-D), sin embargo, se encuentra fragmentada en 3 pedazos.

El fragmento, c-7 I presenta en su porción proximal la forma triangular transversalmente, pero gran parte de ella presenta una compresión lateral, presentando en su extremo distal una forma espatulada lateralmente, de la cual se unían los cartílagos hacia las placas esternales. La porción c-7 II presenta una superficie posterior desgastada, pero se puede apreciar la forma triangular transversalmente típica de un extremo proximal. Por último, el fragmento c-7 III, posee el tubérculo desgastado y un capítulo muy alargado e inclinado medialmente, comprimido antero-posteriormente mostrando una forma casi rectangular y con su borde anterior en el extremo proximal.

**Costilla torácica derecha con patología, N6-B-1/c-8.**

Esta costilla (Figura 57 E) presenta la misma morfología que la costilla torácica c-5. Difiere en presentar un tubérculo más largo y recto. Encima de él se formó un tubérculo nuevo. Presenta una curvatura medial pronunciada distalmente.

**Costilla torácica derecha, N6-B-1/c-9.**

Estos fragmentos (Figura 57 F-I) a pesar de no encontrar una conexión clara entre ellos, principalmente con su extremo proximal, se cree que pertenecen a la misma costilla debido a su disposición espacial muy cercana entre ellas (Figura 9, cerca de dos vértebras cervicales). Los fragmentos c-9 I y c-9 II presentan la compresión lateral típica del extremo distal. La parte c-9 III presenta un extremo distal comprimido lateralmente y un proximal con forma triangular transversalmente, correspondiendo al cuerpo de la costilla. La parte c-9 IV que al parecer se desprendió del cuerpo de la costilla, presenta un tubérculo largo y delgado, de forma triangular transversalmente. El capítulo es grande y grueso, comprimido antero-posteriormente, presentando su forma rectangular y en el extremo proximal, su borde anterior. La parte distal se encuentra muy deformada y fracturada.

**Costilla torácica derecha, N6-B-1/c-10.**

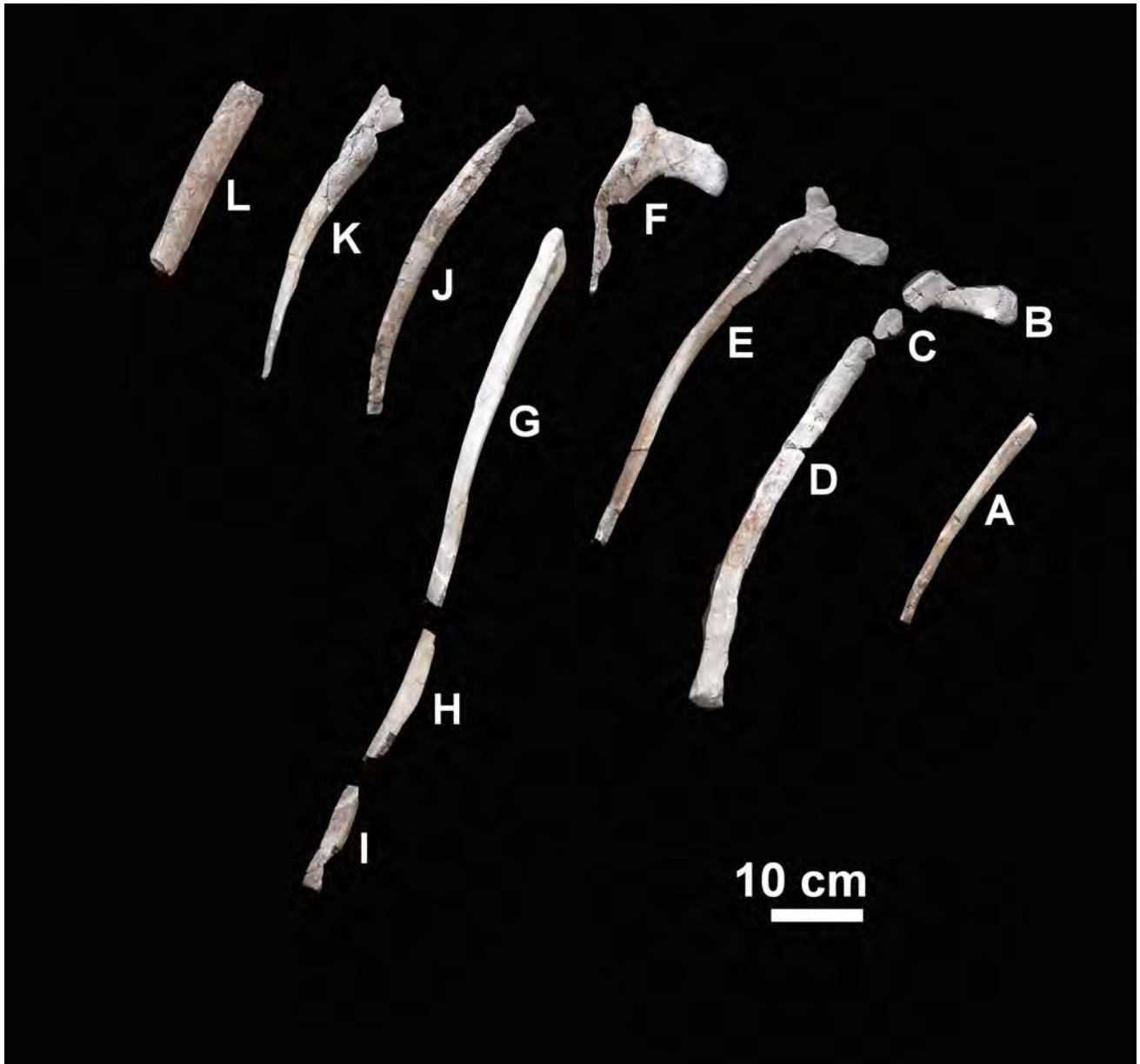
La costilla (Figura 57 J) se observa incompleta en su parte medial, faltándole el capítulo y parte del extremo distal. El tubérculo es grueso y largo, presentando una forma triangular transversalmente; a partir de él nace el borde posterior dorsal que recorre toda la longitud de la costilla. Su parte proximal y distal presentan la morfología descrita en las otras costillas.

**Costilla torácica derecha con patología, N6-B-1/c-11.**

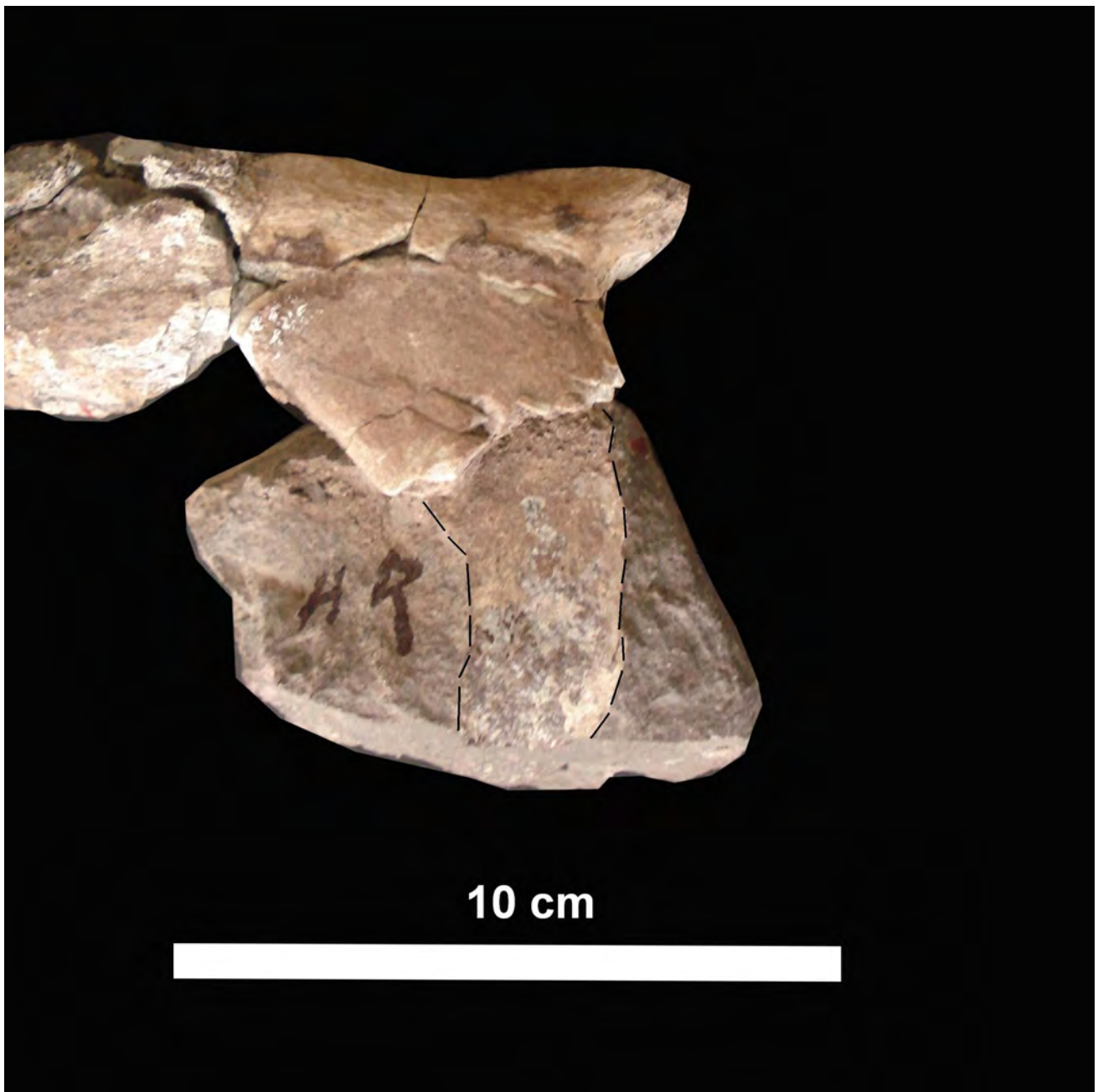
Esta costilla (Figura 57 K) fue descubierta debajo de la vértebra torácica con la neoplasia vt-2 (Figura 9). Del capítulo sólo se encontró una impresión (Figura 58), el cual indica que era largo y el tubérculo era muy corto. En el cuerpo proximal de la costilla presenta de manera incipiente la forma triangular de manera transversal y a continuación se forma un engrosamiento un poco deforme. A medida que recorremos su extremo distal vuelve a su forma original (comprimido lateralmente).

**Costilla torácica derecha, N6-B-1/c-12.**

Este fragmento distal de una costilla (Figura 57 L) presenta una compresión lateral.



**Figura 57.** Costillas derechas del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria* *gen. y sp. nov.*: A, vista anterior, c-6; B, c-7 I, C, c-7 II y D, c-7 III en vista anterior; E, vista anterior, c-8; F, c-9 I, G, c-9 II, H, c-9 III, I, c-9 IV, en vista anterior; J, vista dorsal, c-10; K, vista anterior, c-11; L, vista lateral, c-12.



**Figura 58.** Impresión del capítulo de la costilla derecha, c-11, del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*

## **Región sacra**

### **Espinas neurales del sacro articuladas y con patologías, N6-B-1/ens-1-8.**

Esta serie de espinas neurales del sacro se descubrieron articulados del 1-8 (Figuras 59 y 60 A), encima de la cintura pélvica (Bennami com. pers. 2008). Son espinas neurales muy altas comprimidas fuertemente de manera lateral con sus extremos distales completos. Su extremo anterior es ligeramente redondeado y el posterior quillado. Las espinas neurales anteriores presentan una orientación vertical y rectas, pero, a partir de la espina 3 comienzan a desplazarse de manera postero-dorsal. Debido a una pequeña falla, se fracturaron a la mitad y los extremos proximales de las espinas 4-8 se desgastaron (Figura 8). Las espinas neurales ens-2-4 presentan unas depresiones anómalas (condición que será descrita con detalle en el apartado de patologías) y la espina neural ens-6 fue fracturada durante la diagénesis, lo que provocó que parte de su cuerpo medio se desplazara a la parte posterior, traslapándose con la siguiente espina neural. La espina neural ens- 8, se encontró muy desgastada de manera lateral.

### **Procesos transversos del sacro articulados de la parte inferior, N6-B-1/pts-1.**

Estos procesos trasnversos de la parte inferior (Figuras 59 y 60 B) presentan en vista lateral forma de gota invertida, presentando la parte dorsal una compresión antero-dorsal que se extendía de manera vertical y horizontal (hacia la parte medial), donde se ensanchaba. En vista ventral presentan un borde redondeado que une el extremo medial con el lateral. La cara medial es una superficie ancha y comprimida lateralmente.

### **Procesos transversos del sacro articulados de la parte superior, N6-B-1/pts-3.**

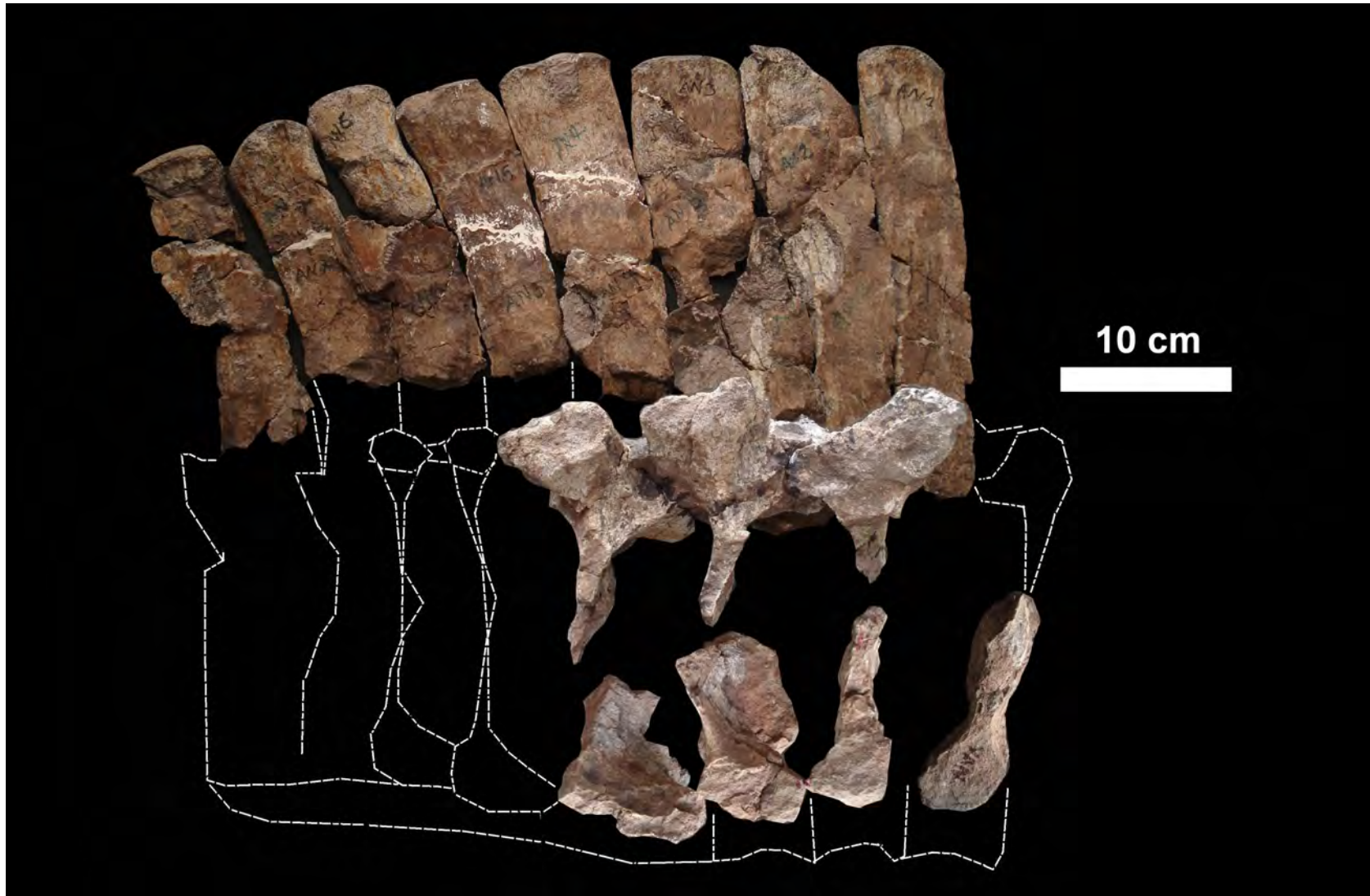
Estos procesos (Figuras 59 y 60 C) son mucho más desarrollados que los pts-1 y pts-2, por lo cual se deduce que son de la parte superior. Presentan unas proyecciones laterales muy gruesas, comprimidas dorso-ventralmente, que surgen de la región dorsal de una base con forma de gota invertida. Su parte ventral es poco comprimida antero-posteriormente. Su parte medial se encuentra muy erosionada.

### **Proceso transverso del sacro de la parte inferior, N6-B-1/pts-2.**

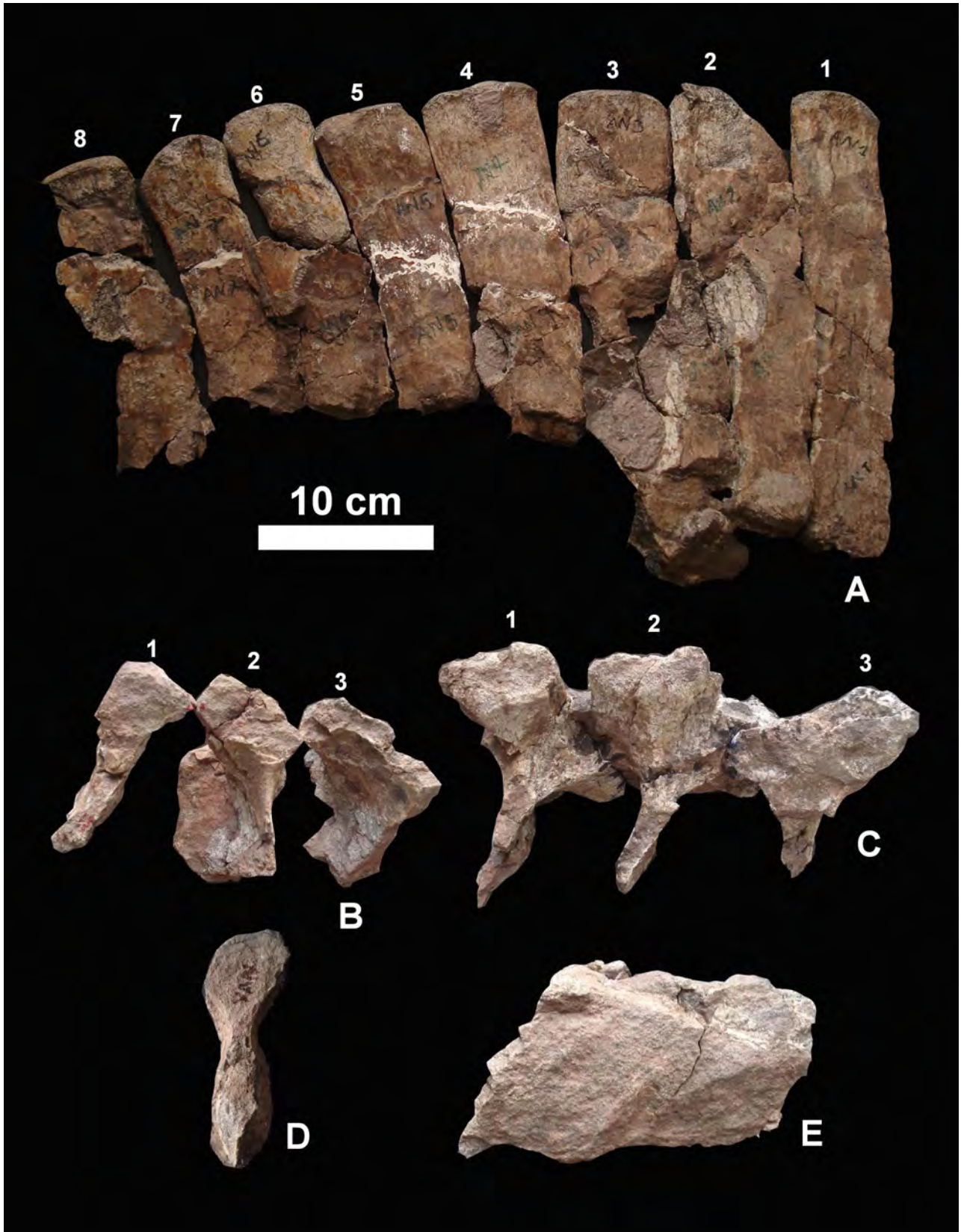
Es un fragmento de la parte lateral de un proceso trasnverso del sacro de la parte inferior (Figuras 59 y 60 D), presenta forma de gota invertida, con una compresión ventral antero-posterior poco marcada y en su superficie medial se ensancha.

### **Hueso del sacro sin identificar, N6-B-1/s.**

El fragmento (Figura 60 E), por su naturaleza no se puede determinar a que parte del sacro pertenece, pero como se encontró cerca de los huesos del sacro se asocia a ellos. Tiene un extremo más ancho que el extremo opuesto más comprimido “lateralmente” que se extiende al borde “ventral”. En su parte “lateral” presenta una superficie plana y en el “dorso” surge un pequeño surco vertical orientado “ventralmente”.



**Figura 59.** Reconstrucción del sacro del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp.nov.*



**Figura 60.** Elementos del sacro del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista lateral derecha de la serie de procesos transversos del sacro, ens 1-8; B, vista lateral de procesos transversos inferiores, pts-1; C, vista lateral de procesos transversos superiores, pts-3; D, vista lateral del proceso transverso inferior, pts-2; E, elemento del sacro sin identificar, s.

## **Región caudal**

### **Proceso transverso de vértebra caudal proximal, N6-B-1/ptc-1.**

Este proceso transverso conserva únicamente la superficie posterior (Figura 61 A), ya que la anterior estaba incompleta. El arco neural tiene forma de media luna con la superficie recta ventralmente. En la parte dorsal nacen las postcigoapófisis orientadas de manera posterior, con las superficies de articulación ventralmente. El proceso transverso es plano antero-posteriormente y muy corta.

### **Espina neural y precigoapófisis de vértebra caudal proximal, N6-B-1/enc-1.**

Esta espina neural (Figura 61 B y C) fue descubierta con la impresión anterior de la base de la espina neural en la matriz (no ilustrada), la cual se tomó como base para el cálculo de la altura total de la espina neural. La espina neural es muy gruesa y alta, con una superficie anterior plana y la posterior quillada que recorre todo el borde. Las precigoapófisis eran altas antero-dorsalmente.

### **Centro de vértebra caudal proximal, N6-B-1/vc-1.**

Este centro vertebral caudal (Figura 61 D y E) se encontró con la parte posterior, dorsal y lateral desgastada. Presenta un arco neural pequeño en forma de media luna con la superficie recta ventralmente. El centro vertebral es platicélico, con ambas caras ligeramente cóncavas, con forma elíptica; el centro es mucho más ancho que largo y mucho más alto. Se observan las bases de los procesos transversos que surgen de la parte central lateral del centro vertebral. No presenta la quilla ventral en el centro vertebral.

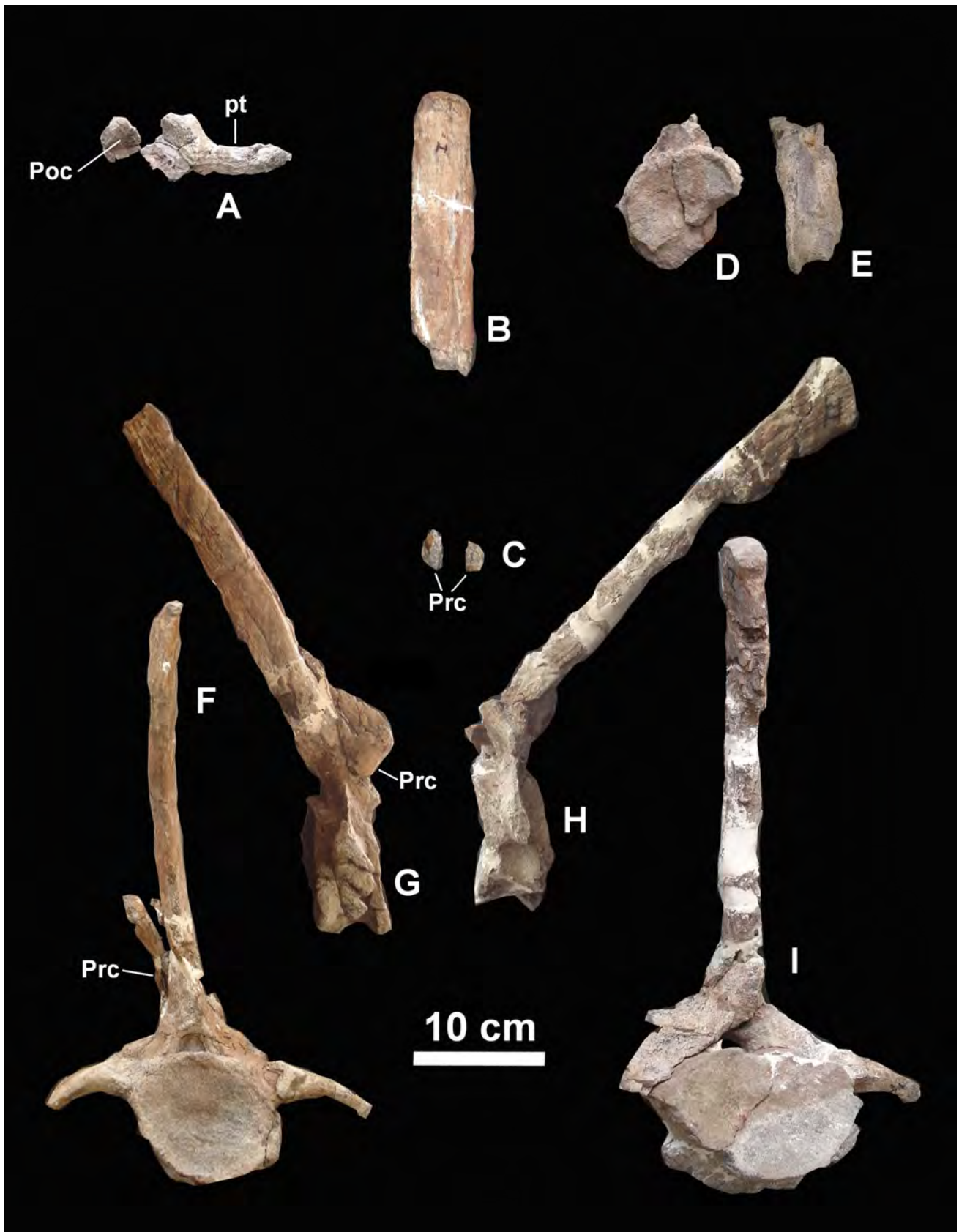
### **Vértebra caudal proximal con patología, N6-B-1/vc-2.**

Es la vértebra caudal más completa (Figura 61 F y G) excepto por la falta del extremo distal de un proceso transverso y del extremo dorsal de la espina neural. Presenta un centro platicélico, más ancha que larga y muy alta; su cara anterior y posterior presentan una forma circular; no presenta la quilla ventral. Su arco neural es pequeño y presenta una forma ligeramente elíptica horizontalmente; de manera lateral presenta un borde dorsal quillado comprimido antero-posteriormente, el cual da origen a los procesos transversos; su parte proximal de los procesos transversos presenta una forma triangular transversalmente, con un borde ventral plano, pero, en sus extremos distales sufre una torsión anterior y se comprime dorso-ventralmente. Las precigoapófisis se inclinan de manera antero-dorsalmente y se comprimen lateralmente. La precigoapófisis izquierda presenta una patología (la cual se describe a detalle en el apartado correspondiente). La espina neural es angosta y muy robusta, presentando una superficie plana anteriormente y un borde posterior quillado; se encuentra ligeramente inclinada postero-dorsal. Su espina neural es muy alta teniendo una relación con el centro de 1:3.5

### **Vértebra caudal proximal, N6-B-1/vc-3.**



Esta vértebra (Figura 61 H e I) presenta una espina neural completa, desde su base hasta el extremo distal, carece de las precigapófisis, de un proceso transversal y de la superficie posterior de la espina neural. Presenta un centro platicélico, más ancha que larga y muy alta; su cara anterior y posterior presentan una forma circular; no presenta la quilla ventral. Su arco neural es pequeño y presenta una forma ligeramente elíptica horizontalmente, en su parte superior presenta una superficie anterior desgastada; de manera lateral presenta un borde dorsal quillado comprimido antero-posteriormente, el cual da origen a los procesos transversos. Los procesos transversos, en su parte proximal presentan una forma triangular transversalmente, con un borde ventral plano, pero en sus extremos distales sufre una torsión anterior y se comprime dorso-ventralmente. La espina neural es alta presentando una relación 1:4 respecto al centro vertebral, siendo angosta y robusta, con una superficie anterior plana; su superficie del extremo distal es redondeado, presentando una forma de “hacha” lateralmente.

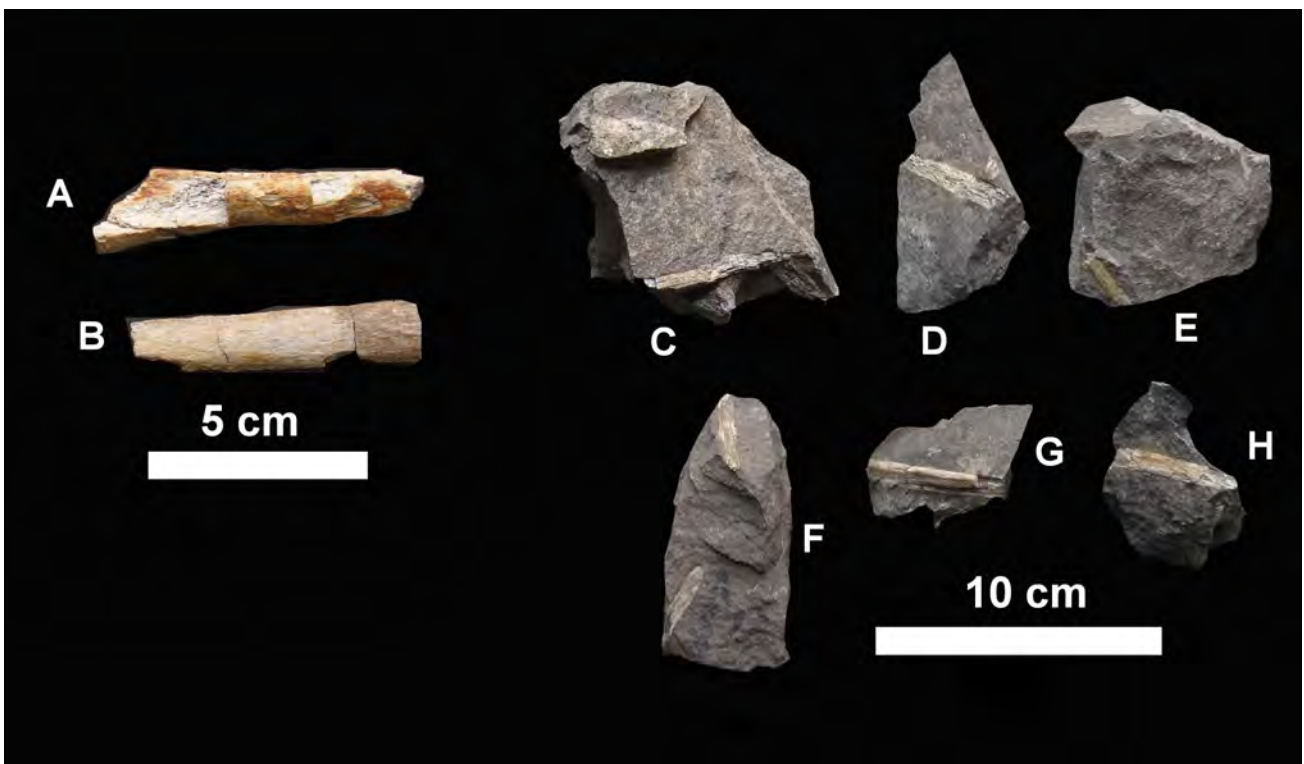


**Figura 61.** Vértebras caudales del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista posterior, ptc-1; B, vista lateral y C, vista anterior, enc-1; D, vista anterior y E, vista lateral, vc-1; F, vista posterior y G, vista lateral, vc-2; H, vista lateral e I, vista posterior, vc-3.

### Tendones óseos, N6-B-1/t-1-7.

Alrededor de la cadera pélvica y de las vértebras se encontraron múltiples tendones osificados (Figura 62) fragmentados y muy comprimidos lateralmente, por tal motivo no fueron liberados de su matriz (Figura 62 C-H). Sin embargo, sólo t-1 y t-2 se encontraron en mejores condiciones.

El tendón, t-1 se encuentra comprimido lateralmente, presentado una quilla longitudinal en su borde ventral. De manera transversal tiene una forma elíptica verticalmente. El tendón, t-2 es una pieza más robusta y con forma cilíndrica transversalmente. Uno de sus extremos se encuentra desgastado lateralmente.



**Figura 62.** Tendones óseos del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, t-1; B, t-2; C, t-3; D, t-4; E, t-5; F, t-6; G, t-7; H, t-8.

## Elementos apendiculares

### **Ilión derecho, N6-B-1/il-1.**

Ilión con una preservación excelente (Figuras 63 y 64), se encontró debajo de la vértebra caudal vc-2 (Figuras 9).

El proceso preacetabular es ligeramente alargado y comprimido lateralmente, el cual se flexiona fuertemente en dirección ventral con un ángulo de  $126^\circ$ ; en su borde ventral proximal es redondeado, pero en su parte distal se quilla; su parte distal sería más alta que la proximal (denotada por una superficie que sobresale ventralmente cerca del extremo distal).

El borde medial del sacro presenta una posición muy dorsal respecto al cuerpo del ilión, el cual se origina desde la altura del pedúnculo isquial y se engrosa a nivel del acetábulo, sin llegar al extremo distal.

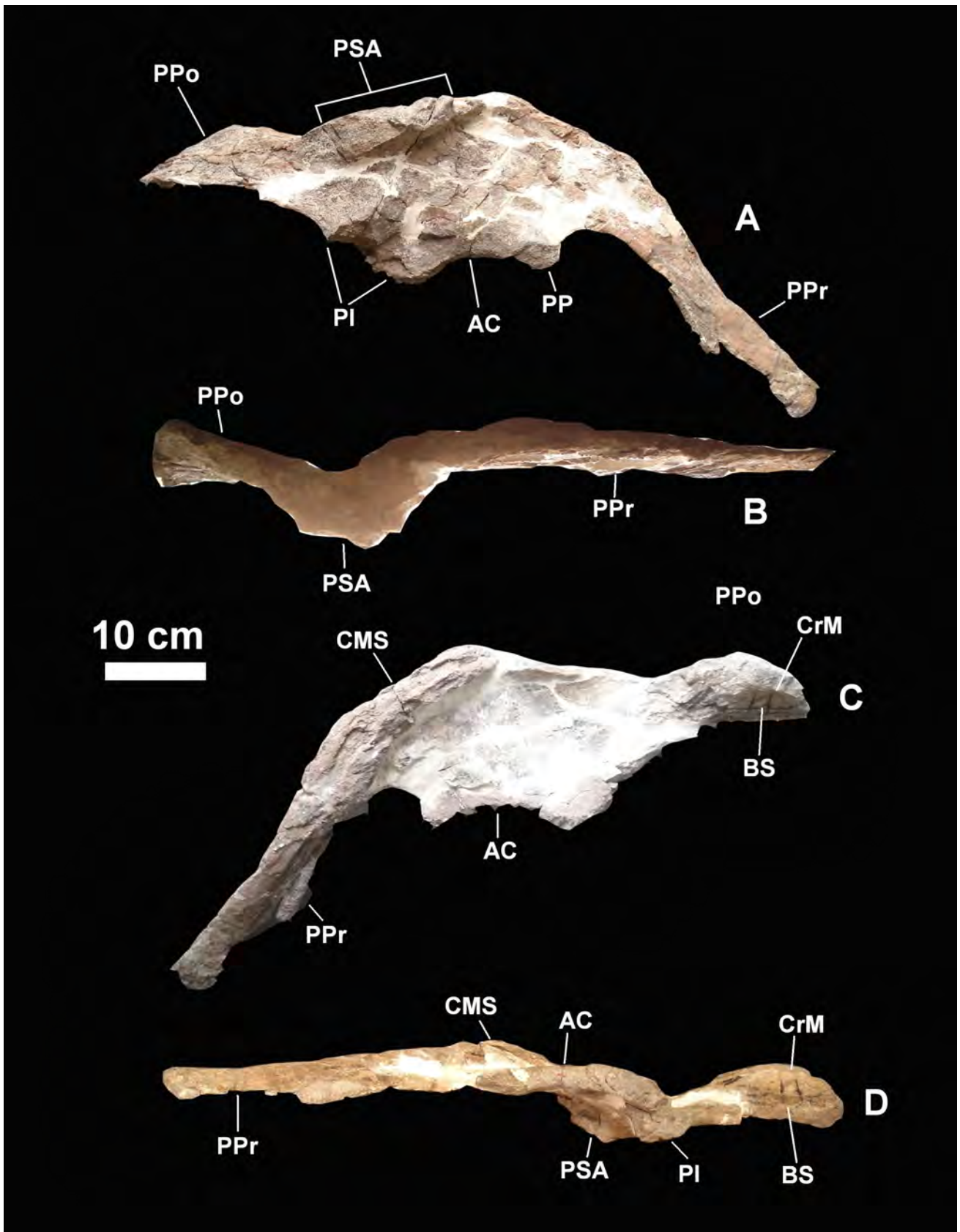
El cuerpo central del ilión se encuentra comprimida lateralmente, siendo más delgada la base del proceso preacetabular. En su región ventral el acetábulo es muy corto y el pedúnculo púbico incompleto ventralmente también es corto; el pedúnculo isquial se encuentra formado por dos salientes laterales robustas de similar tamaño, uno ubicado en el borde ventral y el otro en el borde posterior (el cual se encuentra incompleto). Presenta una depresión cóncava en donde termina el borde posterior del proceso supraacetabular.

El proceso supraacetabular se encuentra muy desarrollado de manera lateral, tomando forma de triángulo con punta roma de manera dorsal. La punta ventral se encuentra a nivel de la saliente posterior del pedúnculo isquial, poco desarrollado. Presenta una mayor expansión antero-posteriormente que ventralmente, careciendo de simetría respecto a la punta ventral. Su margen latero-ventral es ligeramente arqueado. Presenta un márgen postero-dorsal muy robusto.

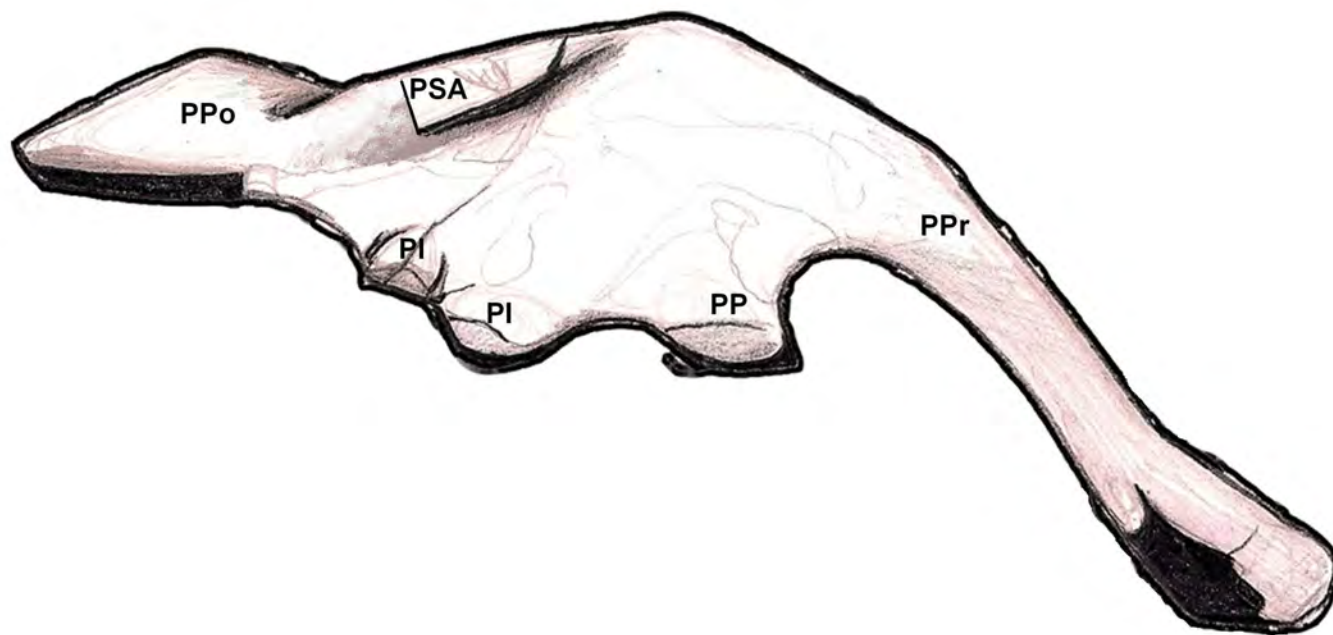
El proceso postacetabular el cual se encuentra diferenciado del cuerpo del ilión gracias a una constricción en el extremo proximal. Es ligeramente alargado respecto a la longitud del cuerpo central y ligeramente alzado. De manera lateral presenta una forma triangular. Sufre una torsión medial en la parte dorsal y lateral en la parte ventral en la mitad de toda su longitud. Esto da lugar a un *brevis shelf* (saliente breve o corta) latero-ventral ubicado en la región posterior y en la parte posterior presenta una ligera expansión lateral del borde ventral. La cresta medial del postacetabular se encuentra bien desarrollada y presenta una forma arqueada.

### **Ilión izquierdo incompleto, N6-B-1/il-2.**

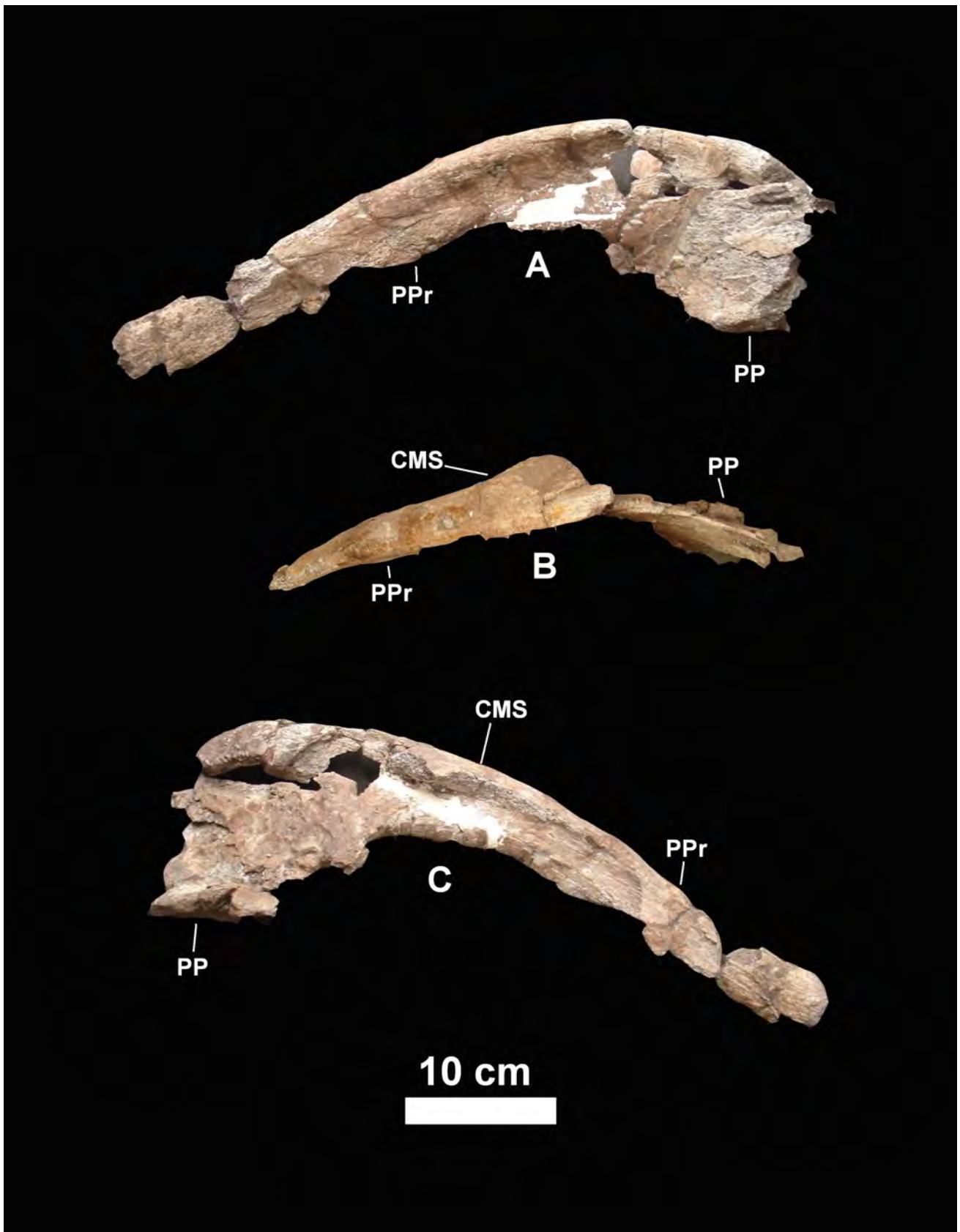
Este ilión izquierdo (Figura 65) presenta el proceso preacetabular largo y comprimido lateralmente, presentando una superficie desgastada en su borde ventral (donde iría un borde quillado muy frágil). Presenta un borde medial del sacro ubicado dorsalmente respecto al cuerpo central longitudinal incompleto en su parte ventral. Su parte ventral conserva el pedúnculo púbico corto, con una superficie ventral con forma triangular.



**Figura 63.** Ilión derecho, N6-B-1/il-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista lateral, B, vista dorsal, C, vista medial y D, vista ventral.



**Figura 64.** Reconstrucción del ilión derecho, N6-B-1/il-1 identificado como Hadrosauria *gen. y sp. nov.* Las zonas negras indican las partes faltantes.



**Figura 65.** Ilión izquierdo, N6-B-1/il-2, identificado como Hadrosauria *gen. y sp. nov.*: A, vista lateral, B, vista dorsal y C, vista medial.

**Pubis derecho, N6-B-1/p-1.**

El pubis derecho (Figura 66) se encontró bastante incompleto en su región ventral y distal debajo del pubis, p-2 (Figura 9).

El cuello prepúbico comprimido lateralmente es corto y bastante alto, con sus bordes redondeados y con las concavidades máximas paralelas.

La paleta prepúbica es fuertemente comprimida lateralmente, a pesar de estar incompleta muestra que la sección distal era más alta.

El pedúnculo iliar es corto y muy ancho, presentando una superficie dorsal plana triangular. El acetábulo es amplio y al compararlo con el acetábulo del ilión, indicando que era más alto que largo. El acetábulo presenta un borde medial dorso-ventralmente que se pierde de manera ventral. El pedúnculo isquial se encuentra incompleto en su región ventral y distal.

**Pubis izquierdo, N6-B-1/p-2.**

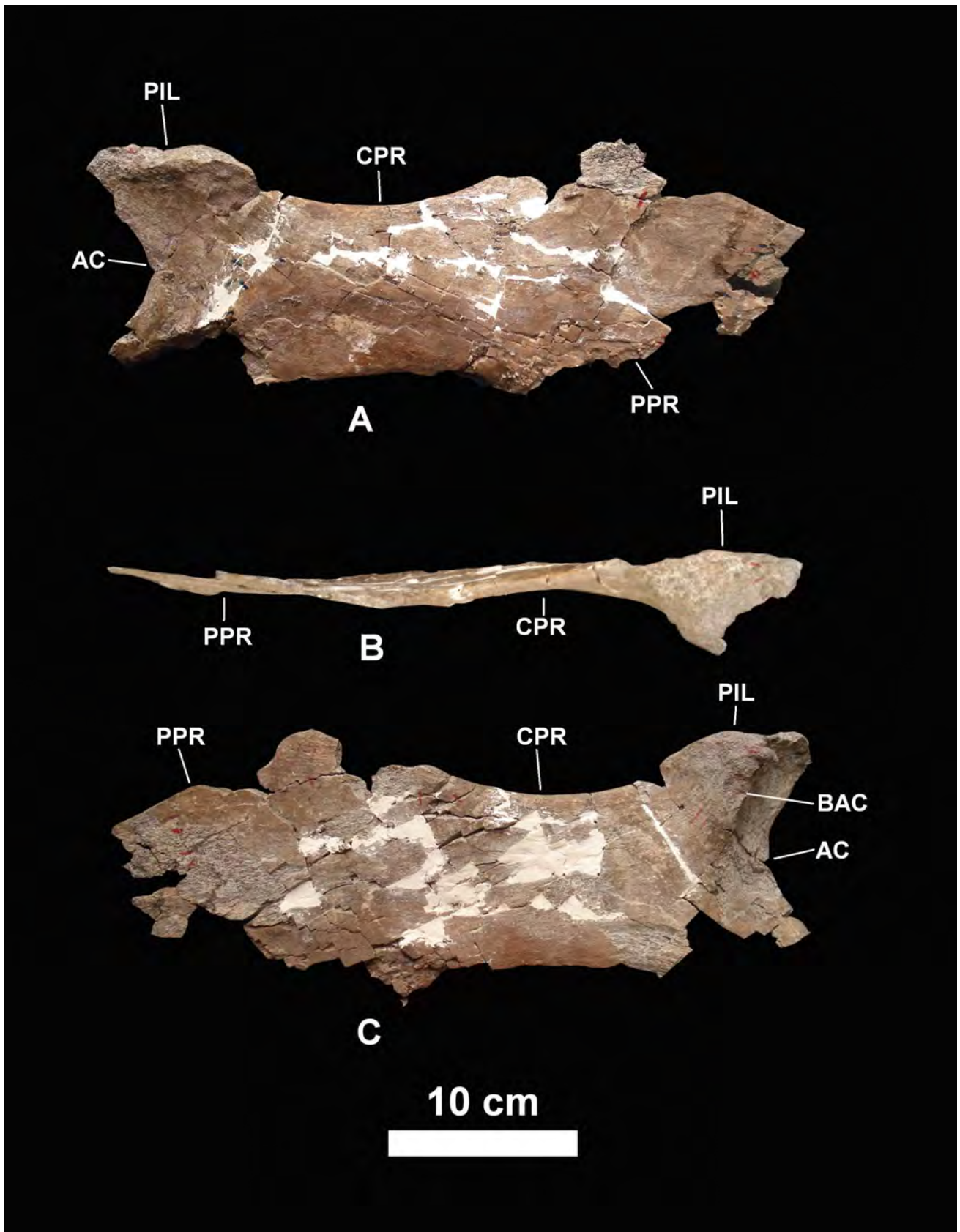
Este pubis (Figuras 67 y 68) se encontró completo de extremo anterior a posterior, pero incompleto en su borde dorsal.

El proceso postpúbico se extiende postero-ventralmente, careciendo del forámen obturador y del borde latero-ventral. Su extremo distal se encuentra ligeramente flexionado de manera dorsal, debido a una compresión dorso-ventral. En el extremo proximal presenta un borde dorsal quillado lateralmente que se extiende dos terceras partes de su longitud total.

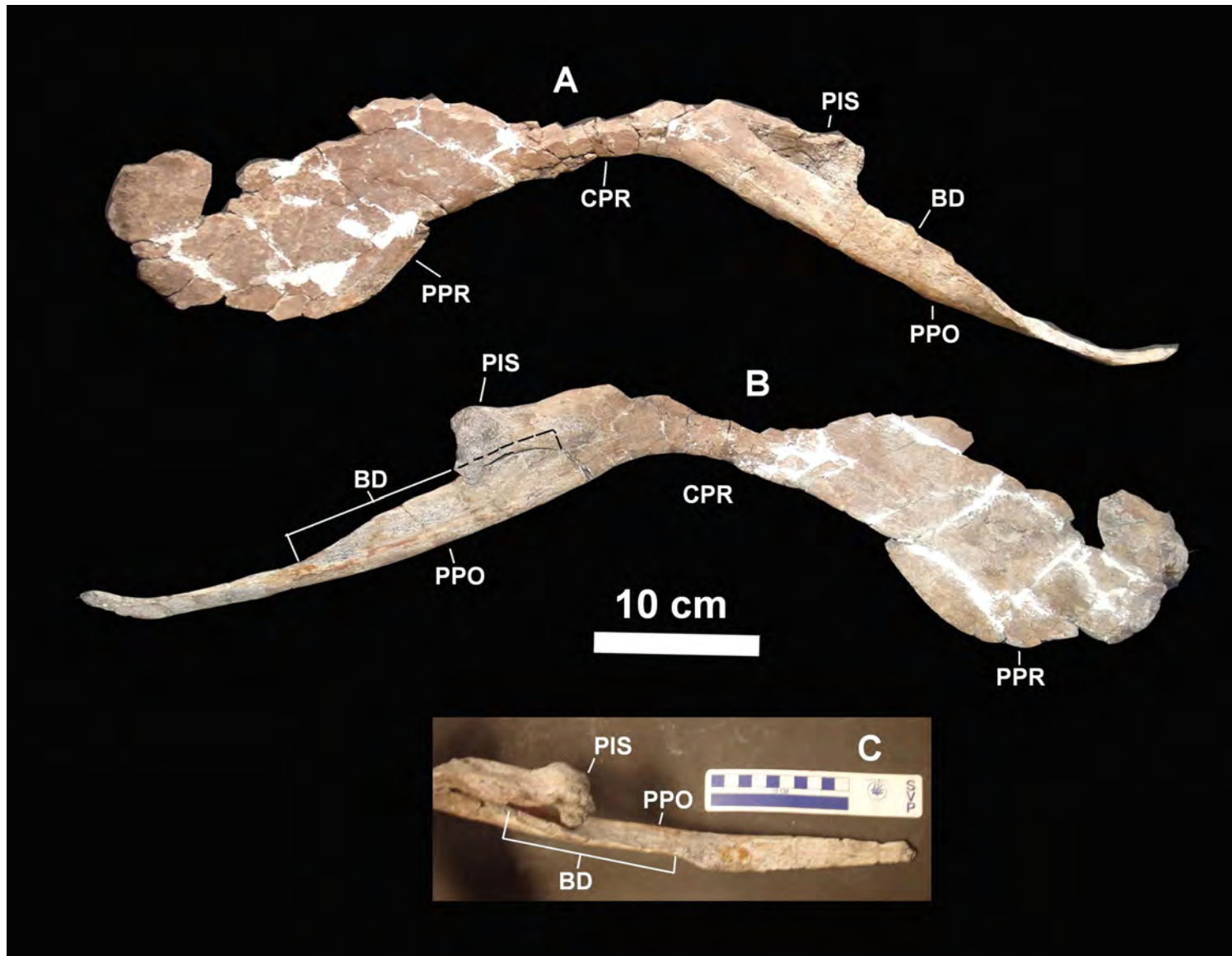
El pedúnculo isquial es largo y muy robusto, presentando una superficie anterior redondeada y con forma triangular; en su extremo distal se encuentra más expandido dorso-ventralmente que la parte proximal con un borde ventral que toca al proceso postpúbico.

El proceso prepúbico es fuertemente comprimido lateralmente. Presenta una paleta prepúbica con forma ovalada, con un borde ventral más expandido que el dorsal. El cuello prepúbico es más corto que la longitud de la paleta prepúbica.

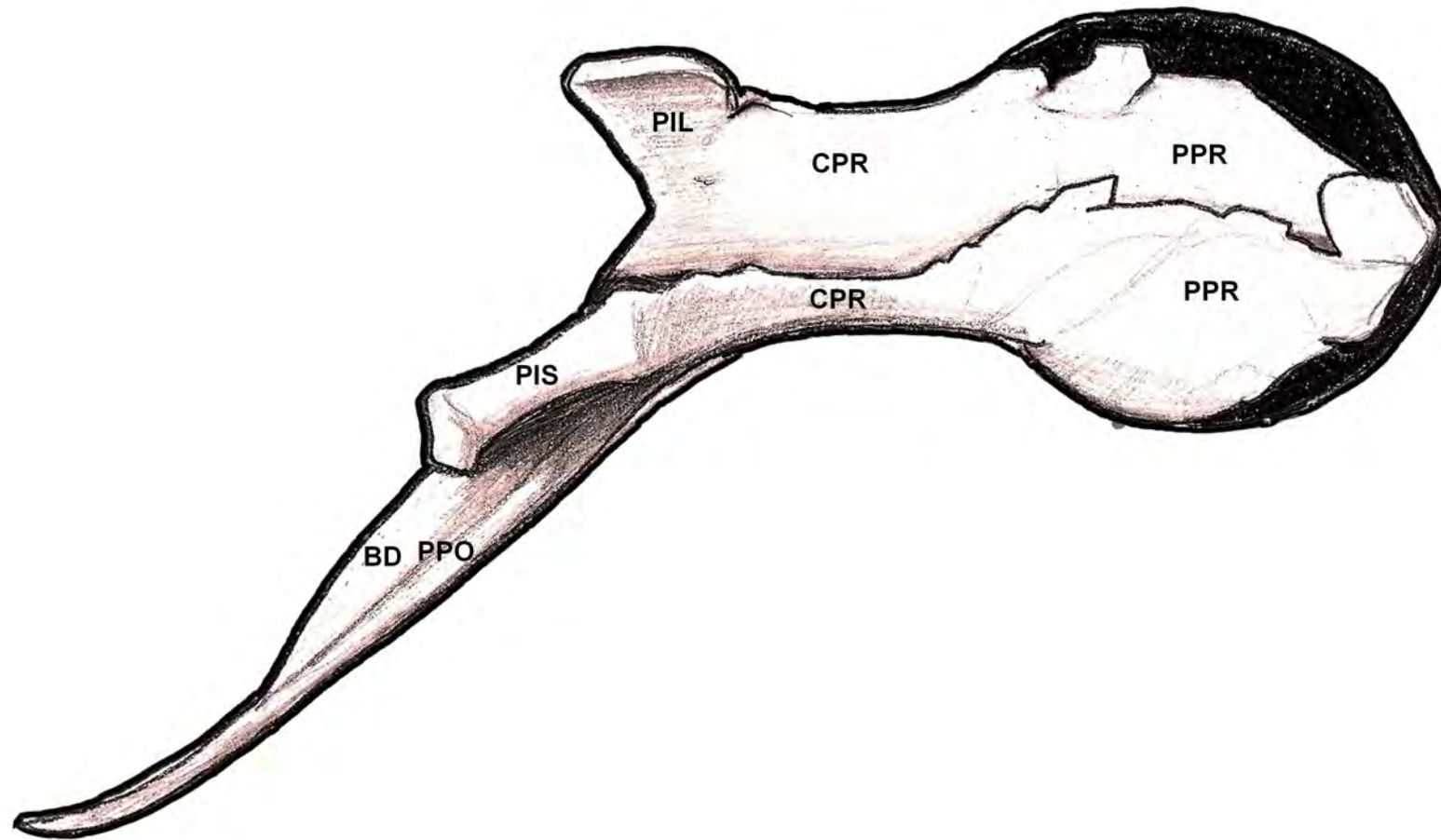




**Figura 66.** Pubis derecho, N6-B-1/p-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista lateral, B, vista dorsal y C, vista medial.



**Figura 67.** Pubis izquierdo, N6-B-1/ p-2 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.*: A, vista lateral, B, vista medial y C, vista dorsal.



**Figura 68.** Composición del pubis derecho e izquierdo para reconstruir la forma completa del pubis del ejemplar N6-B-1 identificado como *Hadrosauria gen. y sp. nov.* Las zonas negras indican las partes faltantes.

Medidas de los elementos identificados como Hadrosauridae basal *gen. y sp. nov.*

Maxilar N6-B-1		
Ejemplar	H	I
m	123mm	151mm

Dentario N6-B-1			
Ejemplar	H	L	W
N3-10	60	55	30

Dientes N6-B-1			
Ejemplar	ACB	LCB	H
N3-11	5	5	5
N3-12	5	4	7

Vértebras N6-B-1							
Ejemplar	H	H1	L	S1	Sw	T1	W
ax	120	55	59	110	50	---	53
vce-1	120	55	78	62	33	75	64
vce-2	80	55	77	110	30	170	81
vce-3	120	77	63	---	---	170	75
vt-1	265	74	53	192	35	173	60
vt-2	219	71	67	127	38	175	79
vt-3	200	65	76	114	60	103	57
vt-4	170	70	73	---	510	110	43
vt-5	365	72	75	133	76	110	63
vt-6	382	90	60	275	47	167	67
vt-7	150	90	40	---	---	147	77
vt-8	170	95	50	---	---	120	71
vt-9	195	73	45	100	53	152	85
vc-1	---	110	47	---	---	---	90
vc-2	474	105	52	355	42	253	115
vc-3	442	91	51	342	50	212	115

Procesos transversos N6-B-1		
Ejemplar	h	I
ptt-1	---	128
pts-1	(1)103	(1)---
	(2)103	(2)73
	(3)73	(3)69
pts-2	---	135
pts-3	125	75
ptc-1		142

<b>Espinas neurales N6-B-1</b>			
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>S1</b>	<b>Sw</b>
ent-1	---	153	60
ent-2	---	194	56
ent-3	---	148	61
ent-4	---	259	45
ens-1	---	293	63
ens-2	---	276	65
ens-3	---	310	75
ens-4	---	225	64
ens-5	---	187	55
ens-6	---	205	48
ens-7	---	173	50
ens-8	---	183	50
enc-1	560	221	50

<b>Costillas cervical N6-B-1</b>			
<b>Ejemplar</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>T</b>
vce-2	42	58	30
vce-3	60	53	30

<b>Costillas torácicas N6-B-1</b>				
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>Lc</b>	<b>Lt</b>	<b>W</b>
vt-2	100	257	265	53
c-1	117	523	545	37
c-2	105	395	400	35
c-3	67	---	---	38
c-4	---	---	400*	---
c-5	---	---	130	---
c-6	---	---	207	---
c-7	100	460	460	40
c-8	80	349	357	35
c-9	(III)115	(I)422 (II)40	---	(III)35
c-10	---	---	257	---
c-11	---	---	360	---
c-12	(IV)123	(I)116 (II)142 (III)410 (IV)205	---	(IV)47

\*Con base en la impresión mencionada en el texto.

<b>Hueso del sacro sin identificar N6-B-1</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>h</b>	<b>l</b>
s	107	170

<b>Tendones óseos N6-B-1</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>l</b>	<b>W</b>
t-1	70	15
t-2	73	18

<b>Ilión N6-B-1</b>												
<b>Ejem</b>	<b>H</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>L</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>L5</b>	<b>W</b>	<b>W1</b>
il-1	150	55	290	81	675	300	63	190	85	46	60	160
il-2	140	155	53	---	---	352	350	---	---	---	---	---

<b>Pubis N6-B-1</b>												
<b>Ejem</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>H</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>L</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
p-1	---	75	---	90	122	373	345	---	---	40	---	57
p-2	43	---	---	30	158	68	380	300	100	---	22	---

## Designación taxonómica

Con base en las revisiones de Norman (1990, 1998 y 2002), Head (2001) y Prieto-Márquez (2008) del grupo Iguanodontoidea y hadrosauria, se identificó la presencia de caracteres basales en el material de hadrosaurio (N6-B-1, N3-10, N3-11 y N3-12) descrito en este trabajo:

Dos dientes de manera dorso-ventral en el dentario y el maxilar, un número máximo de dos dientes en vista oclusal en el dentario y el maxilar, presencia de carina secundaria alaragada, la articulación del yugal cóncavo, procesos de postcigoapófisis cortas en las vértebras cervicales, proceso supraacetabular con expansión lateroventral, asimétrico y con la presencia de un borde postero-dorsal, proceso postacetabular de forma triangular lateralmente y presencia del *brevis shelf* y una paleta prepública oval. Estos caracteres serán discutidos y comparados con varios iguanodontoideos y hadrosaurios a continuación.

**Maxilar:** el maxilar del ejemplar N6-B-1 (Figuras 69 y 70) presenta un proceso dorsal alto como en *Velafrons coahuilensis* y otros lambeosaurinos (Horner, *et al.* 2004; Prieto-Márquez, 2008), sin embargo, difiere en ser más angosto y tener una punta recta (Prieto-Márquez, 2008) carácter nuevo entre los hadrosaurios basales (Tabla 2).

El maxilar presenta una superficie articular del yugal, en vez del proceso del yugal presente en los iguanodontoideos (Norman, 2004; Prieto-Márquez, 2008). La superficie articular del yugal presenta un borde posterior redondeado similar al de *Wulagasaurus* (Godefroit, *et al.* 2008), distinto al borde recto posterior de *V. coahuilensis* y "*Lambeosaurus*" *laticaudus*. Además la articulación del yugal es cóncava como en *Telmatosaurus*, *Bactrosaurus* y *Gilmoresaurus*, considerados como hadrosaurios basales, ya que los euhadrosauria presentan una morfología distinta, desde subtriangular a elevada dorsalmente como en *Tsintaosaurus* y *Parasaurolophus* (Prieto-Márquez, 2008; Tabla 2).

El proceso palatino se encuentra desplazado posteriormente y se ve más desarrollado comparado con los lambeosaurinos, pero es menor al compararlo con *Kritosaurus*.

El proceso lateral del ectopterigoideo es antero-posteriormente horizontal y grueso dorso-ventralmente como el de los euhadrosaurios como *L. laticaudus*, *V. coahuilensis* y *Kritosaurus* (Prieto-Márquez, 2008). Esto lo diferencia del proceso lateral del ectopterigoideo de los iguanodontia que es corto, delgado dorso-ventralmente e inclinado ventralmente y de los hadrosaurios basales al ser delgado en la parte anterior y muy grueso en la posterior (Prieto-Márquez, 2008; Tabla 2).

Las características del maxilar lo relacionan con los euhadrosauria, sin embargo, al parecer el rasgo del proceso dorsal es una novedad evolutiva del hadrosaurio de los Bonetes

**Dientes:** la presencia de dos dientes de manera dorso-ventralmente como en vista oclusal (Tabla 2; Figura 71) en el maxilar (N6-B-1) y en el dentario (N3-10) lo relaciona con los hadrosaurios basales como *Gilmoresaurus* y *Bactrosaurus* (Prieto-Márquez, 2008), ya que los euhadrosauria presentan tres dientes de manera dorso-ventral y en vista oclusal (Horner, *et al.* 2004).

Los dientes presenta raíces cilíndricas (Tabla 2) muy similares a las ilustradas por Norman (1998, fig. 6) en su revisión del material de *Altirhinus*, un iguanodontoidea relacionado con el linaje de los hadrosaurios. En la literatura este carácter no se toma en cuenta, por lo cual no se describe con detenimiento en otros ejemplares. El ángulo entre la corona y la raíz de 132° lo relaciona con los hadrosauria y únicamente con el iguanodontoidea *Protohadros* (Prieto-Márquez, 2008).

La carina primaria lingual (Figura 72) se encuentra ligeramente desviada de manera posterior y además es recta como los dientes de los hadrosaurios basales como *Bactrosaurus*, *Gilmoresaurus* y *Telmatosaurus*, a excepción de *Claosaurus* (Prieto-Márquez, 2008). Difieren de los dientes de *Claosaurus* y los euhadrosauria por una posición más central de la carina primaria y una forma sinuosa de manera dorso-ventral (Prieto-Márquez, 2008; Tabla 2).

El diente N3-12 presentó dos carinas linguales, la primaria y una secundaria poco desarrollada pero muy larga dorso-ventralmente, presente en los hadrosaurios basales como *Gilmoresaurus* y los iguanodontoideos como *Eolambia* (Norman, 2004; Prieto-Márquez, 2008). Curiosamente en el diente N3-11 no se encontró ninguna carina lingual secundaria, probablemente sólo se veía en algunos dientes o se regionalizaba en los dientes maxilares o del dentario (Tabla 2).

En la carina lateral anterior del diente N3-11 se encontraron denticulos muy reducidos en tamaño, redondeados y con forma de almohadillas carácter relacionado con los euhadrosauria y con *Bactrosaurus* (Prieto-Márquez, 2008).

Las características de los dientes del dentario y maxilares lo relacionan más con los hadrosaurios basales que con los euhadrosaurios.

**Esqueleto axial:** los procesos postcigoapófisis de las vértebras cervicales (Tabla 2; Figura 73) son de corta longitud ya que se comparó con la longitud del arco neural de manera antero-posterior. Esta característica se encuentra presente en los iguanodontoideos como *Equijubus*, *Iguanodon* y *Ouranosaurus* y en hadrosaurios basales como *Gilmoresaurus* y *Bactrosaurus* (Prieto-Márquez, 2008). Sólo *Telmatosaurus* y los euhadrosaurios presenten un proceso postcigoapófisis más alargado (Prieto-Márquez, 2008).

Las vértebras torácicas con postcigoapófisis en dirección dorsal son características de la familia hadrosauridae (Horner, *et al.* 2004), como las presentes en el ejemplar N6-B-1 sin embargo, presentan quillas ventrales muy pronunciadas (Tabla 2), las cuales se compararon con otros hadrosaurios descritos en Coahuila (Coah) que presentaban un borde ventral redondeado. Las quillas ventrales se mencionan en la literatura siempre que se describen en iguanodontoideos (Norman, 1990; Norman, 1998; Norman, 2002), pero no se toman como caracteres diagnósticos para diferenciarlos de los hadrosaurios.

Un caso particular del ejemplar N6-B-1, es la presencia de centros amfiplanados en las vértebras torácicas distales (Figura 74), ya que, por el lado contrario tanto en iguanodóntidos como hadrosaurios presentan centros opistocélicos (Horner, *et al.* 2004; Norman, 2004). Estas vértebras no presentan indicios de desgaste en su parte anterior, por lo cual parece que era una característica presente del hadrosaurio N6-B-1 cuando estuvo vivo.

Las espinas neurales de las vértebras caudales proximales (Figura 75) son muy altas con rangos de 1:3.5 a 1:4 como las descritas para *Eolambia* con rangos de 1:3 (Kirkland, 1998), *Bactrosaurus* con 1:2, *Ouranosaurus* con 1:3 (Head, 2001) y los lambeosaurinos con rangos de 1:2 a 1:4.5 (Horner, *et al.* 2004). Además las espinas son más angostas que las espinas de las vértebras torácicas como las descritas para los iguanodontoideos (Norman, 2004; Tabla 2).

Las espinas neurales del sacro al parecer eran ocho (Tabla 2), carácter intermedio entre los iguanodontoideos que presentan de seis a siete sacras (Norman, 2004) y los hadrosáuridos de nueve a 12 sacras (Horner, *et al.* 2004).



Las características del esqueleto axial lo relacionan con los iguanodontoidea.

**Ilión:** el ilión del ejemplar N6-B-1 (Figuras 76 y 77) presenta un proceso preacetabular fuertemente flexionado ventralmente con un ángulo de  $126^\circ$  (Tabla 2), diferente al de *V. coahuilensis* y *L. laticaudus*, como para la gran mayoría de los hadrosaurios e iguanodontoideos, que se encuentran sólo ligeramente curvados ventralmente o son rectos. Este carácter es compartido únicamente con *Iguanodon*, *Mantellisaurus* (Norman, 2004), *Gilmoresaurus* y *Parasaurolophus*.

El proceso preacetabular es angosto dorso-ventralmente en su extremo proximal, pero se vuelve más ancho dorso-ventralmente en la parte media, extendiéndose a su extremo proximal, en el extremo anterior donde se ven las líneas punteadas), similar al descrito para *Cedrorestes* (Glipin, *et al.* 2007) y el ilustrado para *Mantellisaurus*, con la variante de que estos se forman en el extremo proximal.

El pedúnculo púbico del ejemplar N6-B-1 es corto como el de los hadrosaurios *Probactrosaurus* y *Equijubus* y no tan pronunciado como en la gran mayoría de los iguanodontoideos (Prieto-Márquez, 2008; Tabla 2).

El proceso supraacetabular del ejemplar N6-B-1 se encuentra muy desarrollado lateralmente, con una expansión mayor antero-posteriormente, el cual es asimétrico como el que presentan los hadrosaurios basales como *Bactrosaurus*, *Gilmoresaurus* y *Claosaurus* y el iguanodontoideo *Cedrorestes*. Difiere de la mayoría de los iguanodontoideos por no presentar una forma de borde dorsal y continuo antero-posteriormente y de los euhadrosauria por no presentar la proyección latero-ventral típica (Prieto-Márquez, 2008; Tabla 2).

Presenta un margen postero-dorsal en vista medial como el de los hadrosaurios basales y algunos hadrosauríidos como *Hadrosaurus* (Prieto-Márquez, 2008). Sin embargo, por el grosor dorso-ventral se asemeja más a *Bactrosaurus* y *Tanius*. Difiere de la gran mayoría de los euhadrosauria por carecer de este margen postero-dorsal (Prieto-Márquez, 2008).

El pedúnculo isquial del ejemplar N6-B-1 se encuentra formado por dos salientes laterales robustas de similar tamaño como el que presentan los hadrosaurios basales y los euhadrosauria. Este carácter se encuentra ausente en los iguanodontoideos que sólo presentan una única saliente lateral.

El proceso postacetabular del ejemplar N6-B-1 es ligeramente alargado y presenta una forma triangular lateralmente como el de los iguanodontoidea (Tabla 2). Además, en vista medial del extremo posterior presenta una cresta medial muy desarrollada y en la parte medial-ventral el *brevis shelf*. Estos caracteres se encuentran presentes en los iguanodontoideos (Glipin, *et al.* 2007; Norman, 2004) y la gran mayoría de los hadrosaurios basales a excepción de *Claosaurus* (Prieto-Márquez, 2008), sin embargo, estos últimos se distinguen al igual que el ejemplar N-6-B por presentar un proceso postacetabular diferenciado, denotado por la ligera constricción dorso-ventral en su extremo proximal. Prieto-Márquez (2008) en su revisión del material de hadrosaurios de todo el mundo, encontró que los hadrosaurios de sudamérica desarrollaron un *brevis shelf* independiente al de las formas más basales, ya que la cresta medial es más recta a diferencia de los iguanodontoideos, hadrosaurios basales y el hadrosaurio N6-B-1 que presentan una cresta medial regionalizada en el extremo posterior y con forma arqueada (Figura 78).

El borde externo dorsal del ilión del ejemplar N6-B-1 se levanta fuertemente a nivel del acetábulo, presentando una forma triangular similar al de *Bactrosaurus*.

El borde medial del sacro presenta una posición muy dorsal respecto al cuerpo del ili6n, ligeramente arqueado y muy alargado, car6cter compartido con el hadrosaurio basal *Lophorothon* y los euhadrosaurios (Prieto-M6rquez, 2008).

Los caracteres del ili6n lo relacionan con los hadrosaurios basales ya que ciertas caracter6sticas son compartidas con los iguanodontoideos.

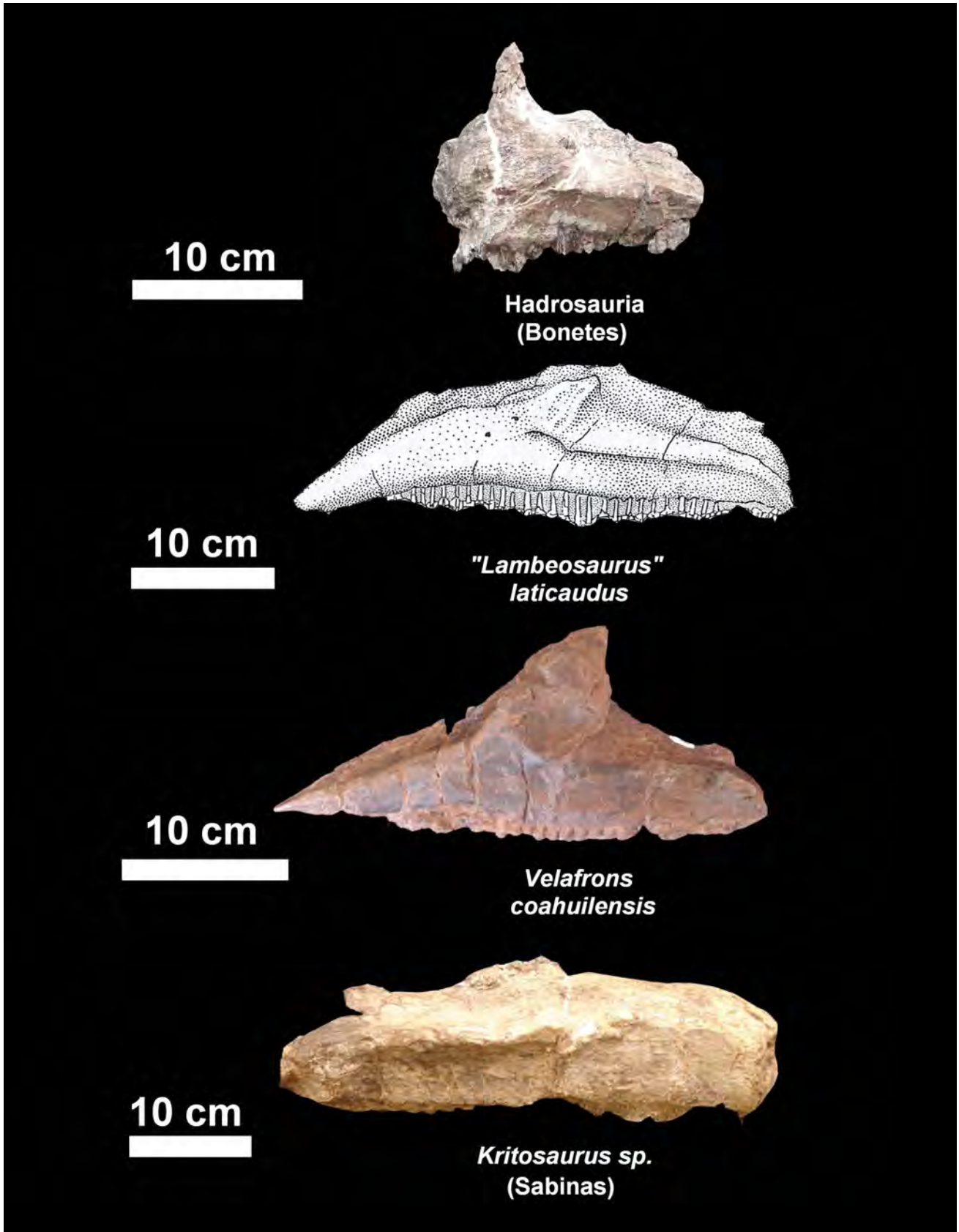
**Pubis:** el pubis del ejemplar N6-B-1 (Figuras 79 y 80) presenta un proceso postp6blico corto y casi recto en direcci6n postero-dorsal, como el de algunos iguanodontoideos (Norman, 2004), por ejemplo *Probactrosaurus* y *Mantellisaurus*. Adem6s de ello, presenta una quilla dorsal que abarca dos terceras partes de su longitud total, caracter6stica ausente en los hadrosaurios y los iguanodontoideos, un rasgo 6nico para el ejemplar N6-B-1.

El ped6nculo iliar del ejemplar N6-B-1 es de corta longitud pero m6s ancho similar al de los iguanodontoideos (Norman, 2004; Prieto-M6rquez, 2008), ya que el de los hadrosaurios es m6s profundo y m6s angosto (Prieto-M6rquez, 2008).

El prepubis del ejemplar N6-B-1 presenta un cuello corto unido a una paleta prep6blica con forma ovalada de corta longitud (pero mayor en longitud al cuello prep6blico), como el de los iguanodontoideos (Norman, 2004; Prieto-M6rquez, 2008) ya que los euhadrosauria presentan desde bordes angulosos a ovaladas pero con cuellos p6blicos muy alargados (Prieto-M6rquez, 2008). Sin embargo, difiere de los iguanodontoideos en tener una mayor expansi6n ventral en el borde anterior de la paleta prep6blica, este car6cter es compartido con *Lophorothon*, *Bactrosaurus* y los saurolophinos anteriormente llamados hadrosaurinos (Prieto-M6rquez, 2008; Tabla 2).

Los caracteres del p6bis lo relacionan en gran medida con los iguanodontoideos y s6lo la expansi6n ventral de la paleta prep6blica lo relaciona con los hadrosaurios.

Con base a los caracteres mencionados el ejemplar N6-B-1 no presenta suficientes caracteres para ubicarlo en el clado euhadrosauria, adem6s presenta caracteres de iguanodontoidea pero con caracteres compartidos con los hadrosaurios basales, por ello se concluye que pertenece al clado Hadrosauria (Tabla 2).

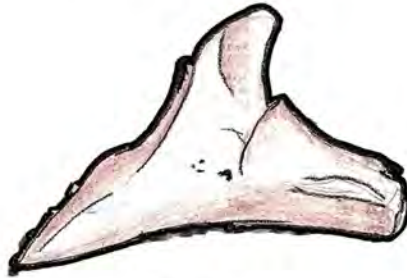


**Figura 69.** Comparación de maxilares en vista lateral de hadrosaurios mexicanos ("*Lambeosaurus*" *laticaudus* tomada de Morris, 1983).

**Hadrosauria Bonetes  
N6-B-1**



***Parasaurolophus***



***Edmontosaurus***



***Telmatosaurus***



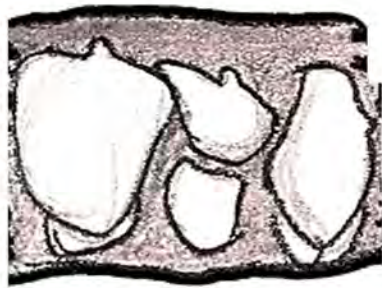
***Probactrosaurus***



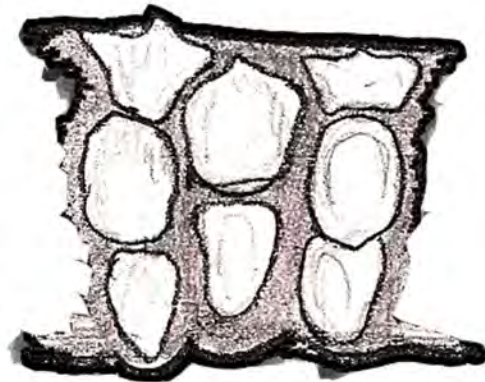
***Altirhinus***



**Figura 70.** Comparación de maxilares en vista lateral de Hadrosauria e Iguanodontoidea (Tomadas de diversas fuentes).

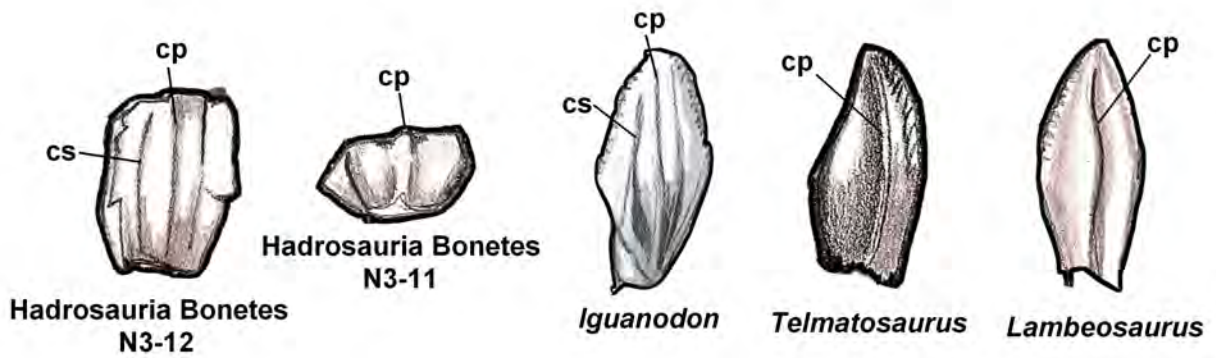


**Hadrosauria Bonetes  
N3-10**

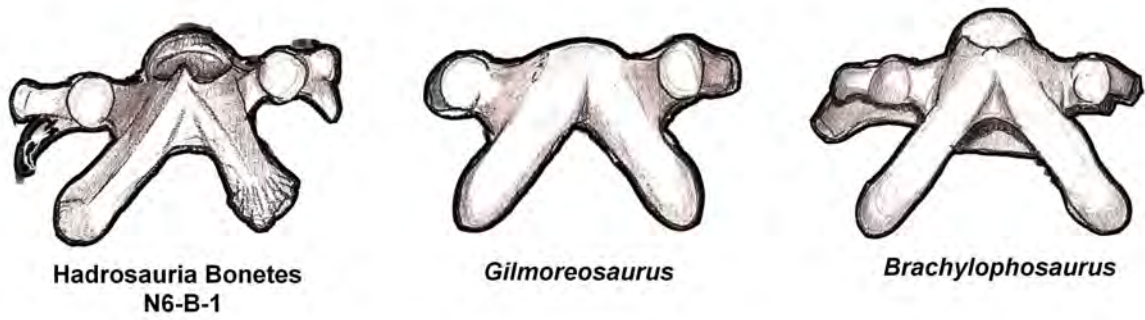


**Lambeosaurus**

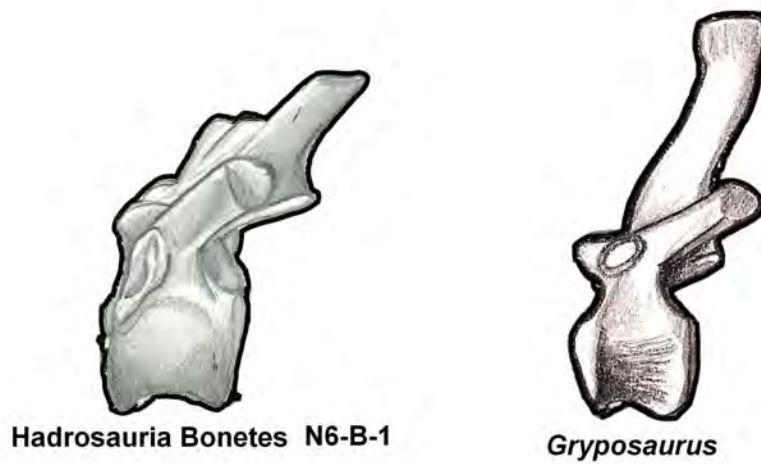
**Figura 71.** Comparación de dentarios en vista oclusal de hadrosaurios (*Lambeosaurus* tomada de Prieto-Márquez, 2008).



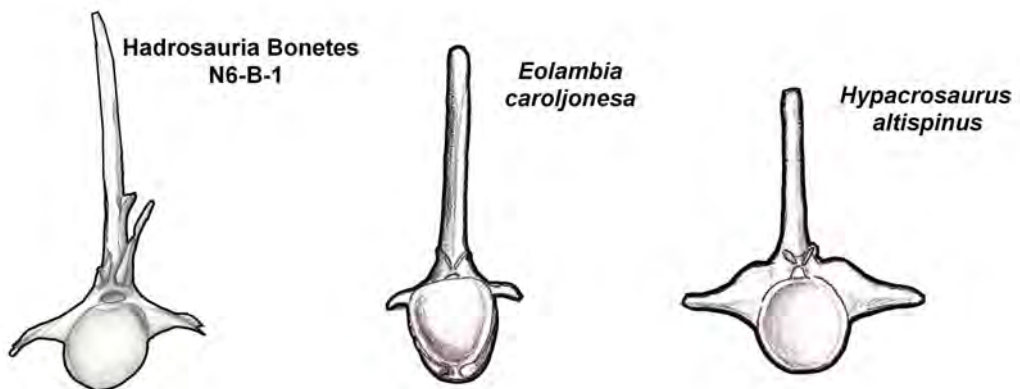
**Figura 72.** Comparación de coronas de Hadrosauria e Iguanodontoidea (Tomadas de diversas fuentes).



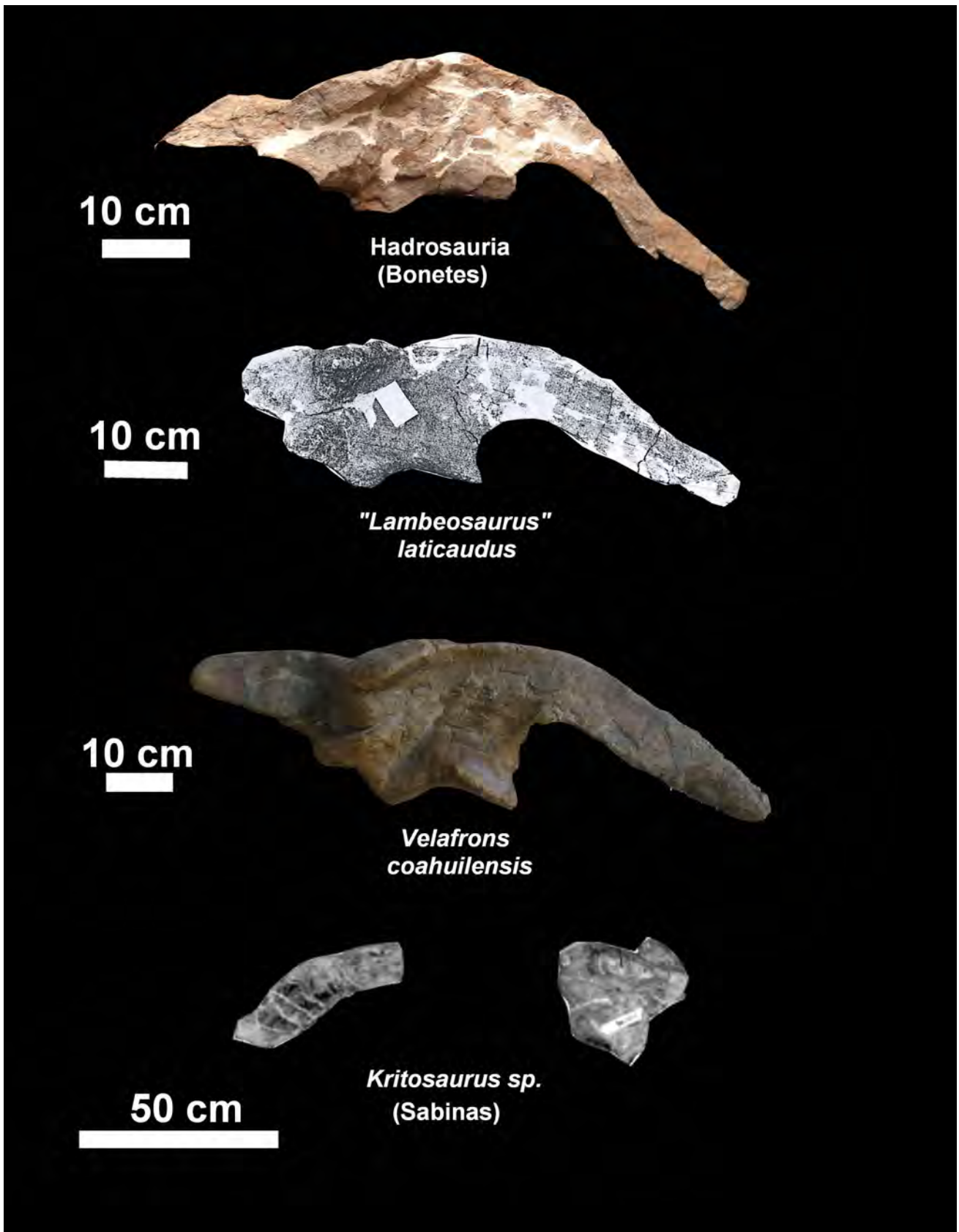
**Figura 73.** Comparación de vértebras cervicales en vista dorsal de hadrosaurios (Tomadas de Prieto-Márquez, 2008).



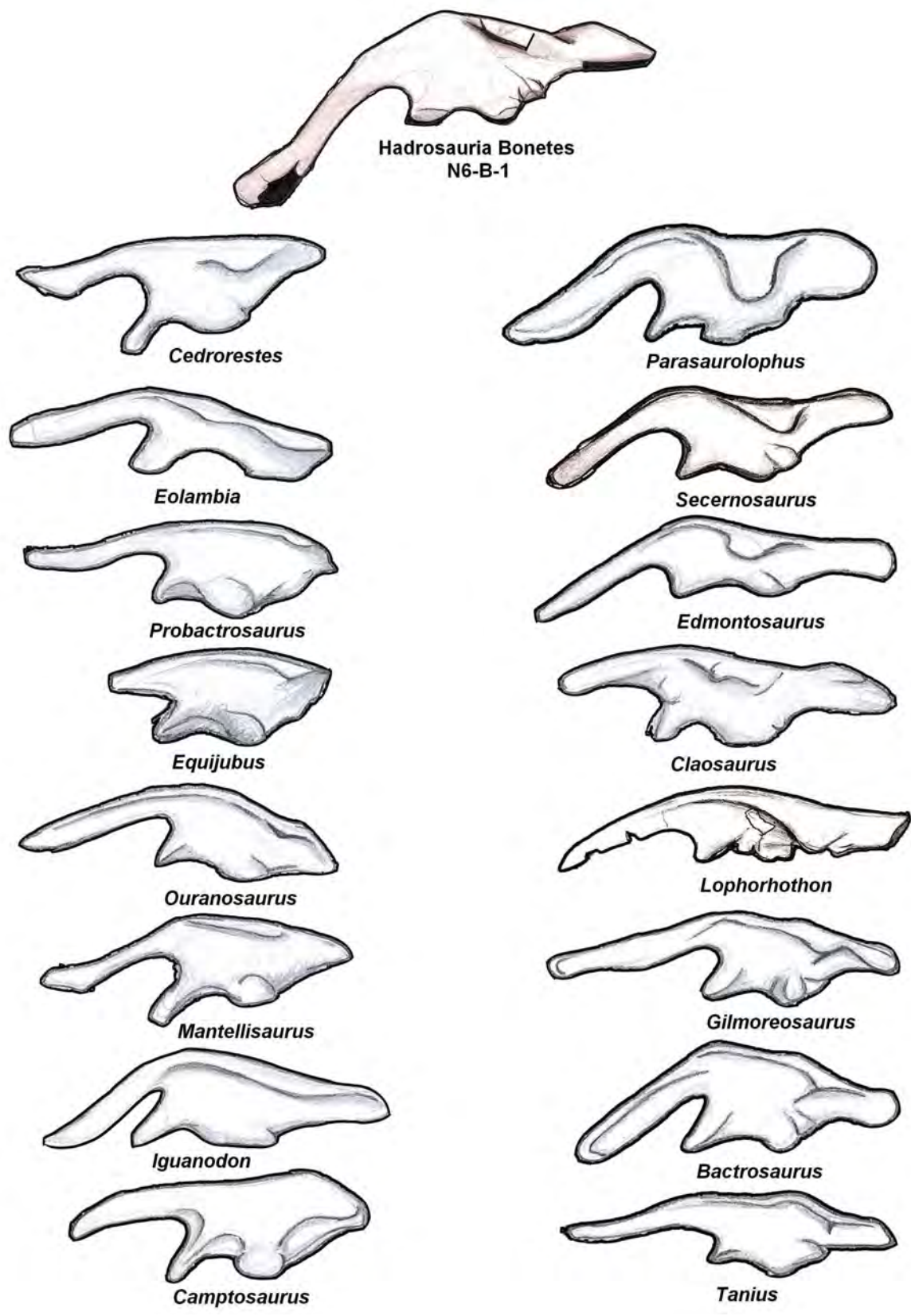
**Figura 74.** Comparación de vértebras torácicas distales en hadrosauria (Tomada de Lull y Wright, 1942).



**Figura 75.** Comparación de la altura de las espinas neurales de las vértebras caudales en vista anterior (Hadrosauria Bonetes e *Hypacrosaurus*: tomada de Lull y Wright, 1942) y vista posterior (*Eolambia*, tomada de Kirkland, 1998).

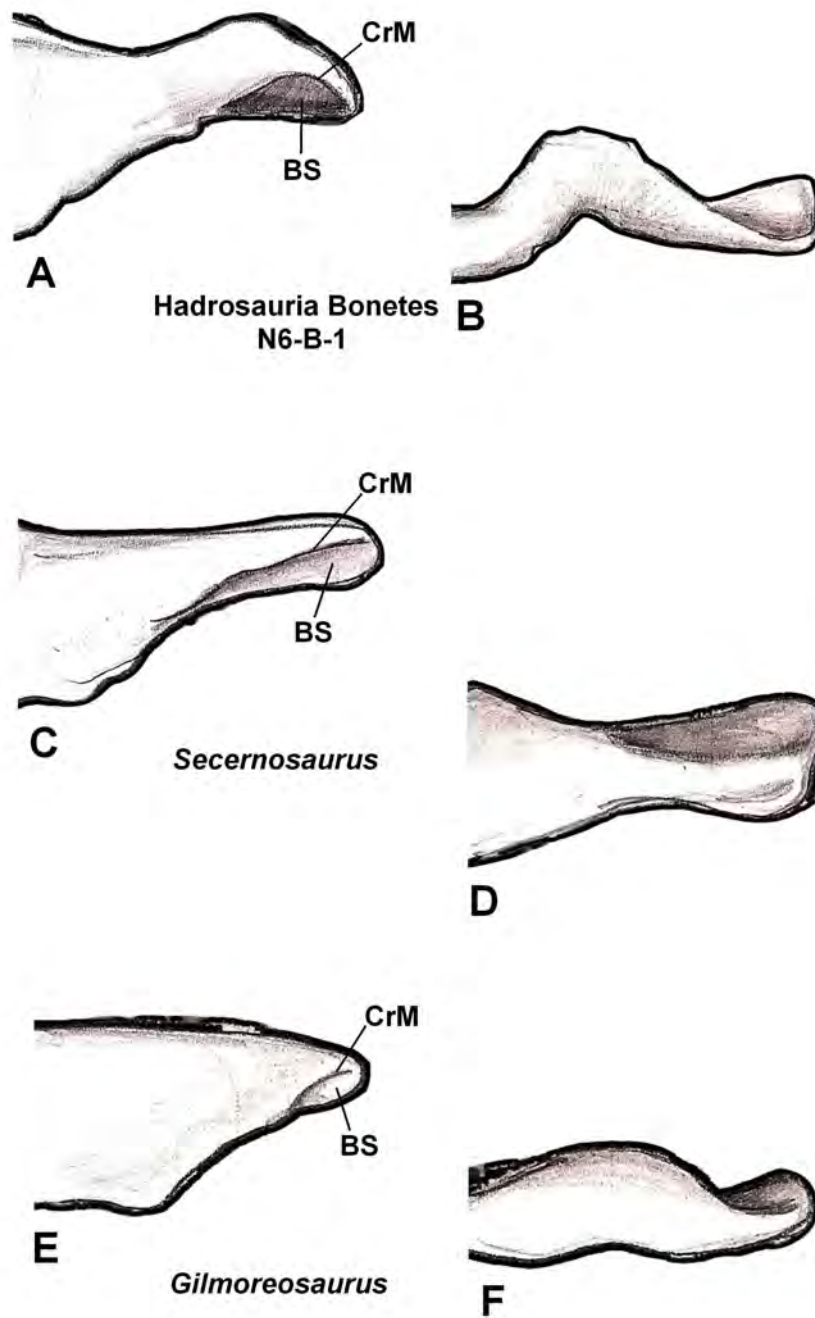


**Figura 76.** Comparación de ili6n en vista lateral de hadrosaurios mexicanos ("*Lambeosaurus*" *laticaudus* tomada de Morris, 1983; *Kritosaurus* sp. tomada de Serrano-Brañas, 2006).

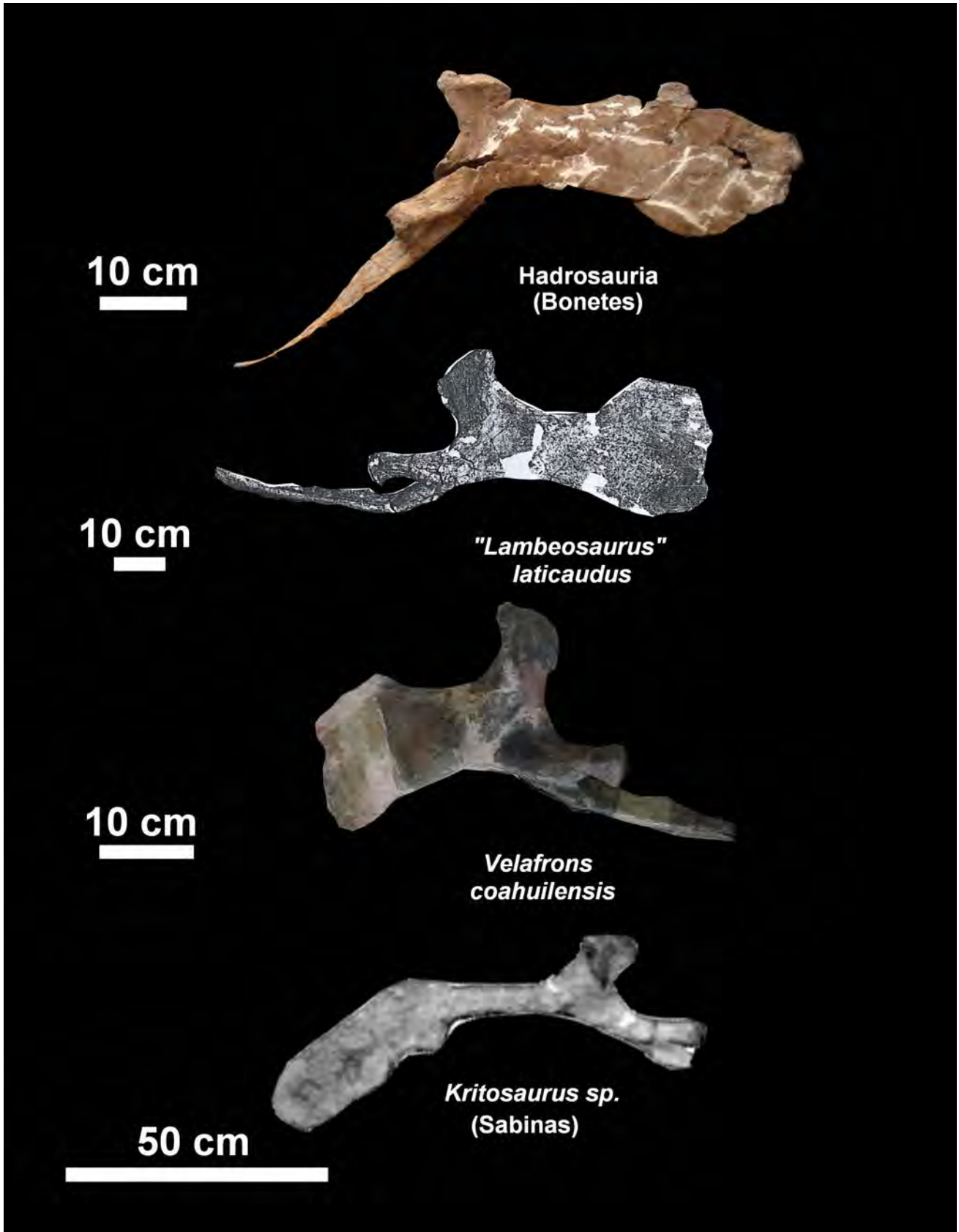


**Figura 77.** Comparación de ilion en vista lateral de Hadrosauria e Iguanodontoidea (Tomadas de diversas fuentes).

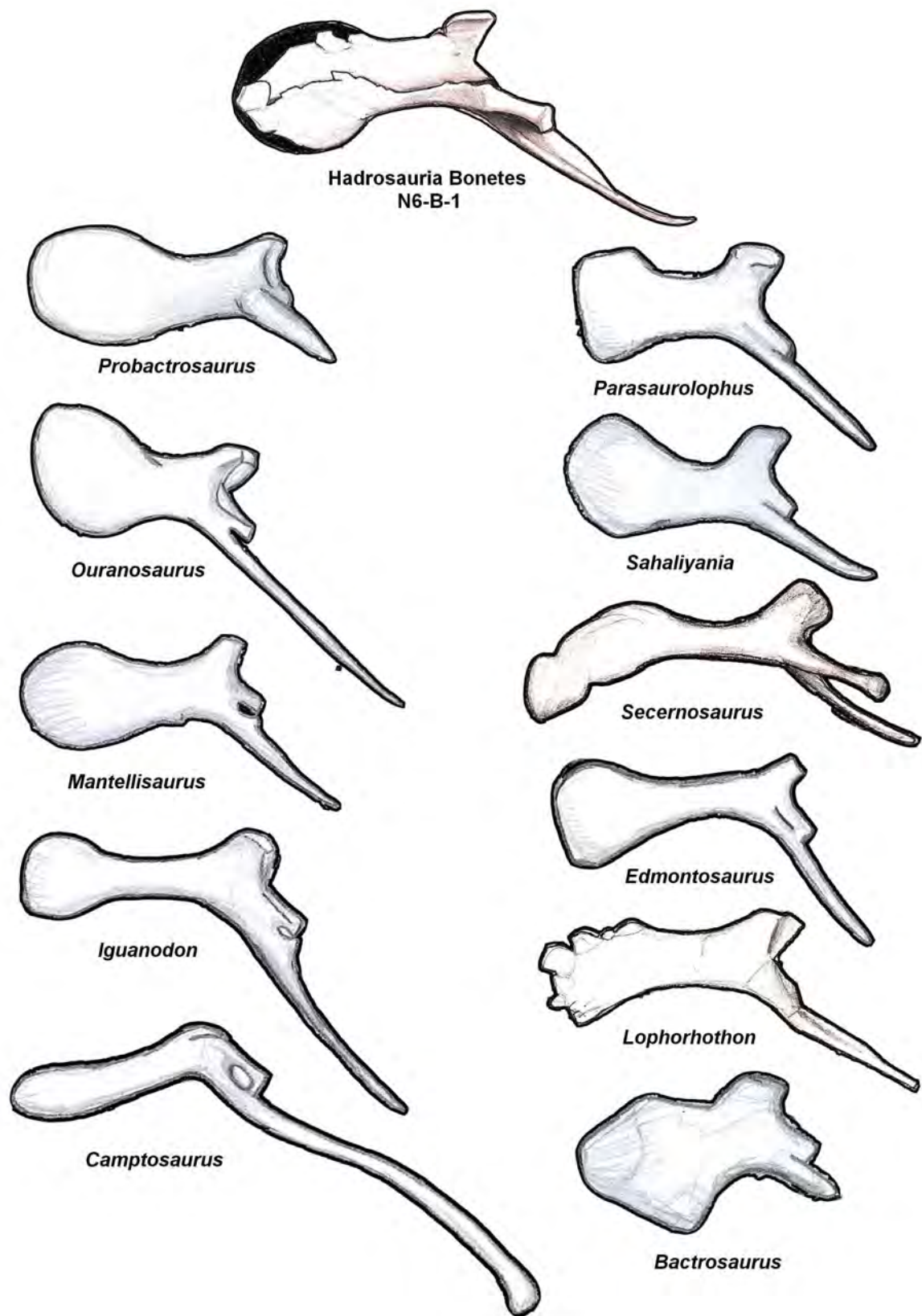




**Figura 78.** Comparación del *brevis shelf* y la cresta medial presente en el proceso postacetabular en varios hadrosaurios: A, C y E vista medial; B, D y F vista dorsal (Tomadas de Prieto-Márquez, 2008).



**Figura 79.** Comparación de pubis en vista medial de hadrosaurios mexicanos ("*Lambeosaurus*" *laticaudus* tomada de Morris, 1983; *Kritosaurus* sp. tomada de Serrano-Brañas, 2006).



**Figura 80.** Comparación de pubis en vista medial de Hadrosauria e Iguanodontoidea (Tomadas de diversas fuentes).

## **Filogenia de los Hadrosauria.**

A pesar de contar con el mejor registro fósil de todo el grupo de los dinosaurios, las relaciones filogenéticas no estaban bien soportadas ya que sólo se incluían los hadrosaurios más completos y estaba sesgado a incluir los ejemplares norteamericanos.

Prieto-Márquez (2008) llevó a cabo una revisión exhaustiva de todo el material conocido de hadrosaurios de todo el mundo, incluyendo taxa importantes identificados únicamente a nivel de familia. Esto le permitió revisar los caracteres diagnósticos planteados para este grupo e identificó nuevos caracteres, creando una nueva matriz y un nuevo cladograma (Figura 81).

A partir de este nuevo trabajo de Prieto-Márquez (2008) se realizó un análisis comparativo con la matriz de datos y las nuevas sinapomorfias obtenidas a partir del cladograma más parsimonioso, mencionadas en el apéndice K de la Tesis de Prieto-Márquez (2008), las cuales se enuncian a continuación:

### **Clado 1 Hadrosauria Von Huene, 1956 (Iguanodontoidea Sereno, 1986; en otros cladogramas).**

**Sinapomorfias:** el proceso rostro-dorsal del nasal presenta un extremo anterior que llega hasta el margen del forámen nasal. Protuberancia dorso-lateral del maxilar centrado. Base del proceso dorsal ubicado ligeramente posterior a la mitad de la longitud total. Cóndilo occipital con un margen articular dirigido posteriormente y dividida por una ligera depresión en el borde posterior del basioccipital. Hueso palpebral ausente o fusionado al margen orbital.

Ninguno de los caracteres puede ser reconocido por la falta de los elementos esqueléticos.

### **Clado 2**

**Sinapomorfias:** dientes del dentario con varias carinas secundarias. Preentario corto y con una repisa poco profunda limitado en la región latero-posterior del proceso lateral. Margen ventral del dentario ligeramente o fuertemente flexionado anteriormente al proceso coronoideo. Cráneo más ancho que el 25%, cruzando el postorbital.

En este lado se identifica la presencia de una carina secundaria en uno de los dientes.

### **Clado 3**

**Sinapomorfias:** dentículos de los dientes con forma de almohadillas asimétricas. Proceso preacetabular del ilión flexionado ventralmente en un ángulo de 150° o menos. Pedúnculo púbico del ilión relativamente corto y con forma triangular. Pedúnculo iliar del isquion forma un ángulo mayor al 115° con respecto al margen acetabular. Pedúnculo iliar del isquión con margen acetabular y postero-dorsal divergentes en la región próximal del pedúnculo.

En este clado se identifica la presencia de dentículos en forma de almohadillas, un proceso preacetabular con un ángulo menor de 150° y un pedúnculo púbico relativamente corto en el nuevo hadrosaurio de los Bonetes.

### **Clado 4**

**Sinapomorfias:** dentículos del dentario formado por tres protuberancias redondeadas alineadas labio-mesialmente. Localización ventral a la longitud media del cuadrado de la muesca cuadrado-yugal.

Ninguno de los caracteres puede ser reconocido por la falta de los elementos esqueléticos.

### **Clado 5**

**Sinapomorfias:** ausencia del contacto ectopterigoideo-yugal en la región medial del yugal. Cresta deltopectoral moderadamente desarrollado.

Ninguno de los caracteres puede ser reconocido por la falta de los elementos esqueléticos.

### **Clado 6**

**Sinapomorfias:** bandera del cuadrado-yugal del yugal con forma de auricular, con borde posterior redondeado. Superficie posterior del supraoccipital anteriormente inclinado. Disminución o ausencia de la curvatura dorsal del proceso del acromion en la escápula. Proceso supraacetabular proyectado latero-ventralmente entre el 25 % y menos del 50 % de la profundidad del cuerpo central del ilión.

En este clado se identificó un proceso supraacetabular proyectado latero-ventralmente entre el 25 % de la profundidad del cuerpo central del ilión.

### **Clado 7 (=Hadrosauridae Cope, 1869: en cladogramas anteriores)**

**Sinapomorfias:** corto proceso lingual en la región sinfisial del dentario. Región dorso-lateral de la región media de la parte anterior del maxilar ubicado ligeramente anterior a la mitad de la longitud total del maxilar. Base del proceso dorsal del maxilar centrado alrededor de la mitad de la longitud total. Proceso del ectopterigoideo inclinado con un ángulo entre 11° y 21°. Pedúnculo isquial del ilión formado por dos protuberancias laterales de tamaño similar.

En este clado se identificó un proceso del ectopterigoideo entre los 11° y los 21° y la presencia de un pedúnculo isquial formado por dos protuberancias laterales.

### **Clado 8**

**Sinapomorfias:** al menos tres dientes por alveólo dorso-ventralmente en la batería dental. 1.25 o más dientes por centímetro de la batería dental del maxilar. Zona medial del proceso coronoideo ornamentado con finas estrías. Ausencia del arco lingual en la vista dorsal y su eje longitudinal es paralela al lado lateral del dentario. Proceso del ectopterigoideo mayor al 35 % de la longitud del margen alveolar del maxilar. Superficie ventral del cuadrado subtriangular, con cóndilo lateral antero-posterior expandido y más largo que el medila, el cóndilo lateral está fuera ventralmente relativa a la superficie ventral del cóndilo medial. Procesos postcigopófisis de las vértebras cervicales relativamente largo, tres o más veces la longitud antero-posterior del arco neural.

En este clado se identificó que sólo tiene dos dientes por alveólo dorso-ventralmente, un diente por centímetro y un proceso de las postcigoapófisis ligeramente corto, caracteres contradictorios con los que menciona Prieto-Márquez.

### **Clado 9**

**Sinapomorfias:** carina primaria ubicada en el centro de la corona de la gran mayoría de los dientes. Región antero-dorsal del maxilar subcónico, dorso-ventralmente angosto y forma un ángulo de 25° o menor con respecto a los dientes anteriores.

En este clado se identificó que las carinas primarias presentan una ligera desviación posterior y no en el centro como se menciona en este clado. Dentro del texto, se menciona que en este punto desaparece el *brevis shelf*, el cual está presente en el hadrosaurio de los Bonetes

## **Clado 10**

**Sinapomorfias:** pérdida de las carinas secundarias en los dientes. Punta ventral del proceso supraacetabular localizado antero-dorsalmente a la protuberancia posterior del pedúnculo isquial. Falange pedal próximo-distal corto, más ancho medio-lateralmente y próximo-distalmente largo.

En este clado presenta una contradicción, ya que las carinas secundarias se encuentran presentes todavía, pero la punta del proceso supraacetabular si presenta una localización antero-dorsal respecto a la protuberancia posterior del pedúnculo isquial.

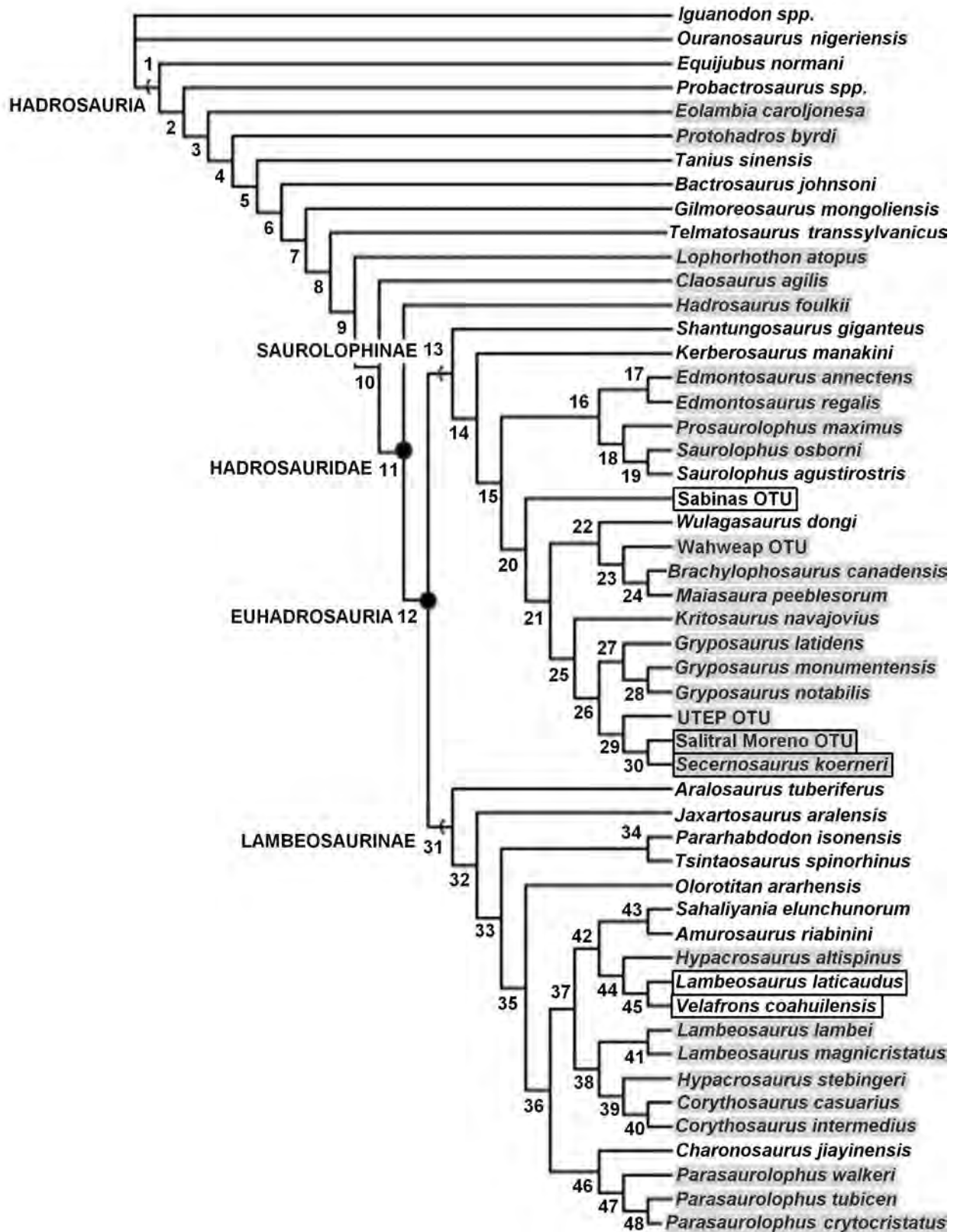
## **Clado 11 Hadrosauridae Cope, 1869**

**Sinapomorfias:** proceso supraacetabular proyectado latero-ventralmente entre la mitad y tres cuartas partes de la profundidad dorso-ventral del cuerpo central del ilión. Proceso supraacetabular antero-posterior corto, menos del 55 % de la longitud total del cuerpo central del ilión.

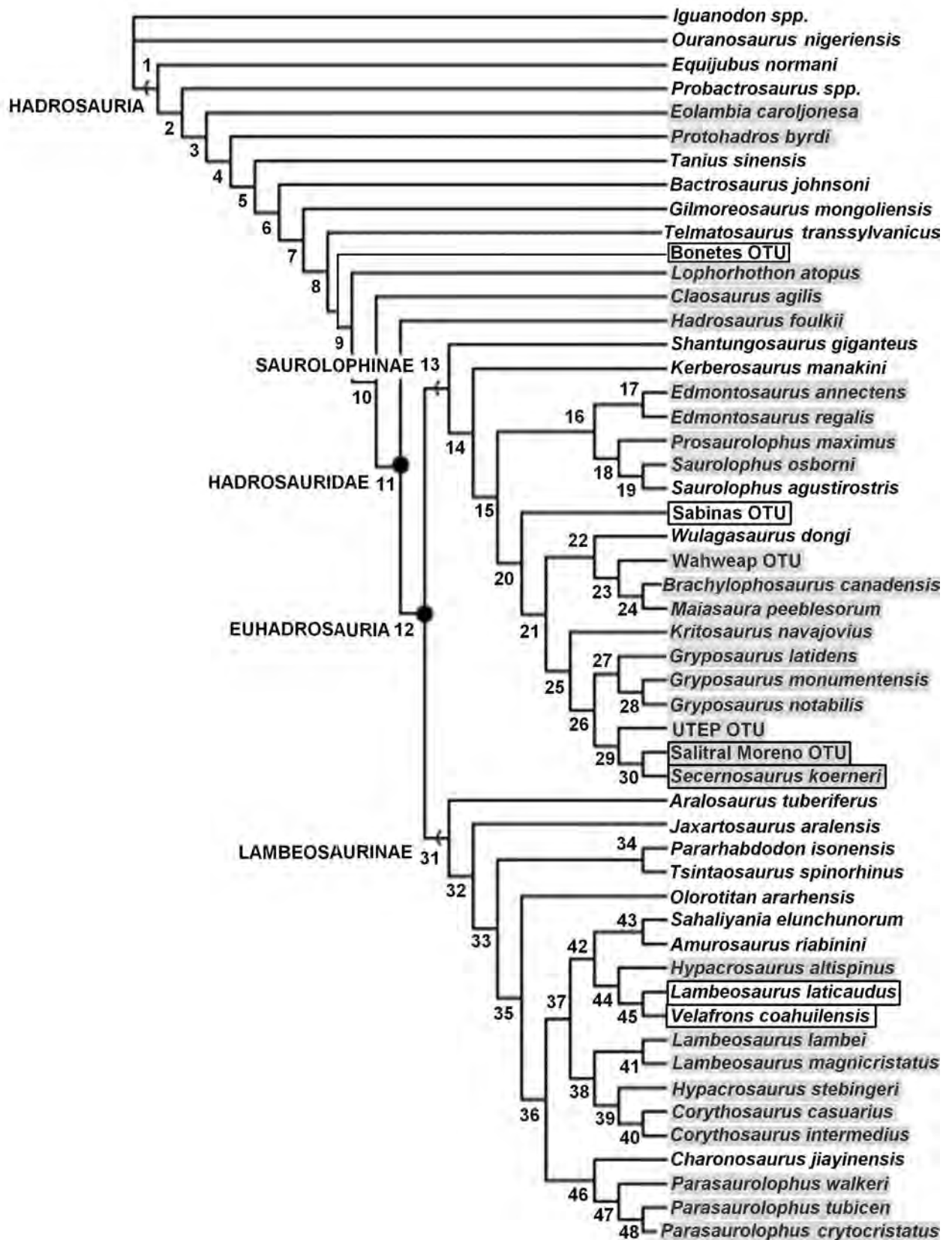
Los caracteres mencionados en este clado los carece por completo el hadrosaurio de los Bonetes.

En conclusión el hadrosaurio de los Bonetes representa un taxa basal relacionado con *Claosaurus* y *Lophorhodon* por presentar un proceso supraacetabular proyectado latero-ventralmente entre el 25% de la profundidad del cuerpo del ilión, un proceso del ectopterigoideo entre los 11° y los 21° y la presencia de un pedúnculo isquial formado por dos protuberancias. Sin embargo, presenta caracteres que carecen *Claosaurus* y *Lophorhodon* como: la presencia del *brevis shelf* en el ilión, la retención de dos dientes por alveólo dorso-ventralmente en el dentario y maxilar, la retención de carinas secundarias y carinas primarias ligeramente desviadas posteriormente en los dientes, ubicándolo antes de estos taxas dentro del nuevo cladograma (Figura 82).

Únicamente presenta dos caracteres muy derivados, compartidos con la familia Hadrosauridae como el proceso supraacetabular localizado antero-dorsalmente respecto a la protuberancia postero-ventral del ilión y la presencia de un proceso dorsal alto en el maxilar. Estos caracteres pudieron haber surgido de manera independiente como lo plantea Prieto-Márquez (2008) para el caso del proceso supraacetabular proyectado fuertemente latero-ventralmente del género *Lophorhodon* compartido con los Euhadrosauria (Clado 12).



**Figura 81.** Cladograma más parsimonioso del grupo Hadrosauria (Tomado de Prieto-Márquez, 2008). Los nombres marcados en gris son taxa norteamericanos, los nombres dentro de un recuadro gris son sudamericanos y los nombres dentro de un recuadro blanco son mexicanos.



**Figura 82.** Cladograma más parsimonioso del grupo Hadrosauria (Modificado de Prieto-Márquez, 2008), incluyendo el taxa de los Bonetes.





**Figura 83.** Material del holotipo N6-B-1 identificado como nuevo género y especie de Hadrosauria. Sólo se muestran las costillas izquierdas.

## Paleopatologías del ejemplar, N6-B-1.

### Introducción

La palabra Paleopatología procede del griego *palaios* (viejo), *pathos* (enfermedad) y *logos* (tratado o estudio) definida por Sir Marc Armand Buffer (1993-1994 en Valero, 2003) como “la ciencia que ha podido demostrar la presencia de las enfermedades en los restos humanos y de los animales de los tiempos antiguos”.

El primer estudio documentado sobre paleopatologías en dinosaurios fue publicado por Eudes-Deslongchamps en 1838 (en Tanke y Rotschild, 1997), en la cual describe una fusión de vértebras en un dinosaurio terópodo *Poekilopleuron*. En la actualidad, mediante la ayuda de la nueva tecnología de la medicina como el escáner de tomografías computarizadas (CT) y la imagen de resonancia magnética (MRI), en conjunto con los veterinarios, biólogos y paleontólogos se ha llegado a una mejor comprensión e interpretación de las enfermedades o patologías en el pasado (Tanke y Rotschild, 1997).

Las enfermedades identificadas en dinosaurios hasta el momento presentan un amplio espectro, abarcando desde patologías dentales, traumatismos múltiples, marcadores de estrés, enfermedades infecciosas, degenerativas, necróticas, malformaciones congénitas, neoplasias, posibles enfermedades parasitarias, ectoparasitarias y evidencias de asfixia (Hanna, 2000; Rotschild, 1997; Tanke y Rotschild, 1997).

La evidencia de lesiones en dinosaurios fitófagos es poco frecuente, en contraste con el registro de lesiones encontradas en los terópodos los cuales son mucho más frecuentes debido a su actividad como cazadores (Hanna, 2000).

En los hadrosaurios se conoce un alto número de fracturas en la cola, probablemente provocadas por el ataque de un terópodo grande o por estrellarlo en algún objeto cuando el animal estaba vivo (Hanna, 2000). También se conocen lesiones e infecciones en todo lo largo de sus extremidades tanto anteriores como posteriores y raramente se presentan en las costillas. Sólo dos mandíbulas de hadrosaurios colectados en “Dinosaur Provincial Park” presentan patologías dentales que causó la pérdida de sus dientes (Rotschild, 1997; Tanke y Rotschild, 1997). Se han identificado también malformaciones congénitas en ejemplares neonatos de un *Maiasaura* y un *Hypacrosaurus* (Tanke y Rotschild, 1997).

Un descubrimiento muy interesante es la probable predisposición genética en la familia Hadrosauridae de un tipo de enfermedad degenerativa como osteocondrosis informada en las falanges de las patas de varios individuos, tanto juveniles como adultos (Rotschild y Tanke, 2007) y la presencia de neoplasias en varios individuos adultos en la región caudal (Rotschild, *et al.* 2003)

De las neoplasias identificadas, la más común fue el hemangioma (neoplasia benigna del endotelio vascular) en tres individuos de *Bactrosaurus*, dos de *Gilmoresaurus*, seis de *Brachylophosaurus* y en quince individuos de *Edmontosaurus*. Las siguientes neoplasias se encontraron en distintos individuos del género *Edmontosaurus* y en una frecuencia de un individuo por neoplasia: fibroma desmoplásico (neoplasia benigna con formación de fibromas), osteoblastoma (neoplasia benigna en los blastómeros) y cáncer metastásico (neoplasia maligna con dispersión a otros órganos adyacentes; Rotschild, *et al.* 2003). La neoplasia benigna identificada como probable condroma en el nuevo hadrosaurio descrito en el presente trabajo, representa el primer reporte de una neoplasia benigna en vértebra torácica en la familia Hadrosauridae descrita en un ejemplar mexicano, además de presentar una diversidad de otras patologías como las neoformaciones de espinas neurales, las cuales se describen a continuación:

### **Compatible neoplasia (tumor) benigna en vértebra torácica distal, N6-B-1/vt-2.**

**Descripción:** probable neoplasia (Figuras 84-86) ubicada en la parte posterior de la vértebra, vt-2 en la unión del proceso transversal con el capítulo de la costilla. Cubre completamente la parapófisis. Externamente presenta un borde circular definido, presentando una forma casi esférica en la parte dorsal de la costilla, pero en la región ventral-posterior de la costilla se extendió de manera lateral, engrosando el borde dorsal del capítulo. Su superficie es lisa y redondeada. En vista posterior, en la parte central presenta una pequeña depresión, la cual contenía sedimento. Internamente, en vista posterior (Figura 85) se observa un borde escleroso (endurecimiento) delgado el cual delimita la zona de la neoplasia y nunca rompe la zona cortical. En su centro se ve una estructura homogénea. En vista distal-proximal (Figura 86) se observa que la neoplasia creció de adentro hacia afuera, ya que el borde escleroso se encuentra en la parte interna de la costilla y la vértebra torácica. El grosor de la neoplasia es mayor en la parte distal que la proximal.

**Diagnóstico:** las neoplasias son clasificadas en dos tipos: las benignas y malignas. Las neoplasias malignas (cáncer) presentan bordes irregulares, son amorfas, de superficies rugosas y tienden a ser invasivas destruyendo el tejido en el que están, los adyacentes o a otros tejidos más alejados invadidos por la metástasis (López, 2003). Por otro lado, las neoplasias benignas presentan bordes definidos, no destruyen el hueso cortical y presentan una forma por lo general redondeada u ovoide (López, 2003). La ubicación de la patología en la vértebra vt-2 y sus características morfológicas externas e internas son compatibles con el tipo de neoplasia benigna.

Los rasgos de presentar un borde escleroso delgado, un crecimiento de dentro hacia afuera y una estructura interna homogénea lo hace compatible con las neoplasias del tipo formadores de cartílago (López, 2003; Cedillo-Ríos, com. pers. 2009) como los condromas. Este tipo de neoplasia parece que se origina en la metafisis (en la zona de crecimiento de los huesos, ubicada entre la diáfisis y la epífisis) a expensas de restos de células cartilaginosas que quedaron aisladas al crecer el hueso (López, 2003).

Probablemente esta neoplasia fue asintomática ya que, según los estudios de Carrier y Farmer (2000), los dinosaurios ornitópodos como los hadrosaurios utilizaban músculos que movían lateralmente al pubis para llevar a cabo la ventilación de los pulmones, sin participar las costillas torácicas.

### **Neoformación de espina neural de vértebra torácica proximal, N6-B-1/vt-5.**

**Descripción:** neoformación (nuevo crecimiento) ubicado en la parte anterior de la base de la espina neural (Figura 87). Presenta una bifurcación de donde nace el borde anterior de la espina neural normal y una nueva espina neural bien desarrollada. La espina patológica se formó de manera normal, presentando todas las características de una de las espinas neurales normales, sin embargo se inclinó postero-dorsalmente y lateralmente.

**Diagnóstico:** la formación de un nuevo hueso (neoformación) desarrollado de manera normal (ya que al parecer desarrolló dos espinas neurales en una misma vértebra) sugiere que esta patología ocurrió desde el nacimiento (patología congénita), ya que los nuevos huesos o protuberancias formadas durante su estadio adulto por lo general son incompletas y anormales (Martín, 2003).

### **Neoformación de tubérculo de una costilla, N6-B-1/c-8.**

**Descripción:** neoformación (Figura 88) ubicada en la base del tubérculo, el cual surge en dirección dorsal anterior un nuevo tubérculo corto, pero su parte posterior se encuentra desgastada.

**Diagnosis:** esta formación se encuentra dentro del tubérculo con el cual se articulaba con la vértebra torácica. Esto implica el hecho de que el hadrosaurio sufrió un estrés en esta articulación (provocado probablemente por un traumatismo o un agente infeccioso) lo que provocó la degeneración de la articulación (artrosis vertebral), creando un nuevo tubérculo (Martín, 2003).

### **Compatible callo óseo en costilla, N6-B-1/c-11.**

**Descripción:** compatible callo óseo (Figura 89) ubicado en la parte media del cuerpo de la costilla, dando lugar a un engrosamiento muy brusco, poco irregular y ligeramente liso en su superficie, engrosando la parte distal de la costilla. De manera distal, se ve parte de una fractura que desplazó en dirección medial el extremo de la costilla.

**Diagnosis:** la costilla presenta un engrosamiento abrupto, con superficie lisa y una fractura que desplazó la parte distal de la costilla, estas características lo hacen compatible con los callos óseos descritos en diversos dinosaurios (Hanna, 2002; Tanke y Rotschild, 1997). Los callos óseos son productos de un traumatismo (un golpe) y los cuales se sabe que llegan a alterar el crecimiento del hueso en donde se formó (Hanna, 2002; Martín, 2003), por ello la costilla c-11 se encuentra muy malformada. No se consideró una neoplasia por no presentar bordes definidos en el caso de que fuera benigna o alguna forma irregular o invasiva que hubiera debilitado a la costilla, en el caso de una maligna (López, 2003).

### **Depresiones en espinas neurales del sacro, N6-B-1/ens-2, ens-3, ens-4.**

**Descripción:** en tres espinas neurales del sacro (Figura 90) se ubicaron tres depresiones en la vista lateral derecha. En el centro de las depresiones se observa parte del endósteo. La espina neural ens-2 presenta una depresión en el extremo posterior en la zona media, con forma de media luna y bordes definidos, sin embargo, la espina ens-4 presenta una depresión de menor tamaño y bien delimitado en sus bordes en el extremo posterior, del otro lado de la depresión se formó una ligera protuberancia convexa. La espina neural ens-3 presenta una depresión con bordes poco definidos y mucho mayor en tamaño, que al parecer surgió a partir de la depresión de la espina neural ens-2, provocando la debilidad y fractura durante la diagénesis de la ens-3.

**Diagnosis:** estas depresiones en el hueso son raras en el registro fósil de los dinosaurios, pero se han informado en la escápula del *Allosaurus* big Al (Hanna, 2002) y en las golas de varios ceratópidos (Tanke y Farke, 2007). Este tipo de patologías también se han descrito en los caparzones y plastrón de las tortugas fósiles y actuales del Cenozoico, atribuidas a la acción de algún hongo o infección bacteriana cuando el animal ya había muerto (Hutchinson and Frye, 2001), aunque también podría pertenecer a alguna enfermedad desconocida en la actualidad.

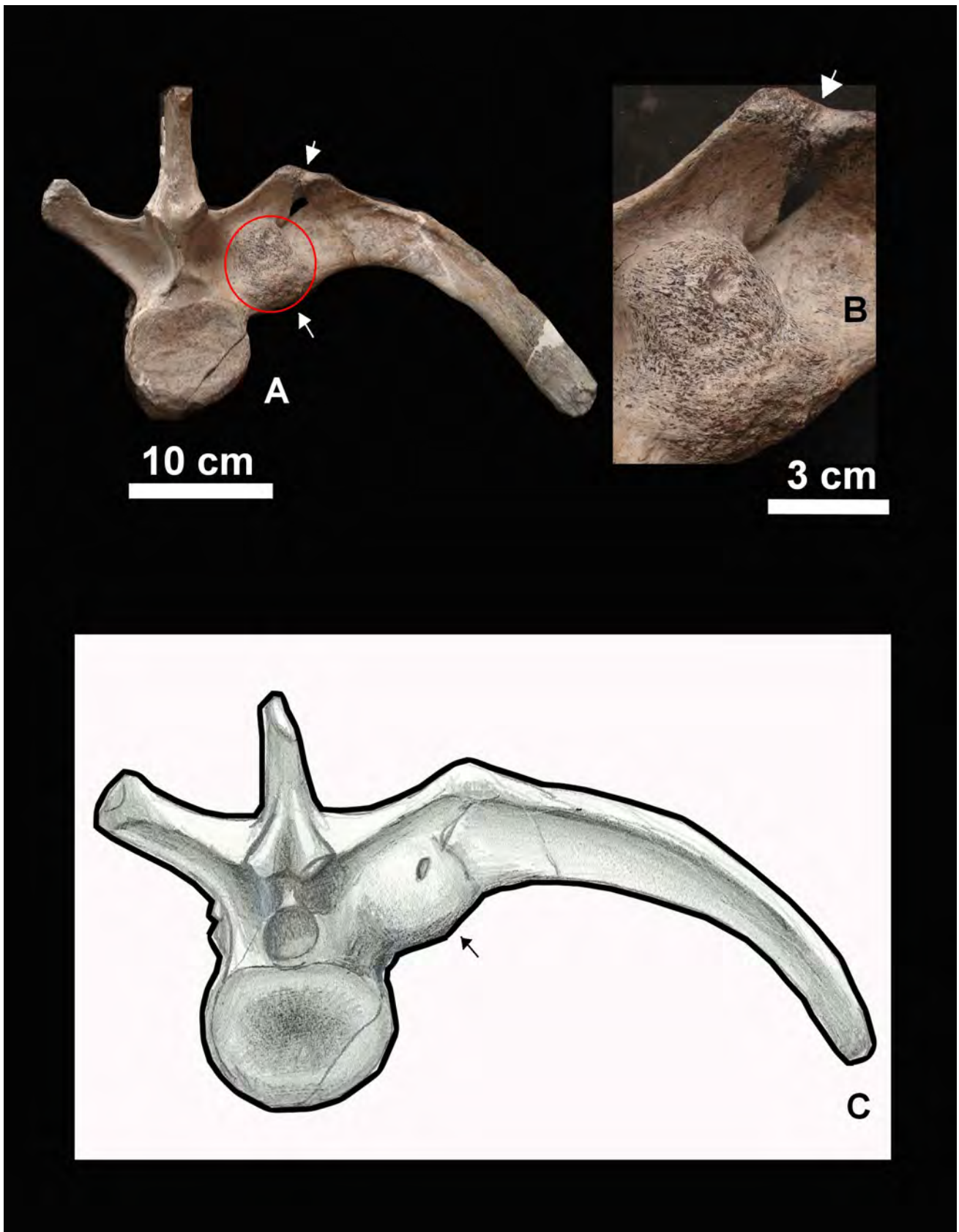
### **Neoformación de espina neural originada de una precigoapófisis, N6-B-1/vc-2.**

**Descripción:** la neoformación (Figura 91) se ubica en una de las precigoapófisis, en su parte dorsal distal surge una proyección postero-dorsalmente, comprimida lateralmente, formando una nueva espina neural incipiente.

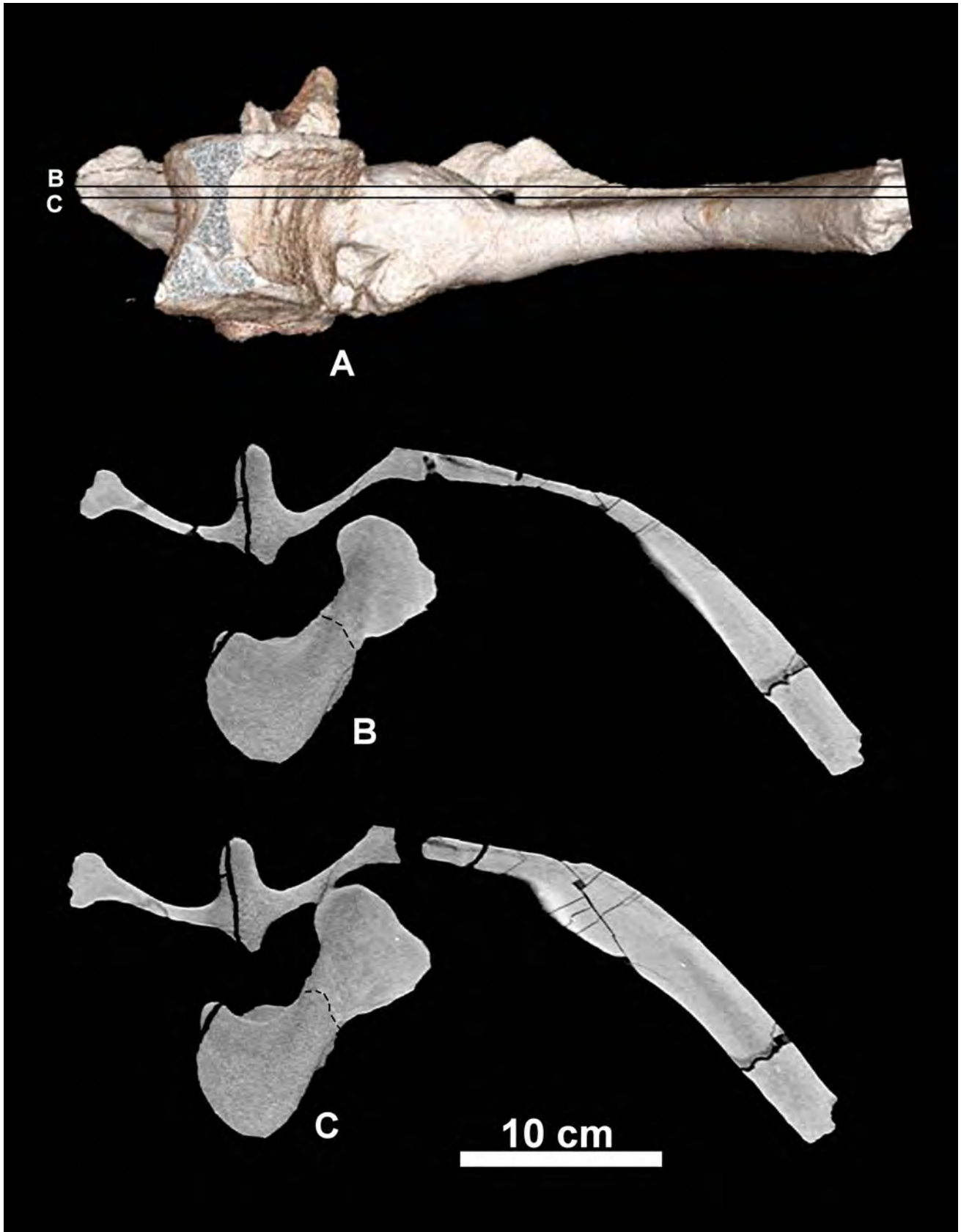
**Diagnosis:** se han descrito patologías similares compatibles con las exostosis (proyecciones del periosteó) en distintos dinosaurios (Hanna, 2002; Tanke y Rothschild, 1997), sin embargo, se diferencian por presentar una forma de gancho o fungiforme (Tanke y Rothschild, 1997), la cual carece la vértebra caudal vc-2. Pudo haber sido originada por un error genético de nacimiento (congénita) o por un estrés (un golpe, mala alimentación, etc.) provocando la degeneración de la precigapófisis (artrosis), formando un nuevo hueso (Martín, 2003). Por el tamaño de la proyección se podría suponer que se formó mucho antes de morir, probablemente cuando estaba joven.

El establecimiento de la patogénea y diagnosis correcta de las paleopatologías son muy complicadas dado la naturaleza del registro fósil, es por tal motivo que se debe tener en cuenta el comentario del Dr. L. Roy Moodie en 1967 (en Valero, 2003): *La literatura de paleontología de vertebrados contiene un número incidental de enfermedades naturales en los huesos fósiles de peces, anfibios, reptiles, aves y mamífero. Las lesiones descritas indican una variedad de patologías, las cuales no son comunes en la actualidad. Esto imposibilita la diagnosis correcta con base a nuestro conocimiento actual de las enfermedades modernas...Por ello en la extinción de las razas antiguas de animales, ciertas enfermedades, sin duda alguna, se extinguieron junto con ellos...*

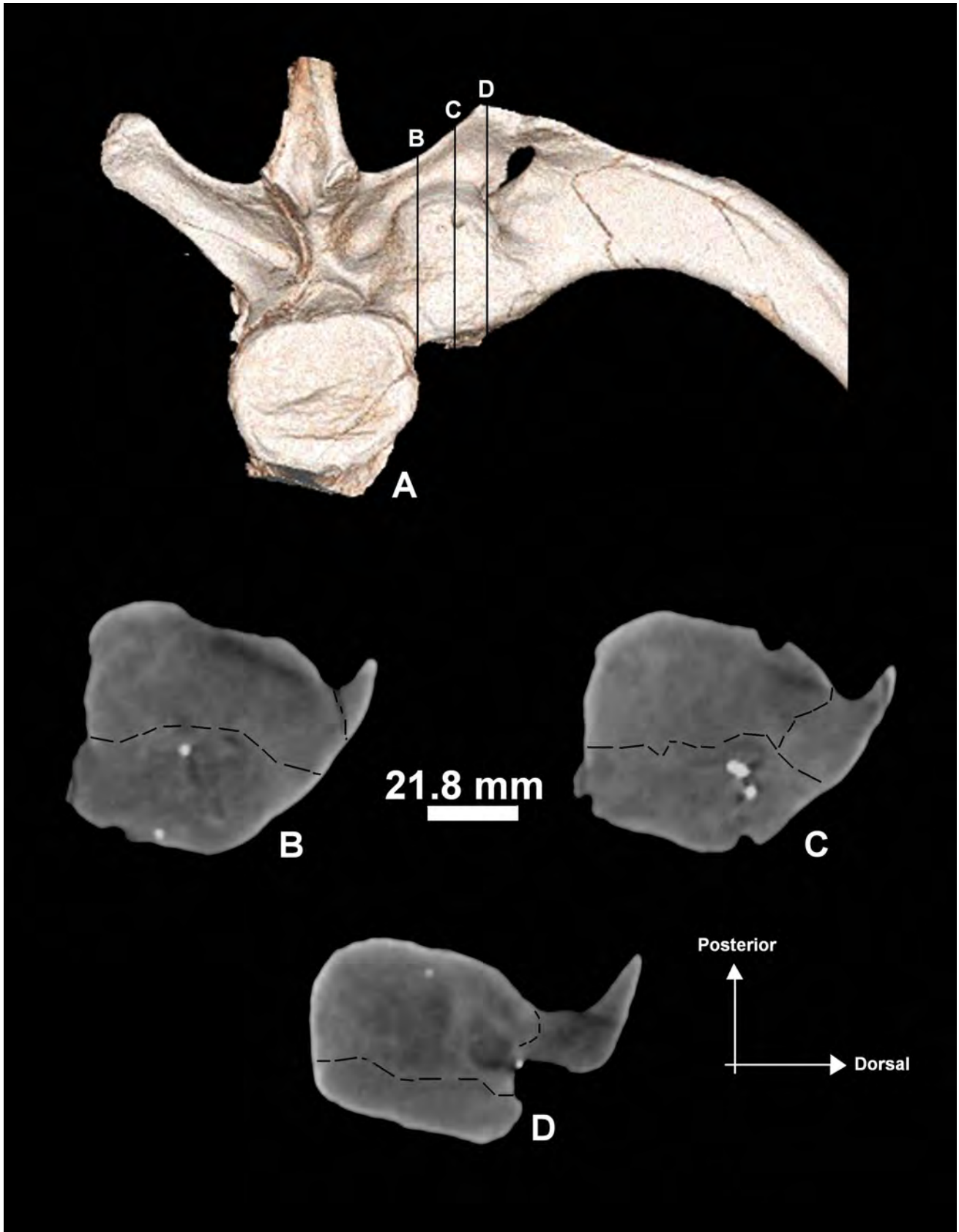
Como lo plantea Moodie, ciertamente algunas enfermedades se pudieron haber perdido para siempre, sin embargo eso no es un impedimento para estudiar las paleopatologías, ya que nos abren una ventana extra al pasado de las enfermedades y ciertamente de la vida de los organismos en el pasado, mostrándonos los efectos de sus interacciones intra e interespecíficas y nos permite hacer inferencias de la vida de un individuo (como el caso del *Allosaurus* “Big Al”) y hacer suposiciones a ciertas predisposiciones genéticas a determinadas enfermedades (Tanke y Rotschild, 1997).



**Figura 84.** Paleopatología en N6-B-1/vt-2 diagnosticada como neoplasia benigna: A, B y C, vista anterior. El círculo marca los límites de la neoplasia. Las flechas indican las zonas de fusión de hueso.

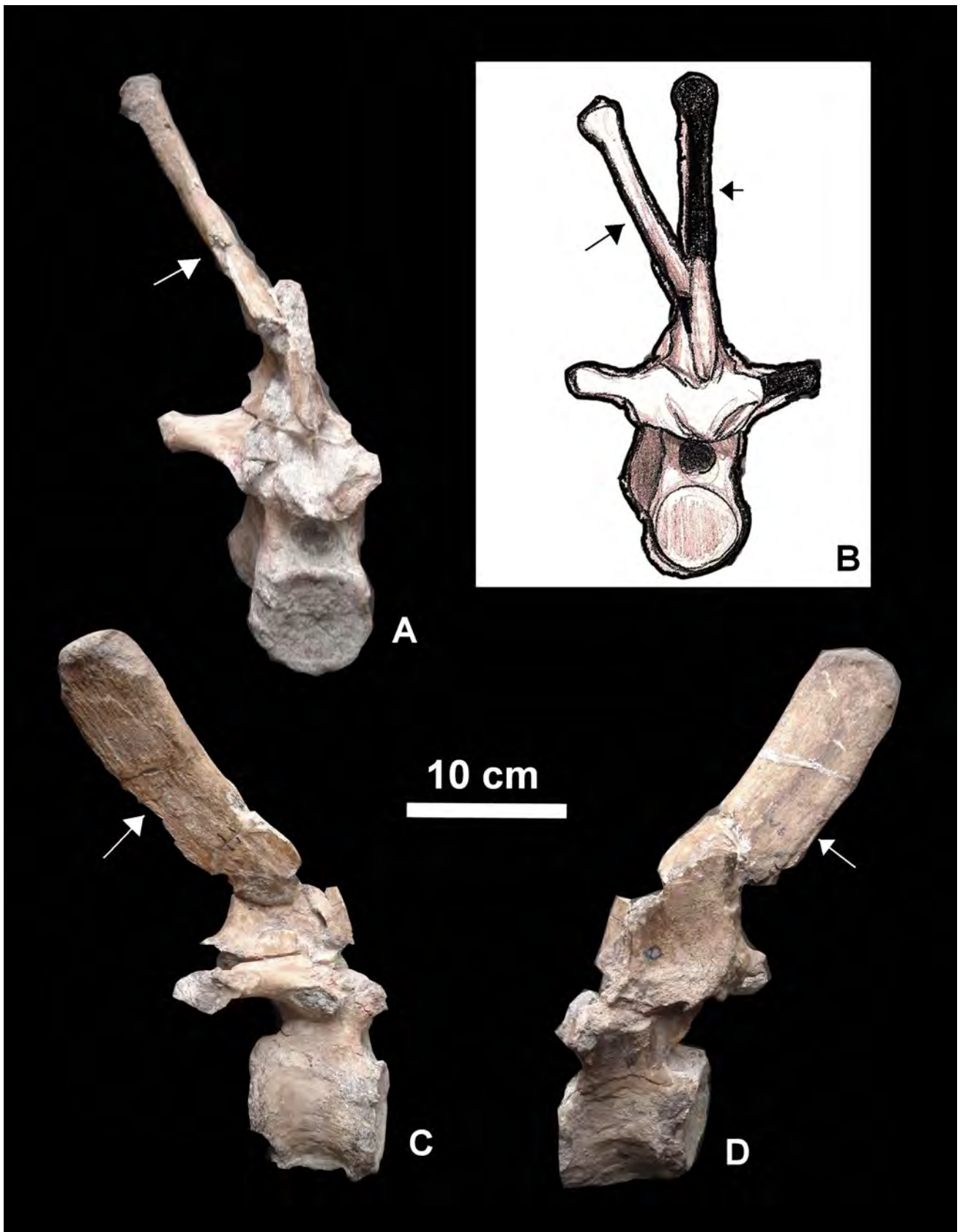


**Figura 85.** Paleopatología en N6-B-1/vt-2 diagnosticada como neoplasia benigna: A, vista ventral de la reconstrucción VRT, mostrando la ubicación de los cortes; B, sección posterior, C, sección anterior. Las líneas punteadas marcan los límites de la neoplasia.

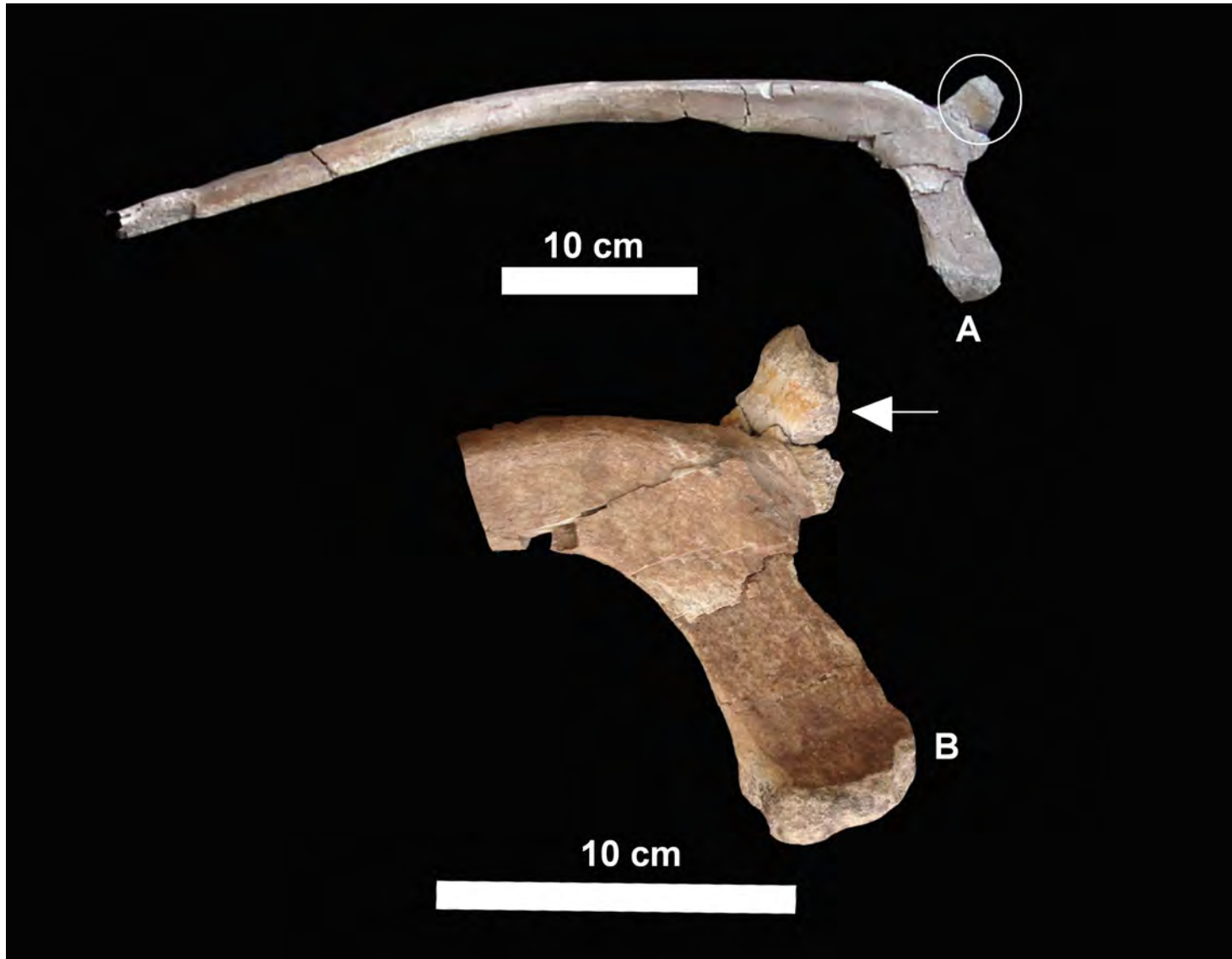


**Figura 86.** Paleopatología en N6-B-1/vt-2 diagnosticada como neoplasia benigna: A, vista posterior de la reconstrucción VRT, mostrando la ubicación de los cortes; B, sección proximal, C, sección media y D, sección distal. Las líneas punteadas marcan los límites de la neoplasia.

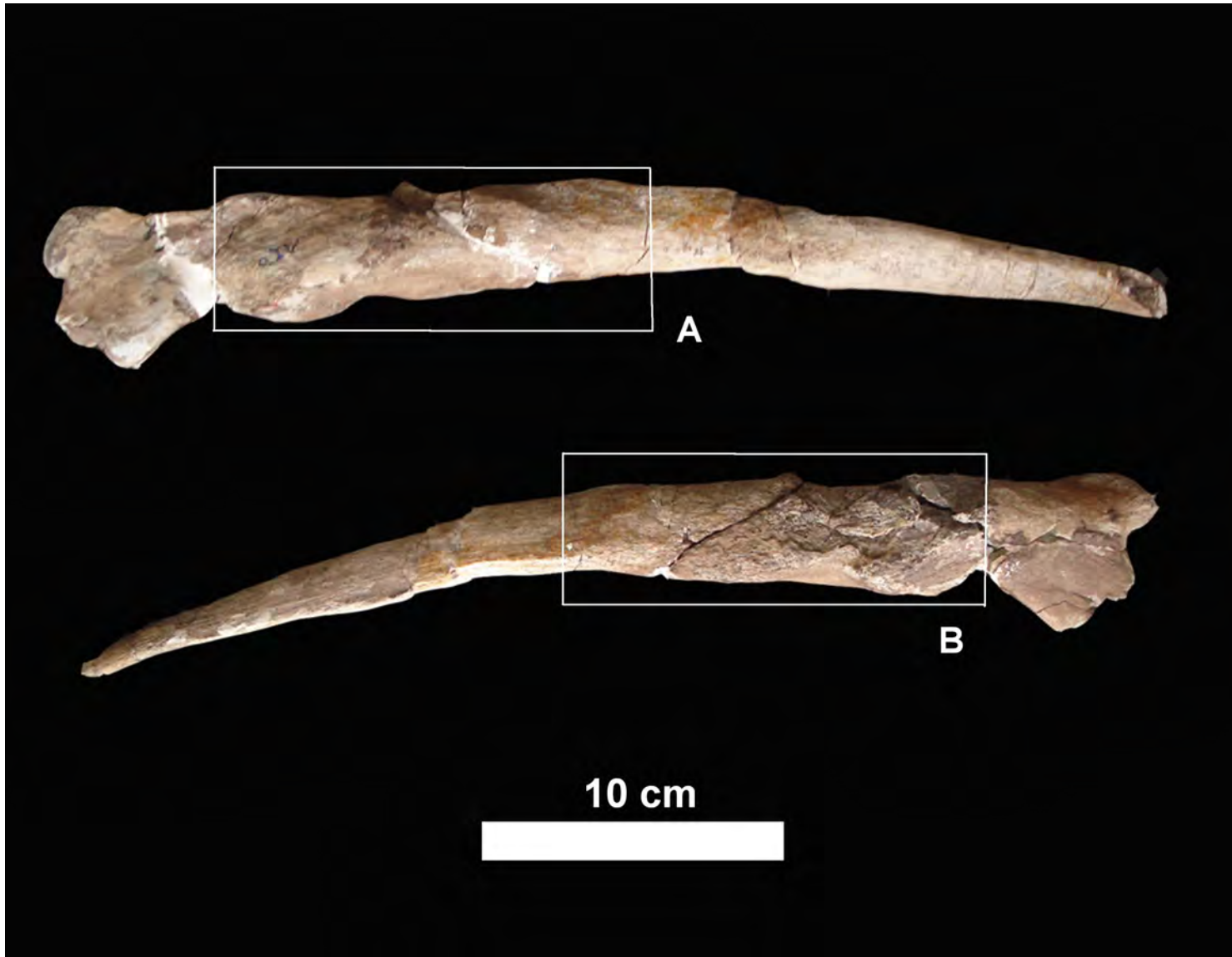




**Figura 87.** Paleopatología en N6-B-1/vt-5 diagnosticada como neoformación de espina neural: A y B, vista anterior, C, vista lateral derecha y D, vista lateral izquierda. Las flechas largas marcan la espina neural patológica. La flecha pequeña marca la espina neural normal.



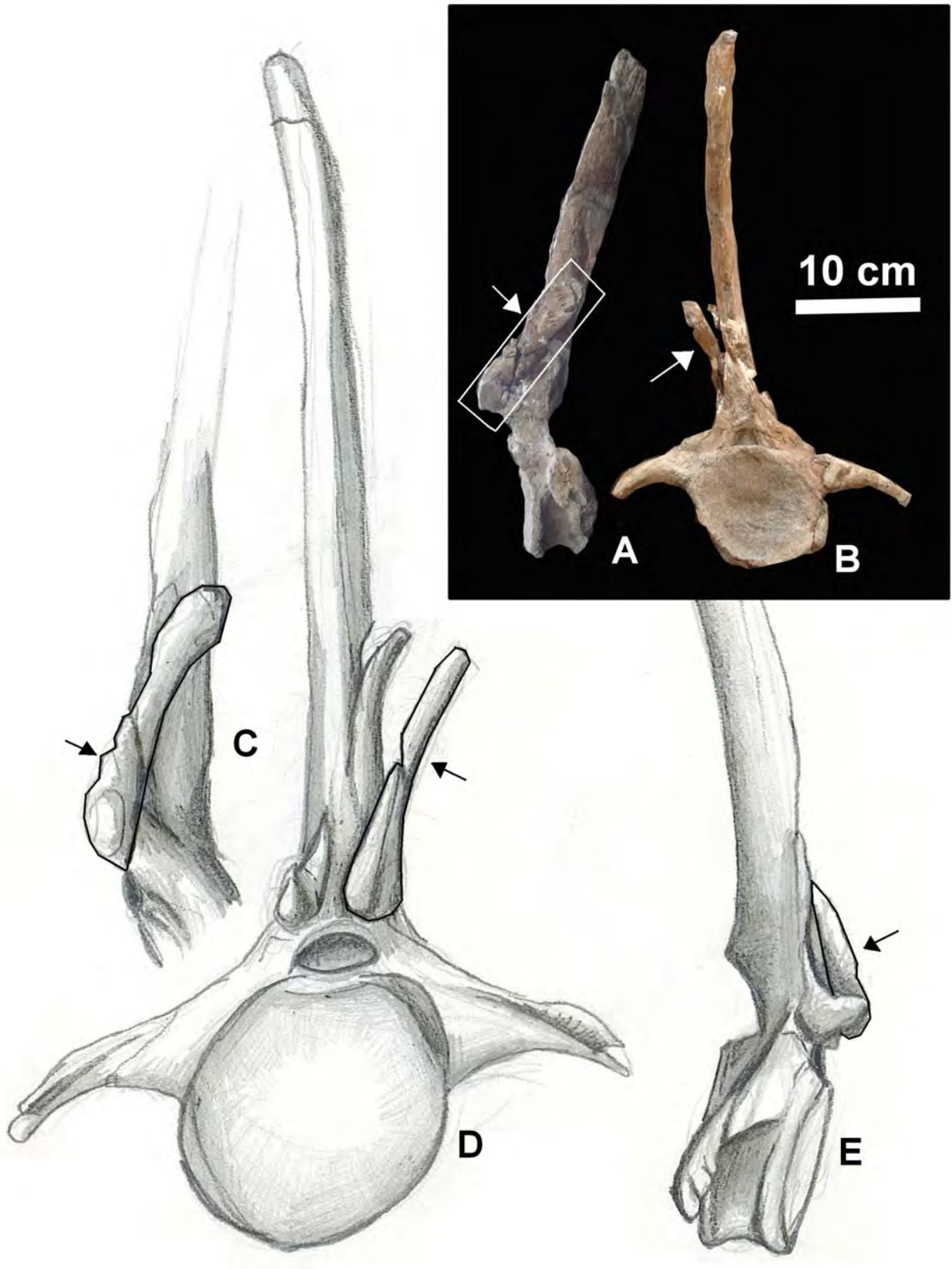
**Figura 88.** Paleopatología en N6-B-1/c-8 diagnosticada como neoformación de tubérculo: A y B, vista anterior. La flecha y el círculo marcan la patología.



**Figura 89.** Paleopatología en N6-B-1/c-11 diagnosticada como callo óseo: A, vista posterior y B, vista anterior. El recuadro marca los límites de la patología.



**Figura 90.** Paleopatología en N6-B-1/ens 2-4 diagnosticadas como depresiones producto de enfermedad desconocida: A, vista lateral derecha y B, vista lateral izquierda. Las flechas marcan la ubicación de las patologías.



**Figura 91.** Paleopatología en N6-B-1/vc-2 diagnosticada como deformación de precoracoapófisis: A, vista lateral, B, vista posterior, C, vista lateral izquierda, D, vista anterior y E, vista lateral derecha. Las flechas y el recuadro marcan la patología.

**Medidas de las patologías encontradas en el ejemplar N6-B-1 (Hadrosauridae *gen. y sp. nov.*)**

<b>Patologías circulares (neoplasias, depresiones y callo óseo) N6-B-1</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>Dh</b>	<b>Dv</b>
vt-2	45	60
c-8	103	32
ens-2	35	60
ens-3	80	125
ens-4	24	40

<b>Neoformación de espinas neurales N6-B-1</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>S1</b>	<b>Sw</b>
vt-5	280	54
vc-2	133	30

<b>Neoformación de tubérculo en costilla N6-B-1</b>		
<b>Ejemplar</b>	<b>H</b>	<b>Lt</b>
c-7	127	465

## DISCUSIÓN

### PALEOGEOGRAFÍA Y PALEOBIOGEOGRAFÍA.

De acuerdo con Centeno-García, *et al.* (2004) y García-Barrera (2006) México durante el Coniaciano-Santoniano sólo presentaba una franja de tierra al oeste del país y probablemente un arco de islas al suroeste, con ausencia de arrecifes de rudistas (Figura 91). Hasta ahora no se ha hecho una reconstrucción paleogeográfica de México durante el intervalo Coniaciano-Santoniano por la falta de estudios geológicos y paleontológicos concluyentes (Centeno-García com. pers. 2009).

**Ceratosauria:** el grupo de los ceratosaurios comprende formas gráciles como *Elaphrosaurus* y *Limusaurus*, formas robustas y pequeñas con miembros anteriores cortos como *Masiakasaurus*, y los más grandes y ornamentados como *Ceratosaurus*, *Carnotaurus* y *Abelisaurus*. Su registro fósil se encuentra restringido principalmente en los sedimentos del Cretácico del hemisferio sur y algunos registros de África y Europa (Tykoski y Rowe, 2004; Xu, *et al.* 2009).

Durante el intervalo Cenomaniano-Santoniano (Figura 92) el registro de Ceratosaurios para América es muy pobre, y únicamente se conocen reportes en Argentina de la Formación Bajo Barreal, Formación Castillo, Formación Laguna Palacios y la Formación Río Colorado. En esta última formación se describieron a *Velocisaurus*, *Aucasaurus* y *Abelisaurus* (Weishampel, *et al.* 2004). Los pocos ceratosaurios reportados para Norteamérica solo se conocen en afloramientos del Jurásico Tardío como *Elaphrosaurus* y *Ceratosaurus* (Tykoski y Rowe, 2004).

El nuevo Ceratosaurio de los Bonetes (N6-A-8) a pesar de ser del intervalo Cenomaniano-Santoniano, presenta una mayor afinidad con ceratosaurios Jurásicos (Kimmeridgiano) como *Elaphrosaurus* de la Formación Tendaguru de África (Tykoski y Rowe, 2004) y de la Formación Morrison de Colorado, E.U.A. (Chure, 2001). Estas taxa a su vez, se encuentran relacionados con *Spinostropheus* de la Formación Tiourarén en África del Hauteriviano (Serenó, *et al.* 2004) y con *Limusaurus* descrito recientemente de la Formación Shishugou en China del Oxfordiano (Xu, *et al.* 2009).

Si su presencia se confirma representaría el primer registro de un ceratosaurio basal para México y Norteamérica del Cretácico Tardío.

**Tyrannosauridae:** la familia Tyrannosauridae se integra por el *Tyrannosaurus*, *Stokesaurus* y *Labocania*. Dentro de la misma familia se incluye a tyrannosáuridos únicamente conocidos por sus dientes como *Aublysodon*, el cual en la actualidad Carr y Williamson (2006 en Glut, 2006) con el material de *A. molnari* y otros tyrannosáuridos pequeños (como *Stygivenator* y *Dinotyrannus*) han sugerido que estos taxa podrían representar varios estadios ontogenético del *Tyrannosaurus rex* o representar a un tyrannosáurido diferente con caracteres juveniles.

Los dientes más antiguos asignados al género *Aublysodon* (Figura 93) se conoce de la Formación Straight Cliffs en Utah, que data del Turoniano. Los otros informes son del Coniaciano al Maastrichtiano y comprende: la Formación Foremost, Oldman, Dinosaur Park y Horseshoe Canyon en Alberta, Canadá; Formación Wahweap en Utah; en la parte baja de la Formación Kirtland en Nuevo México; Formación Denver en Colorado; en la parte baja de la Formación Two Medicine, Judith River y Hell Creek en Montana; Formación Medicine Bow, Ferris y Lance en Wyoming (Weishampel, *et al.* 2004).

Los dientes referidos Tyrannosauridae (con afinidad a *Aublysodon*) en México datan del Campaniano y se ha encontrado en la Formación El Gallo, en el Rosario, Baja California (Rivera-Sylva, *et al.* 2006) y en la Formación Olmos, el Mezquite, Coahuila (Torres-Rodríguez, 2006).

El diente, N2-10 encontrado en la Barranca de los Bonetes representa el segundo registro de un Tyrannosauridae con afinidad a *Aublysodon* en un yacimiento del Santoniano (el primero se descubrió en la parte baja de la Formación Two Medicine en Montana) para Norteamérica y el registro más austral de este taxón y de la familia Tyrannosauridae.

**Titanosauriformes:** los titanosauriformes se conocen en América desde el Jurásico, representado por *Brachiosaurus*, pero no es hasta que surgen los verdaderos Titanosaurios, los cuales se expanden principalmente por Gondwana y unos pocos casos en Laurasia, siendo principalmente abundantes en Sudamérica como *Argentinosaurus*, *Saltasaurus*, *Laplatasaurus*, entre otros (Upchurch, *et al.* 2008).

Para el Santoniano (Figura 94), sólo se conocen titanosaurios en Argentina: *Argyrosaurus superbus* de la Formación Laguna Palacios; *Neuquensaurus australis*, *Titanosaurus* sp., *Argyrosaurus* sp., *Antarctosaurus wichmannianus*, *Macrurosaurus* sp. y *Saltasaurus robustus* de la Formación Río Colorado.

Para Norteamérica se conocen únicamente dos géneros de titanosaurios: *Venenosaurus* (Upchurch, *et al.* 2004) del Cretácico Temprano (Berriasiano-Hauteriviano) de la parte baja de la Formación Cedar Mountain en Utah y *Alamosaurus* (Upchurch, *et al.* 2004) para el Cretácico Tardío (Campaniano-Maastrichtiano) reportado en la parte baja y alta de la Formación Kirkland, Nuevo México; Formación North Horn, Utah; Formación Javelina, El Picacho y Black Peaks, Texas; en la Formación Fort Crittenden, Arizona (Ratkevich, 1997) y en la Formación Aguja, Chihuahua (Montellano-Ballesteros, 2003) y Coahuila (Hernández-Rivera com. pers, 2008).

Lucas y Hunt (1989) propusieron que los saurópodos americanos fueron extirpados de Norteamérica a final del Albiano y recolonizaron el continente desde Sudamérica durante el Maastrichtiano. Wilson y Sereno (1998) cuestionaron el “hiatus saurópoda” del Cretácico medio sugiriendo que esto se debe a la falta de muestras.

El fémur referido a N3-1 interpretado como cf. Titanosauriforme de la Barranca de los Bonetes apoya la idea de que no existía el tal “hiatus saurópoda” dentro de Norteamérica, provocado por la falta de localidades del Cretácico Temprano en Norteamérica o por cuestiones tafonómicas (como se menciona más adelante en el presente trabajo). Sin embargo, para confirmar su identificación como Titanosauriforme es necesario recolectar más evidencias en mejores condiciones y nuevos restos óseos que sean más diagnósticos como los dientes o las vértebras.

**Ornithopoda basal:** incluye dinosaurios ornitíscidos de pequeño tamaño como los heterodontosáuridos, *Hypsilophodon*, *Thescelosaurus*, *Oryctodromeus*, entre otros. En América la gran mayoría de los ejemplares han sido encontrados en yacimientos del Cretácico Tardío del Albiano o del límite Campaniano-Maastrichtiano, siendo estos últimos los más abundantes (Norman, *et al.* 2004). Para el Coniaciano-Santoniano únicamente se conoce un registro en Argentina de la Formación Mata Amarilla identificado como *Loncosaurus argentinus* (Coria y Cambiaso, 2007).

El ejemplar N2-10 representa el primer registro de este tipo de dinosaurios en México y el segundo de una edad del Coniaciano-Santoniano. Sin embargo, se requiere encontrar más elementos mejor preservados para conocer más acerca de estos dinosaurios en nuestro territorio.



**Iguanodontoideos:** anteriormente los iguanodontoideos eran únicamente conocidos por sus parientes europeos como *Iguanodon*, sin embargo, en recientes revisiones se ha identificado un gran número de ellos en Norteamérica (Figura 95), los cuales se había confundido con hadrosaurios basales. Se conoce a "*Iguanodon*" *ottigeri* (Weishampel, *et al.* 2004), y *Cedrorestes* (Glipin, *et al.* 2007) de la parte baja de la Formación Cedar Mountain, Utah, *Dakotadon* de la Formación Lakota, Dakota del Sur (Weishampel, *et al.* 2004), *Eolambia* junto con dos iguanodontoideos no identificados de la parte alta de la Formación Cedar Mountain, Utah (Weishampel, *et al.* 2004), *Protohadros* de la Formación Woodbine, Texas y un iguanodontoideo sin identificar de la Formación Crevasse Canyon, Nuevo México (Weishampel, *et al.* 2004). Para el centro y sur de América se conoce un posible iguanodontoidea de la parte baja del Valle de Angeles "Red beds" en Honduras (Horne, 1994), la Formación Guichon de Uruguay (Weishampel, *et al.* 2004) y la Formación Portezuelo de Argentina (Coria y Cambiaso, 2007).

El informe de Honduras del Cenomaniano de un fémur identificado como un hadrosaurio o iguanodóntido por Horne (1994) es de suma importancia, ya que representaría el registro más antiguo sobre el intercambio faunístico entre las dos Américas indicando su posible presencia en México durante el Cenomaniano-Santoniano. Este ejemplar, con base en la tabla 2 de caracteres comparativos entre los hadrosaurios y los iguanodontoideos, la fotografía y el estudio comparativo de Horne (1994) se podría identificar tentativamente como un iguanodontoidea por la presencia del surco intercondilar abierto en su extremo.

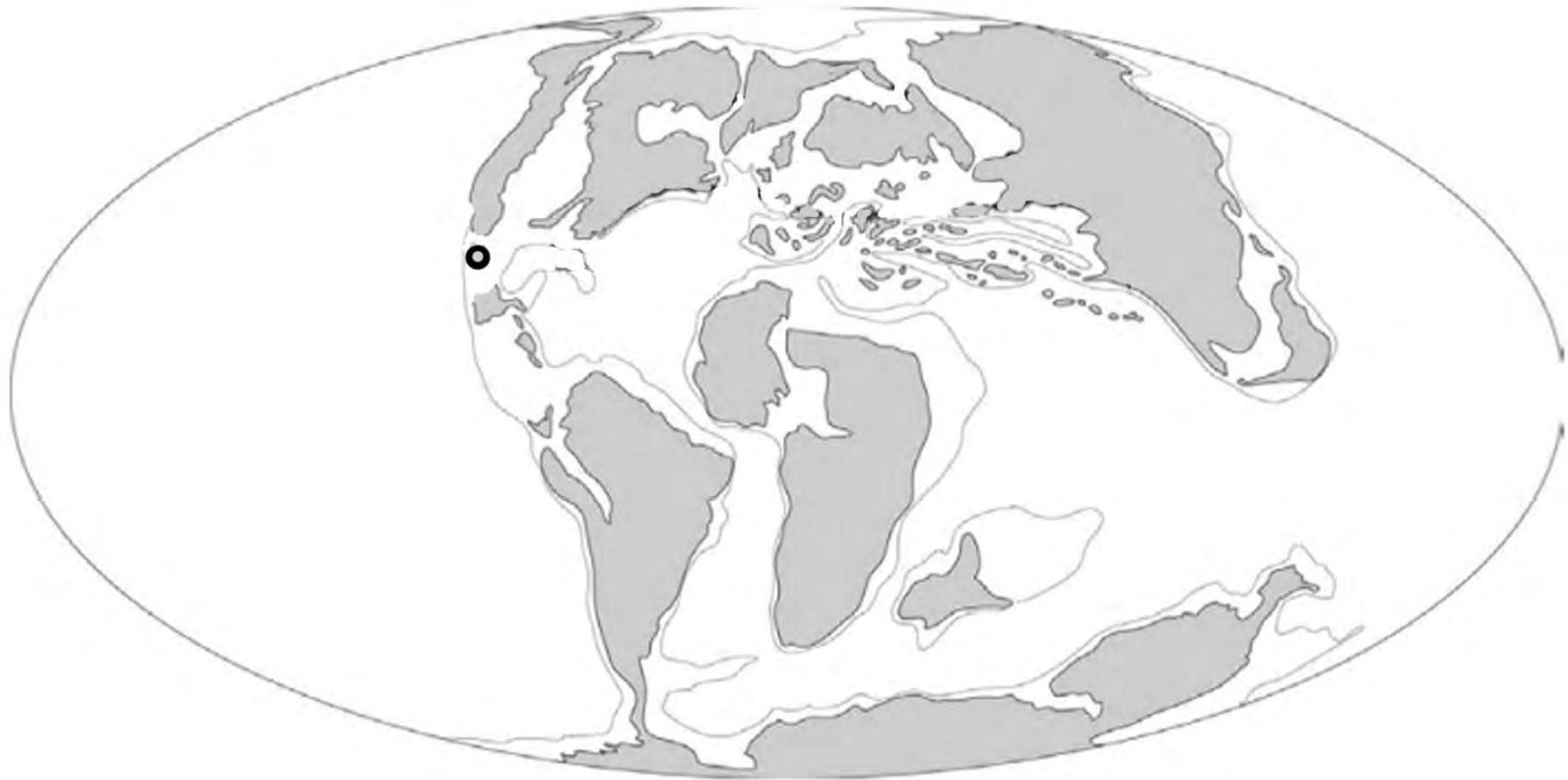
Los ejemplares IGM 8824, N2-14, N2-15, N2-16, N2-17, N2-18, N5-1 y N5-2 representan las primeras evidencias directas de la presencia de Iguanodontoideos en México, además de representar la tercera localidad del Coniaciano-Santoniano con este taxa y ser los últimos iguanodontoideos de América, antes de ser reemplazados por los hadrosaurios derivados.

**Hadrosauria basales:** los hadrosaurios basales para América (Figura 96) son muy poco conocidos ya que la gran mayoría de ellos sólo están representados por algunas vértebras como *Hypsibema* de la Formación Black Creep, Carolina del Norte, *Ornithotarsus* de la Formación Monmouth, Nueva Jersey y *Parrosaurus* de la Formación Ripley, Missouri y sólo *Claosaurus* de la Formación Niobrara Chalk en Kansas y *Lophorhodon* de la Formación Mooresville Chalk en Alabama (Weishampel, *et al.* 2004) se encuentran más completos, conocidos tanto por material craneal y postcraneal.

Los ejemplares referidos a N3-10, N3-11, N3-12 y principalmente el ejemplar, N6-B-1 representan el primer hadrosaurio basal encontrado en México.

De acuerdo a Prieto-Márquez (2009) los hadrosaurios se originaron de Asia y atravesaron Europa hasta llegar al este de Norteamérica durante el Coniaciano tardío a través de dos posibles rutas de dispersión (Figura 97). Una posible ruta fue atravesando el mosaico de islas en el Este de Europa, dado por la presencia de *Telmatosaurus* hasta llegar al sureste de Norteamérica donde se encontraron *Claosaurus* y *Lophorhodon*. La otra posible ruta para llegar a Norteamérica pudo haber sido via sur de Groenlandia y a través de la Península de Labrador, esta otra alternativa se soporta por la proximidad de las líneas de costa de Europa, Groenlandia y Norteamérica en las reconstrucciones paleogeográficas (Zharkov, *et al.* 1998).

El nuevo hadrosaurio de los Bonetes sugiere que la ruta de dispersión no se detuvo en el sureste de Norteamérica, si no que continuó hasta llegar al suroeste cruzando el mar interior de Norteamérica hasta llegar al estado de Michoacán.



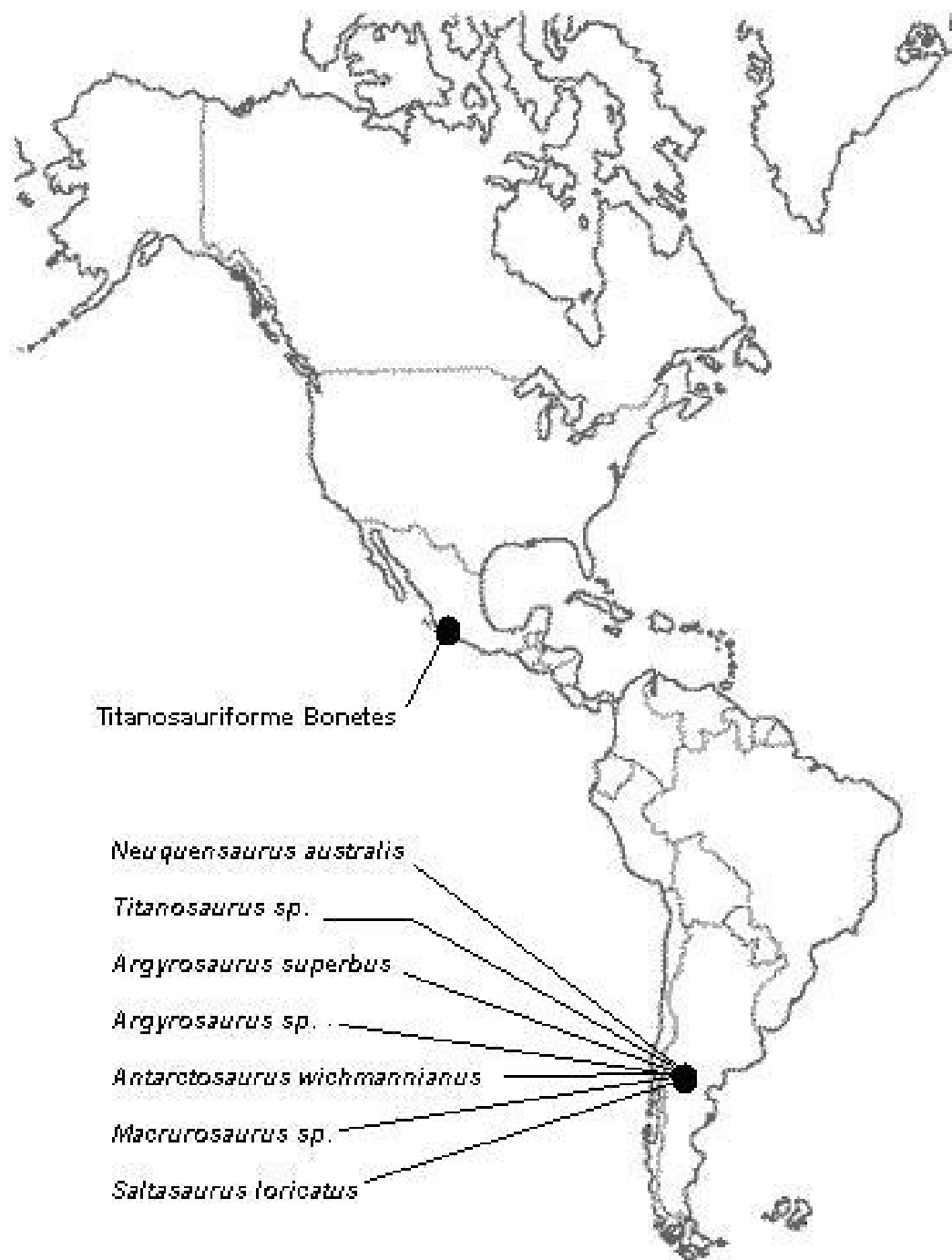
**Figura 92.** Reconstrucción paleogeográfica durante el Coniaciano (Modificado de Blakey, 2001). El punto marca la ubicación de la Barranca de Los Bonetes.



**Figura 93.** Localidades con restos de ceratosauros en América.



Figura 94. Localidades con restos de *Aublysodon* en Norteamérica.



**Figura 95.** Localidades con restos de titanosauriformes del Coniaciano-Santoniano en América.

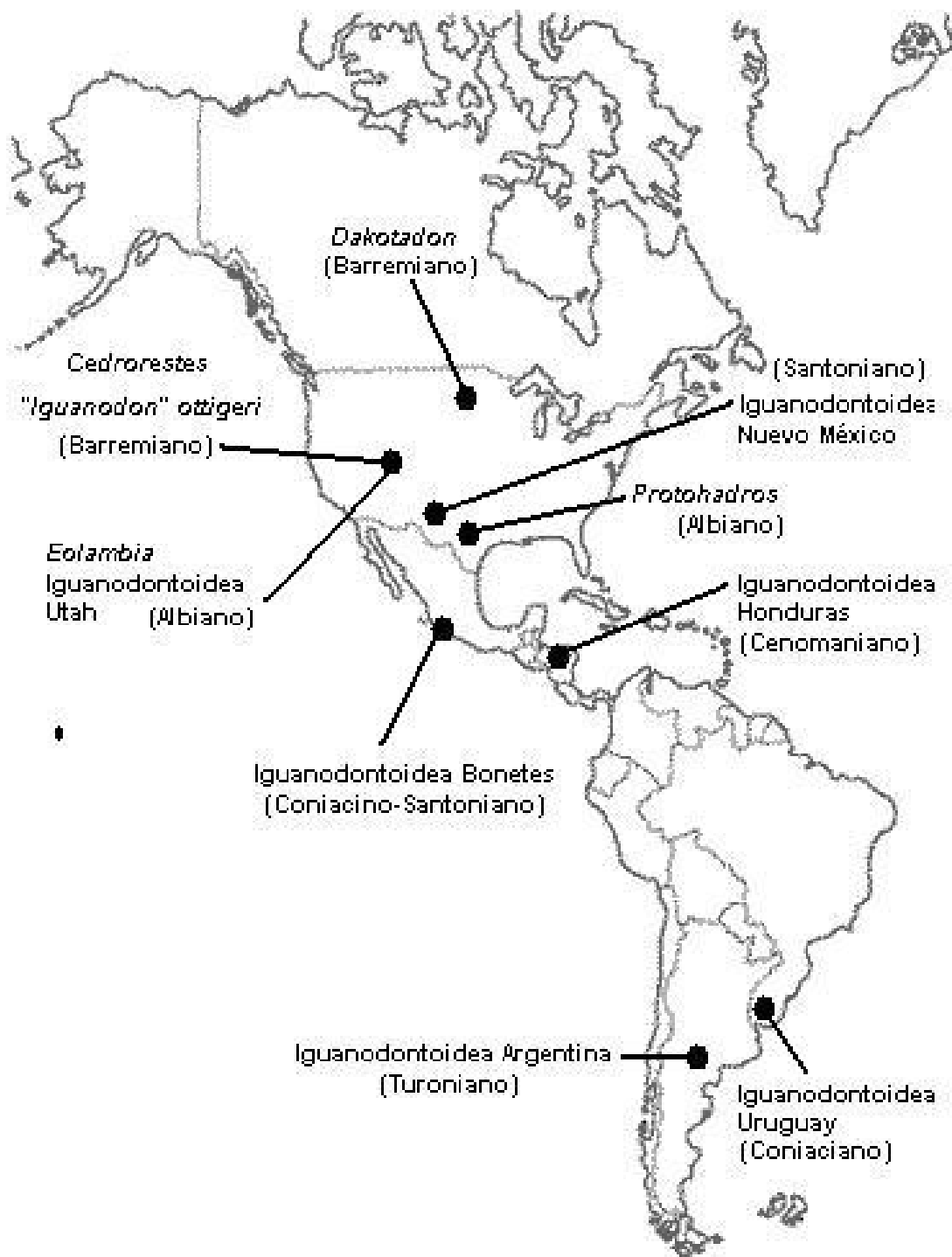
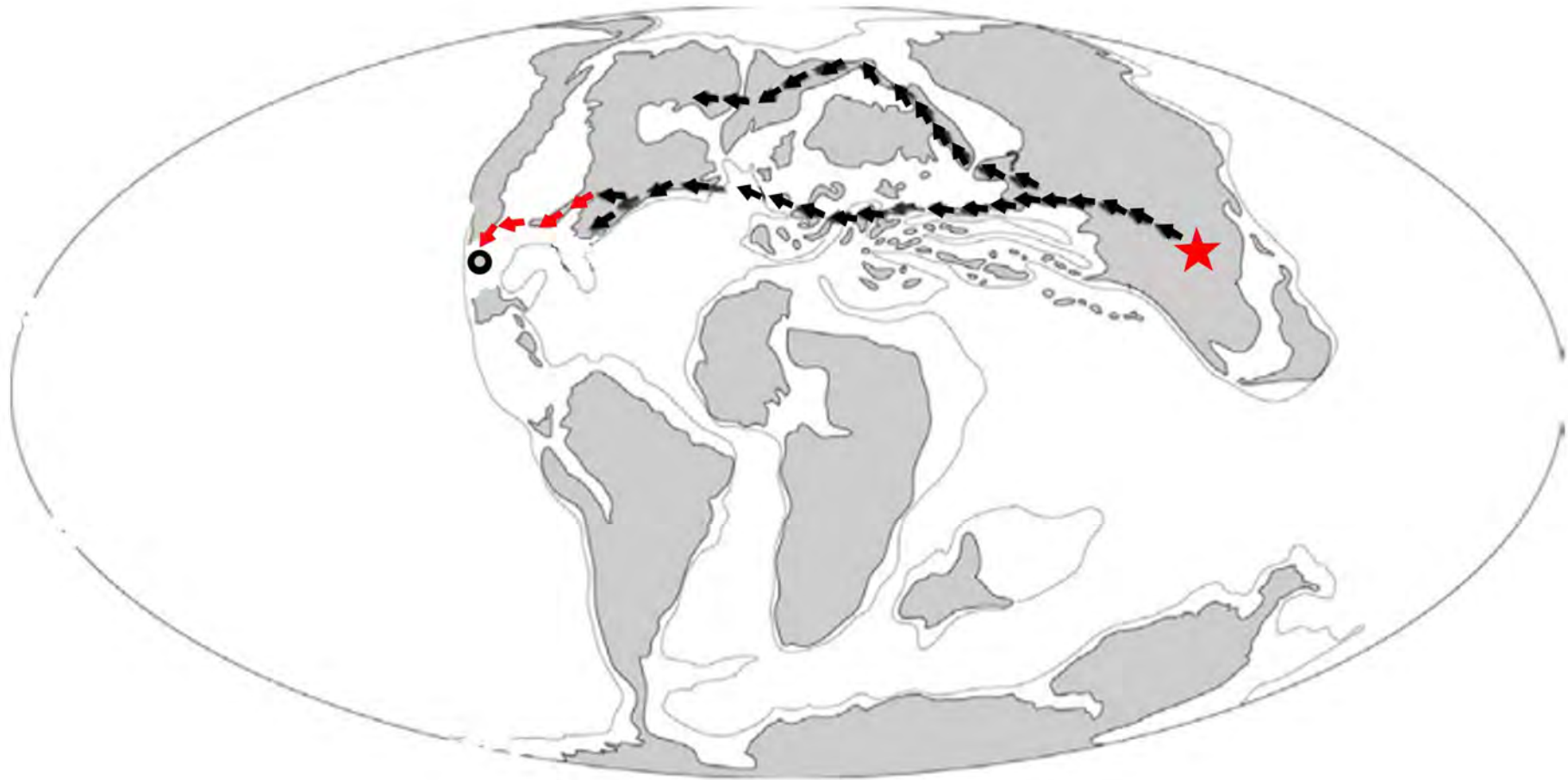


Figura 96. Localidades con restos de iguanodontoideos en América.



**Figura 97.** Localidades con restos de Hadrosaurios durante el Cretácico Tardío en América.



**Figura 98.** Ruta de dispersión de los hadrosauria basales durante el Coniaciano. Las flechas indican la ruta de dispersión. La estrella indica el centro de dispersión. El círculo marca la localidad Barranca de Los Bonetes (Modificado de Prieto-Márquez, 2009).



## LA FAUNA DE LA BARRANCA DE LOS BONETES

En el presente trabajo se descubrió que la fauna de la Barranca de los Bonetes era más compleja de lo que se pensaba. Muestra una mezcla de dinosaurios provenientes del norte como los Iguanodontoideos, los Hadrosauria y el Tyrannosauridae, y, del sur como Ceratosauria y el cf. Titanosauriforme (Tabla 3).

Este conjunto faunístico plantea dos hipótesis:

1. Que existía una posible conexión entre ambas Américas desde al menos el Cenomaniano (representado por el Iguanodontoideo de Honduras; Horne, 1994) o Coniacino-Santoniano, antes de lo que había propuesto Pascual (1998).
2. De que los grupos planteados anteriormente como endémicos de Sudamérica como el cf. Titanosauriforme y el Ceratosaurio (Tykosky y Rowe, 2004; Upchurch, *et al.* 2004) podrían tener una distribución más cosmopolita de lo que se había pensado como lo propone Xu, *et al.* (2009).

Además la presencia de ejemplares juveniles de iguanodontoideos y hadrosaurios indica que al menos estas taxa eran residentes de la Barranca de los Bonetes.

Por otro lado, cabe destacar que los dinosaurios de la Barranca de los Bonetes presentan longitudes moderadas (dos a seis metros aproximadamente). Esto podría deberse a que hubo una selección por parte de la sedimentación, ya que el material mejor preservado se encuentra debajo de los 680 mm de longitud aproximadamente como la tibia IGM 8824 y la vértebra de terópodo N2-9.3 en el otro extremo. Por encima de ese valor el fémur N3-1 se encontró muy fracturado, abriendo la posibilidad de que esto sea la causa de la ausencia de los huesos largos del ejemplar N6-B-1. Este fenómeno es similar al informado para el Cañon Huizachal en Tamaulipas en donde el yacimiento hizo una selección de restos de ejemplares no mayores de los dos metros de longitud (Fastovsky, *et al.* 1995). Para el Jurásico temprano se conocen animales muy grandes como los Prosaurópodos, los cuales no se encuentran representados en El Cañon Huizachal. Esta localidad además de compartir este sesgo tafonómico comparte junto a la Barranca de los Bonetes la presencia de depósitos vulcanosedimentarios con presencia de restos de dinosaurios (Tovar, 2008).

Nivel	Taxones
-------	---------

1	Iguanodontoidea indet.
2	Dinosauria indet. Ornithopoda basal indet Iguanodontoidea indet. Theropoda indet Tyrannosauridae indet.
3	Dinosauria indet. cf. Titanosauriformes indet. Hadrosauria nuevo género y especie
5	Iguanodontoidea indet.
6	Dinosauria indet. Theropoda indet. Ceratosauria indet. Tetanurae indet. Hadrosauria nuevo género y especie

**Tabla 3.** Taxa identificados para los distintos niveles de la localidad Barranca de los Bonetes (Tuzantla, Michoacán).

La presencia de iguanodontoideos en rocas del Coniaciano-Santoniano, un ceratosaurio con rasgos basales y un hadrosaurio con caracteres basales pudo haber sido provocado por un tipo de aislamiento geográfico que impidiera su competencia con los hadrosaurios más derivados, provocando la persistencia de éstos, en especial de los hadrosaurios basales hasta el final del Cretácico, como lo demuestra *Telmatosaurus* de la Formación Sanpetru, Romania del Maastrichtiano (Horner, *et al.* 2004).

La coexistencia de formas primitivas en depósitos relativamente más viejos, es un fenómeno encontrado en los depósitos de la cantera Tlayúa, donde se descubrieron lagartijas con rasgos primitivos como *Huhuecuetzpalli mixtecus*. Reynoso y colaboradores (2000) explican su existencia debido a que tuvo una evolución en un sistema de islas donde el aislamiento conserva formas antiguas y la deriva génica juega un papel importante en la fijación de novedades evolutivas.

La probable existencia de una extensión de tierra separada de la parte continental en la región de Michoacán, durante el Cretácico Tardío es también apoyada por la presencia de una gran cantidad de fragmentos de madera encontrados en los alrededores de la región de Huetamo identificados como *Araucarioxylon* (Cevallos-Ferriz y González-Torres, 2006; Cevallos-Ferriz com, pers. 2009).

## CONCLUSIONES

La localidad Barranca de los Bonetes es una oportunidad única para conocer una fauna del Coniacino-Santoniano poco conocida para toda América y que además presenta un nuevo ambiente de depósito con restos óseos de dinosaurios. Los fósiles colectados presentan un estado de conservación desde fragmentario a muy bueno, conservando desde patologías hasta los restos tan frágiles de los terópodos de talla pequeña como el ceratosaurio. El ornitópodo basal, el iguanodontoideo y el ceratosauio representan el primer informe sobre estas taxa para México, al igual que el nuevo género y especie de hadrosaurio basal discutido en el presente trabajo.

Aun queda mucho por descubrir en esta localidad, ya que gran parte del material se colectó cerca de la carretera y sólo algunos restos lejos de ella (como el nivel seis, sitio A). Es por ello que se requiere proseguir los trabajos paleontológicos y geológicos del lugar, con el fin de prospectar a los alrededores y ampliar el conocimiento de México durante el Cretácico Tardío.

## REFERENCIAS CITADAS:

- Andrade-Ramos, M.P. 2003. Paleontología de una localidad del Cretácico Tardío de Altares-Chihuahua. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 60 p.
- Alencáster, G., 1995. Moluscos extintos (Rudistas) del Cretácico de Chiapas. *ICACH*, 1(1): 68-94.
- Altamira-Areyán, A., Martínez-Hernández, E. y Centeno-García, E. 2000. Facies, paleoambientes y paleoclimas del Paleoceno-Eoceno de la zona Norte de Tierra Caliente, estados de Michoacán y Guerrero en: 2ª Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra. Unión Geofísica Mexicana. *Geos. Época II*, 20(3): 157.
- Altamira-Areyán, A. 2002. Las litofacies y sus implicaciones de la cuenca sedimentaria Cutzamala-Tiquicheo, Estados de Guerrero y Michoacán, México. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. 79 p.
- Argast, S., Farlow, J.O., Gabert, R.M. y Brikman, D.L. 1987. Transport-induced abrasión of fossil reptilian teeth: implications for the existence of Tertiary dinosaurs in Hell Creek Formation, Montana. *Geology*, 15: 927-930.
- Benammi, M., Centeno-García, E., Martínez-Hernández, E., Morales-Gámez, M., Tolson, G. y Urrutia-Fucugauchi, J. 2005. Presencia de dinosaurios en la Barranca Los Bonetes en el sur de México (Región de tiquicheo, Estado de Michoacán) y sus implicaciones cronoestratigráficas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22(3): 429-435.
- Bennami, M., Mariscal-Ramos, C., Centeno-García, E., Morales-Gámez, M., Tolson G. y Urrutia-Fucugauchi, J. 2006. Preliminary Magnetostratigraphic study of the Upper Cretaceous Dinosaur Site from La Barranca Los Bonetes, Tiquicheo (Michoacán State, Southern Mexico). *European Geosciences Union*. Vienne, Austria. Abstract.
- Blakey, R.C. 2001. Regional paleogeographic views of Earth history. University of Northern Arizona Geology Department Web site, <http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/globaltext.html>.
- Bonaparte, J.F. 1991. Los vertebrados fósiles de la Formación Río Colorado, de la ciudad de Neuquén y cercanías, Cretácico Superior, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales (Bernardino Rivadavia), el Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales*, 4(3): 68-101.
- Brett-Surman, M.K. y Wagner, J.R. 2007. Discussion of character analysis of the appendicular anatomy in Campanian and Maastrichtian North American Hadrosaurids-variation and ontogeny. Pp. 135-169, en: *Horns and Beaks* (ed. Carpenter, K.). Indiana University Press. Bloomington and Indianapolis, USA.
- Cantú-Chapa, A. 1998. Las transgresiones Jurásicas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 15(1): 25-37.
- Carpenter, K., Dilkes, D. y Weishampel, D.B. 1995. The dinosaurs of the Niobrara Chalk Formation (Upper Cretaceous, Kansas). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 15(2): 275-297.
- Carpenter, K., Miles C., Ostrom J.H. y Cloward, K. 2005. Redescription of small maniraptoran theropods *Ornitholestes* and *Coelurus* from the Upper Jurassic Morrison Formation of Wyoming. Pp. 49-71, en: *The Carnovorous Dinosaurs* (ed. Carpenter, K.). Indiana University Press. Bloomington, USA.
- Carrier, D.R. y Farmer, C.G. 2000. The evolution of pelvic aspiration in archosaurs. *Paleobiology*. 26(2): 271-293.
- Centeno-García, E., Corona-Chávez, P., Talavera-Mendoza, O. e Iriondo, A. 2003. Geology and tectonic evolution of western Guerrero terrane-a transect from Puerto Vallarta to Zihuatanejo, México. Pp. 201-226, en: *Guidebook for the field trips of the 99<sup>th</sup> Geological of América*

*Cordilleran Section annual meeting* (eds. Alcayde, M. and Caballero, A.G.). Instituto de Geología, Centro de Geociencias. UNAM. México DF. Publicación Especial 1.

- Centeno-García, E., Benammi, M., Altamira-Areyán, A., Martínez-Hernández, E., Morales-Gámez, M. y Callejas-Moreno, J. 2004. Evolución tectono-sedimentaria de la Cuenca continental Cretácica de Tierra Caliente, Michoacán: resultados preliminares. *GEOS*. 24(2): 314.
- Cevallos-Ferriz, R.S. y González-Torres, E.A. 2007. Geological setting and phytodiversity in Mexico. Pp. 1-18, en: *Studies on Mexican paleontology* (eds. Vega, F.J., Nyborg, T.G., Perrillat, M. del C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S.R.S., y Quiroz-Barroso, S.A.). Springer. Netherlands.
- Chure, D.J. 2001. The second record of the African theropod *Elaphrosaurus* (Dinosauria, Ceratosauria) from the Western Hemisphere. *Neus Jahrbuch für Geologie and Paläontologie, Monatshefte*, 9: 565-576.
- Clark, J.M., Montellano-Ballesteros, M., Hopson, J.A. Hernández-Rivera, R., y Fastovsky, D.E. 1994. An Early or Middle Jurassic tetrapod assemblage from the La Boca Formation, northeastern Mexico. Pp. 295-302, en: *In the shadow of the Dinosaurs: early Mesozoic tetrapods*. (eds. Fraser, N.C. and Sues, H.D.) Cambridge University Press. USA.
- Coria, R.A. y Cambiaso, A.V. 2007. Ornithischia. Pp. 167-187, en: *Patagonian Mesozoic reptiles* (eds. Gasparini, Z., Salgado, L. and Coria, R.A.) Indiana University Press. USA.
- Coria, R.A. y Salgado, L. 1996. A basal Iguanodontian (Ornithischia: Ornithopoda) from the Late Cretaceous of South America. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16(3): 445-457.
- Currie, P.J. 1989, The first record of *Elmisaurus* (Saurischia, Theropoda) from North America. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 26(6): 1319-1324.
- Currie, P.J., Rigby, Jr., J.K. y Sloan, R.E. 1990. Theropod teeth from the Judith River Formation of southern Alberta, Canada. Pp. 107-135, en: *Dinosaur Systematics: perspectives and approaches* (eds. Carpenter, K. y Currie, P.J.). Cambridge University Press.
- Currie, P.J. 1997. Theropods. Pp. 216-233, en: *The Complete Dinosaur* (eds. Farlow, J.O. y Brett-Surman, M.K.). Indiana University Press. Bloomington and Indianapolis, USA.
- Fastovsky, D.E., Clark, J.M., Strater, N.H., Montellano, M., Hernández R.R. y Hopson, J.A. 1995. Depositional environments of middle Jurassic terrestrial vertebrate assemblage, Huizachal Canyon Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 15(3): 561-575.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Bravo-Cuevas, V.M., y Jiménez-Hidalgo, E. 2007. The Xochitlapilco Dinosaur Ichnofauna, Middle Jurassic of Oaxaca, southeastern Mexico: description and paleontologic significance. *Contributions in Science. Natural History Museum of Los Angeles County*, 515: 1-40.
- García-Barrera, P. 2006. Rudista of Mexico: historical aspects and selected areas of research Pp. 61-78, en: *Studies on Mexican paleontology* (eds. Vega, F.J., Nyborg, T.G., Perrillat, M. del C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S.R.S., y Quiroz-Barroso, S.A.). Springer. Netherlands.
- Gates, T.A., Sampson, S.D., Delgado de Jesús, C.R., Zanno, L.E., Eberth, D., Hernández-Rivera, R., Martínez, M.C.A. y Kirkland, J. 2007. *Velafrons coahuilensis*, a new lambeosaurine hadrosaurid (Dinosauria: Ornithopoda) from the Late Campanian Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27(4): 917-930.
- Gilpin, D., DiCroce, T. y Carpenter, K. 2007. A possible new basal Hadrosaur from the Lower Cretaceous Cedar Mountain Formation. Pp. 81-89, en: *Horns and Beaks* (ed. Carpenter, K.). Indiana University Press. Bloomington and Indianapolis, USA.
- Glut, D.F. 2006. Dinosaurs The Encyclopedia Suppl. 4. McFarland and Company Inc., Publishers. USA. Pp: 538-531.

- Godefroit, P., Shulin H., Tingxiang, Y. y Lauters, P. 2008. New hadrosaurid dinosaurs from the uppermost Cretaceous of northeastern China. *Acta Paleontológica Polonica*, 53(1): 47-74.
- Goldhammer, R.K. 1999. Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico. Pp: 1-58, en: *Mesozoic sedimentary and tectonic history of North-Central Mexico* (eds. Bartolini, C., Wilson, J.L. y Lawton, T.F.) Geological Society of America, Special Paper 340, USA.
- Hanna, R.R. 2000. Dinosaurs got hurt too. Pp. 119-126, en: *The Scientific American book of Dinosaurs* (ed. Paul, G.S.). ST. Martin's Press. USA.
- Hanna, R.R. 2002. Multiple injury and infection in a sub-adult theropod dinosaurs *Allosaurus fragilis* with comparisons to Allosaur pathology in the Cleveland-Lloyd Dinosaur Quarry collection. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22(1): 76-90.
- Head, J.J. 1998. A new species of basal Hadrosaurid (Dinosauria, Ornithischia) From the Cenomanian of Texas. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(4): 718-738.
- Head, J.J. 2001. A reanalysis of the phylogenetic position of *Eolambia caroljonesa* (Dinosauria, Iguanodontia). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 21(2): 392-396.
- Hernández-Rivera, R. 1997. Mexican Dinosaurs. Pp. 433-437, en: *Encyclopedia of Dinosaurs*. (Currie, P.H. y Padian, K., eds.). Academic Press. California.
- Holtz Jr, T.R., Molnar, R.E. y Currie, P.J. 2004. Basal Tetanurae. Pp. 71-110, en: *The Dinosauria* (eds. Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H.). University of California Press. Berkeley.
- Holtz Jr, T.R. 2007. Dinosaurs: The most complete, up-to-date encyclopedia for Dinosaur lovers of all ages. Random House. Nueva York, EUA. Pp: 367-414.
- Horne, G.S. 1994. A mid Cretaceous Ornithopod from Central Honduras. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14(1): 147-150.
- Horner, J.R., Weishampel, D.B. y Forster, C.E. 2004. Hadrosauridae. Pp. 438-463, en: *The Dinosauria* (eds. Weishampel, D.B., Dodson, P. and Osmólska, H.). University of California Press. Berkeley.
- Hutchinson, J.H., y Frye, F.L. 2001. Evidence of pathology in Early Cenozoic turtles. *PaleoBios*, 21:12-19.
- Kirkland, J.I. 1998. A new Hadrosaurid from the Upper Cedar Mountain Formation (Albian-Cenomanian: Cretaceous) of Eastern Utah-oldest known Hadrosaurid (Lambeosaurine?). *Lower and Middle Cretaceous terrestrial ecosystems. 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-Barñas, C.I., y García-de la Garza, J.P. 2006. Large Hadrosaurine Dinosaurs from the Latest Campanian of Coahuila, Mexico. *Late Cretaceous Vertebrates from Western Interior New Mexico. Museum of Natural History and Sciences Bulletin*. 35: 299-315.
- López, M.B. 2003. Patología tumoral ósea. Pp. 249-252, en: *Paleopatología. La enfermedad no escrita* (ed. Llorens, A.I. y Morera, A.M.). Masson, Barcelona, España.
- Lucas, S.G. y Hunt, A.P. 1989. *Alamosaurus* and the sauropod hiatus in the Cretaceous of North America Western Interior. Pp. 25-80, en: *Paleobiology of Dinosaurs* (ed. Farlow, J.O.). Boulder, Geological Society of America, Special Paper, 238.
- Lucas, S.G. y González-León. 1996. Dinosaurios del Cretácico Tardío del Grupo Cabullona, Sonora. *Geología del Noroeste*. 1(2): 20-25.
- Lucas, S.G., Spielmann, J.A., Kirkland, J.I., Foster, J.R. y Sullivan, R.M. 2006. A juvenile Hadrosaurine from the Middle Campanian (Late Cretaceous) interval of the Mancos Shale, Western Colorado. *New Mexico of Natural History and Science Bulletin*, 35: 281-292.
- Lull, R.S. and Wright, N.E. 1942, Hadrosaurian dinosaurs of North America. *Geological Society of America, Special Paper 40*: 242 p.

- Mariscal-Ramos, C. 2006. Estudio paleontológico y magnetoestratigráfico de la localidad “Barranca los Bonetes” (Tuzantla, Michoacán). *Tesis de Licenciatura*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 61 p.
- Martín, M.C. 2003. Paleopatología de la columna vertebral. Pp. 163-177, en: *Paleopatología. La enfermedad no escrita* (ed. Llorens, A.I. y Morera, A.M.). Masson, Barcelona, España.
- Montellano-Ballesteros, M. 2003. A titanosaurid sauropod from the Upper Cretaceous of Chihuahua, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20(2): 160-164.
- Molnar, R.E. 1974. A distinctive Theropod dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California (México). *Journal of Paleontology*, 48(5): 1009-1017.
- Molnar, R.E. y Carpenter, K. 1989. The Jordan Theropod (Maastrichtian, Montana, USA) referred to the genus *Aublysodon*. *Geobios*, 22(4): 445-454.
- Morris, W.J. 1981. A new species of Hadrosaurian dinosaur from the Upper Cretaceous of Baja California *Lambeosaurus laticaudus*. *Journal of Paleontology*, 55(2): 453-462.
- Munter, R.C. y Clark, J.M. 2006. Theropod dinosaurs from the early Jurassic of Huizachal Canyon, Mexico. Pp. 53-75, en: *Amniote paleobiology* (ed. Carrano, M.T. et al.). The University of Chicago Press. Chicago and London.
- Norman, D.B. 1990. A review of *Vectisaurus valdensis*, with comments on the family Iguanodontidae. Pp. 147-161, en: *Dinosaur Systematics: perspectives and approaches* (eds. Carpenter, K. and Currie, P.J.). Cambridge University Press.
- Norman, D.B. 1998. On Asian ornithopods (Dinosauria: Ornithischia). 3. A new species of iguanodontid dinosaur. *Zoological Journal of Linnean Society*, 122: 291-348.
- Norman, D.B. 2002. On Asian ornithopods (Dinosauria: Ornithischia) *Probactrosaurus Rozhdestvensky*, 1966. *Zoological Journal of Linnean Society*, 136: 113-144.
- Norman, D.B. 2004. Basal Iguanodontia. Pp. 413-437, en: *The Dinosauria* (eds. Weishampel, D.B., Dodson, P. and Osmólska, H.). University of California Press. Berkeley.
- Norman, D.B., Sues, H.D., Witmer, L.M. y Coria, R.A. 2004. Basal Ornithopoda. Pp. 393-412, en: *The Dinosauria* (eds. Weishampel, D.B., Dodson, P. and Osmólska, H.). University of California Press. Berkeley.
- Novas, F. E. y Pol, D. 2005. New evidence on deinonychosaurian dinosaurs from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature*, 433: 858-861.
- Ortíz-Mendieta. J.A. 2001. Dinosauricnitas Cretácico-tardías de Aguaje, Michoacán, Región Suroccidental de México y sus implicaciones geológico-paleontológicas, *Tesis de Licenciatura*. Universidad Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 75 p.
- Pascual, R. 1998. The history of South American land mammals: the seminal Cretaceous-Paleocene transition. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial No.5, Paleógeno de América del Sur y la Península Antártica*: 9-18.
- Paul, G.S. 2007. A revised taxonomy of the iguanodont dinosaur genera and species, *Cretaceous Research*, doi: 10.1016/j.cretres.2007.04.009.
- Prieto-Márquez, A. 2008. Phylogeny and historical biogeography of hadrosaurid dinosaurs. *Tesis Doctoral*. Florida State University College of arts and sciences. 861 p.
- Ratkevich, R.P. 1997. Titanosauro *Alamosaurus* de edad Cretácica Tardía del sur de Arizona y su relación con Sonora, México. *Geologica del Noroeste*, Publicación de la Estación Regional del Noreste del Instituto de Geología, UNAM, Hermosillo: 9-11.
- Rauhut, O.W.M. 2003. The interrelationships and evolution of basal theropod Dinosaurs. *The Paleontological Association, Special papers in paleontology 69*, 213 p.
- Reynoso, V.H., Cabral-Perdomo, M.A. y Clark, J. 2000. The reptiles of the Tlayúa Formation. Pp. 106-111, en: *Paleontological highlights of the Mixteca Poblana in Central Mexico. Field Guide* (Espinosa-Arrubarena, L., Montellano-Ballesteros, M., y Applegate, S. P., coordinadores), 60th

Annual meeting, Society of Vertebrate Paleontology. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Publicación Especial 1.

- Rivera-Sylva, 2005. Theropods dinosaurs from Mexico. *Boletim de resumos II Congresso Latino-Americano de Paleontología de Vertebrados*; Río de Janeiro: 229-230.
- Rivera-Sylva, H.E., Rodríguez-de la Rosa, R. y Ortiz-Mendieta, J.A. 2006. A review of the Dinosaurian record from Mexico. Pp. 233-248, en: *Studies on Mexican paleontology* (eds. Vega, F.J., Nyborg, T.G., Perrillat, M. del C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S.R.S., y Quiroz-Barroso, S.A.). Springer. Netherlands.
- Rivera-Sylva, H.E., Guzmán-Gutiérrez, R., Palomino-Sánchez, F., López-Espinosa, J. y de la Peña Oviedo, I. 2008. First report of the genus *Edmontonia* (Tyreophora: Nodosauridae) from Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 28(3) suppl: 132-133A.
- Rothschild, B.M. 1997, Dinosaurian paleopathology. Pp. 426-448, en: *The Complete Dinosaur* (eds. Farlow, J.O. y Brett-Surman, M.K.). Indiana University Press. Bloomington and Indianapolis, USA.
- Rothschild, B.M., Tanke, D.H, Helbling II, M. y Martin, L.D. 2003, Epidemiologic study of tumors in dinosaurs, *Naturwissenschaften*, 90(11): 495-500.
- Rothschild, B.M. y Tanke, D.H, 2007. Osteochondrosis in Late Cretaceous Hadrosauria: A manifestation of ontologic failure. Pp. 171-183, en: *Horns and Beaks* (ed. Carpenter, K.). Indiana University Press. Bloomington and Indianapolis, USA.
- Rodríguez de la Rosa, R.A. 2002. Aves fósiles en el Cretácico y Terciario temprano de México. Pp. 160-161, en: *Fósiles de México. Coahuila, una ventana a través del tiempo*. (eds. González, G.A.H. y Farías, S.A.) Gobierno del Estado de Coahuila.
- Rodríguez-de la Rosa, R.A., López-Espinoza, J., Aguillón-Martínez M.C., López-Espinoza, J. y Eberth, D.A. 2004. The fossil record of vertebrate tracks in Mexico. *Ichnos*, 11(1-2): 27-37.
- Rowe, T. 1986. Homology and evolution of the deep dorsal thigh muscles in birds and other Reptilia. *Journal of Morphology*, 189: 327-346.
- Ruiz-Omeñaca, J.I., Piñuela, L. y García-Ramos, J.C. 2007. Una vértebra de un pequeño ornitópodo (Dinosauria: Ornithischia) del Kimmeridgiense (Formación Lastres) de Tazones (Villaviciosa, Asturias). *Geogaceta*, 42: 83-86.
- Sereno, P.C., Wilson J.A. y Conrad, J.L. 2004. New dinosaurs link southern landmasses in the Mid-Cretaceous. *Proceedings of the Royal Society of London*. FirstCite E-Publishing, B, 6 p.
- Serrano-Brañas, C.I. 2006. Descripción de los Dinosaurios pertenecientes a la familia Hadrosauridae del Cretácico Superior de Coahuila, México. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. 173 p.
- Smith, J.B. 2002. An examination of dental morphology and variation in Theropod Dinosaurs: implications for the identification of shed teeth. *Tesis Doctoral*. Faculty of the University of Pennsylvania. 617 p.
- Taliaferro, N.L. 1933, An occurrence of Upper Cretaceous sediments in northern Sonora, Mexico. *Journal of Geology*, 41: 12-37.
- Tanke, D.H. y Rothschild, B.M. 1997. Paleopathology. Pp. 523-530, en: *Encyclopedia of Dinosaurs* (ed. Currie, J.P. y Padian, K.). Academic Press. London.
- Tanke, D. H. y Farke, 2007. Bone resorption, bone lesions and extracranial fenestrae in Ceratopsid Dinosaurs: a preliminary assessment. Pp. 319-347, en: *Horns and Beaks* (Carpenter, K. ed.). Indiana University Press. Bloomington and Indianapolis, USA.
- Torres-Rodríguez, E. 2006. Terópodos del Cretácico Superior del Estado de Coahuila, México. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. 91 p.



- Tovar, L.R.E. 2008. Sedimentología y ambientes de depósito de una sucesión volcanoclástica con restos de Dinosaurios en el Estado de Michoacán, México. *Tesis de Maestría*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. 85 p.
- Tykoski, R.S. y Rowe, T. 2004. Ceratosauria. Pp. 47-70, en: *The Dinosauria* (Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H. eds.). University of California Press. Berkeley.
- Upchurch, P., Barrett, P.M. y Dodson, P. 2004. Sauropoda. Pp. 259-322, en: *The Dinosauria* (Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H. eds.). University of California Press. Berkeley.
- Valero, D.C. 2003. Historia de la Paleopatología. Pp. 3-11, en: *Paleopatología. La enfermedad no escrita* (ed. Llorens, A.I. y Morera, A.M.). Masson, Barcelona, España.
- Wagner, J.R. 2001. The hadrosaurian dinosaurs (Ornithischia: Hadrosauria) of Big Bend National Park, Brewster County, Texas, with implications for Late Cretaceous paleozoogeography. *Tesis de Maestría*. Texas Tech University. Geociencias. 417 p.
- Weishampel, D.B., Norman, D.B. y Grigorescu, D. 1993. *Telmatosaurus transsylvanicus* from the Late Cretaceous of Romania: the most basal hadrosaurid dinosaur. *Paleontology*, 36(2): 361-385.
- Weishampel, D.B., Barrett, P.M., Coria, R.A., Loeuff, J.L., Xing, X., Xijin, Z., Sahni, A., Gomani, E.M.P. y Noto, C.R. 2004. Dinosaur distribution. Pp. 517-606, en: *The Dinosauria* (Weishampel, D.B., Dodson, P. y Osmólska, H. eds.). University of California Press. Berkeley.
- Wilson, J.A. y Sereno, P.C. 1998. Early evolution and higher-level phylogeny of Sauropod Dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 18(2) suppl: 1-68A.
- Xu, X. y Wang X. 2000. Troodontid-like pes the dromaeosaurid *Sinornithosaurus*. *Paleontological Society of Korean Special Publication*, 4: 179-188.
- Xu, X., Zhou, Z. y Wang, X. 2000. The smallest known non-avian theropod dinosaur. *Nature*, 408: 705-708.
- Xu, X., Clark, J.M., Mo, J., Forster, C.A., Erickson, G.M., Hone, D., Sullivan, C., Eberth, D.A., Zhao, Q., Choiniere, J. Hernández-Rivera, R., Jia, C., Han, F. y Guo, Y. 2009. A Jurassic ceratosaur from China helps clarify avian digital homologies. *Nature*, 459: 940-944.
- You, H-l., Luo, Z-x., Shubin, N.H., Witmer, L.M., Tang, Z-l. y Tang, F. 2003. The earliest-known duck-billed dinosaur from deposits of late Early Cretaceous age in northwest China and hadrosaur evolution. *Cretaceous Research*, 24: 347-355.
- Zharkov, M.A., Murdmaa, I.O. y Filatova, N.L. 1998. Paleogeography of the Coniacian-Maastrichtian ages of the Late Cretaceous. *Stratigraphic and Geological Correlation*. 6: 209-211.