



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"DINOSAURICNITAS CRETACICO-TARDIAS DE EL AGUAJE, MICHOACAN, REGION SUROCCIDENTAL DE MEXICO Y SUS IMPLICACIONES GEOLOGICO-PALEONTOLOGICAS"

296783

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
JORGE ANGEL ORTIZ MENDIETA



DIRECTOR DE TESIS. DR. ISABEL ARRIBASQUIA VILLAFRANCA





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



VERDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

**“Dinosauricnitas cretácico-tardías de El Aguaje, Michoacán, Región Suroccidental de México y sus implicaciones geológico-paleontológicas”.**

realizado por **Jorge Angel Ortíz Mendieta.**

con número de cuenta **9463089-3**, pasante de la carrera de **Biología**

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

**Dr. Ismael Ferrusquía Villafranca.**

Propietario

**M. en C. Luis Espinosa Arrubarrena.**

Propietario

**Dr. Pedro García Barrera.**

Suplente

**M. en C. Guillermo Pérez Saldaña.**

Suplente

**Biol. Rosa Martha Ortega Lojero.**

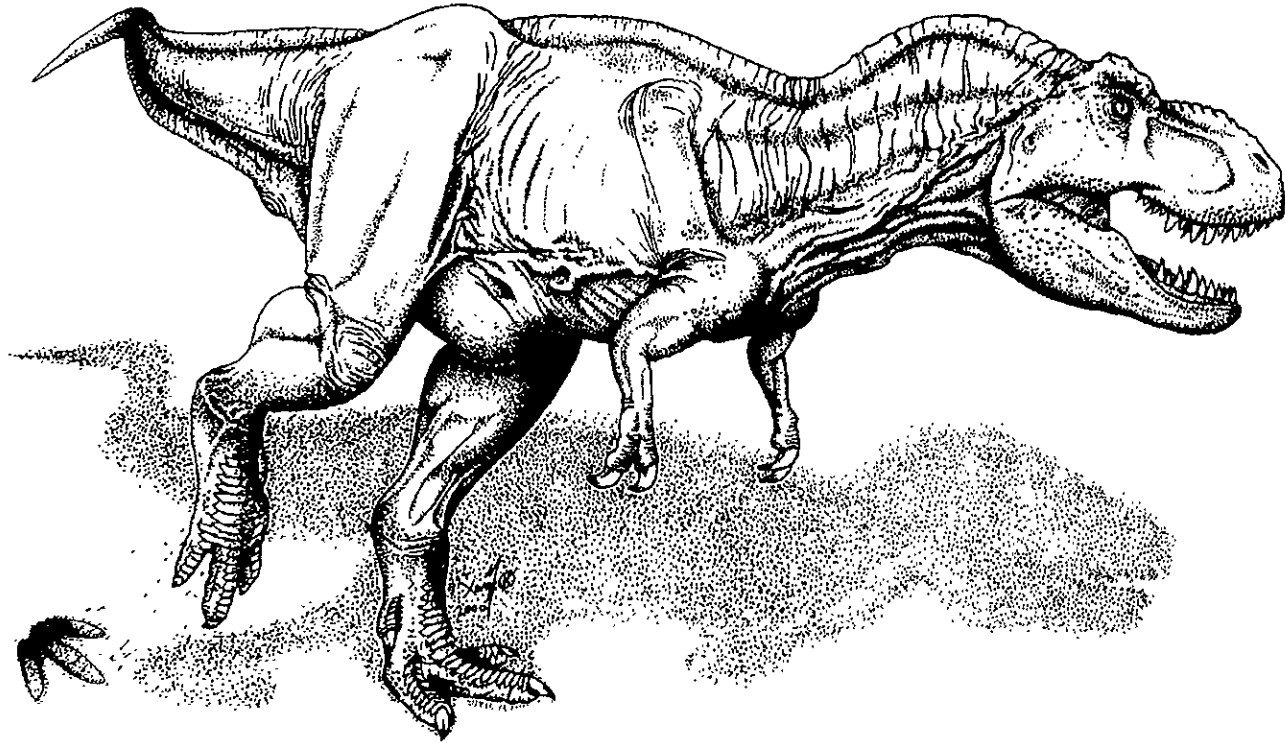
**FACULTAD DE CIENCIAS  
U. N. A. M.**

Consejo Departamental de

Biología



**Dr. Patricia Ramos Morales**  
**DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGIA**



“Las huellas de dinosaurio o dinosauricnitas son un momento fugaz en el tiempo, que representa pequeños fragmentos de la vida de estas magnificas criaturas”.

Esta obra esta dedicada a quien me aparto  
de los abismos profundos de mi soledad,  
quien me ha enseñado lo hermosa y basta  
que puede ser la vida,  
quien me enseñó lo que es la felicidad,  
quien ha sido mi luz, mi fe, mi universo,  
quien ha creído en mi,  
quien me ha dado todo de sí,  
incondicionalmente,  
todo lo que tanto añore durante tanto tiempo  
y ahora por fin tengo a mi lado,  
Simplemente las palabras no bastan.  
Con todo mi amor y respeto a mi esposa:

Martha Laura García Audiffred

Y a mi pequeño hijo Jorge del cual siempre  
estare orgulloso.

## **Agradecimientos y créditos.**

Agradezco infinitamente a mi madre Angelina, por haberme dado la vida, por su paciencia, amor y apoyo, tanto moral como económico en todo momento, ya que sin su valiosa ayuda no podría haber concluido mis estudios profesionales.

Al Dr. Ismael Ferrusquía Villafranca, director de tesis, quien a constituido una parte fundamental en mi Formación académica y personal; además de su paciencia, apoyo y preciado tiempo en la realización de está obra, en especial que tan gentilmente me permitiera utilizar su información geológica del área estudiada.

A los demás miembros jurado del Examen Profesional: M en C. Luis Espinosa Arrubarrena, Dr. Pedro García Barrera, M en C. Guillermo Pérez Saldaña y Biol. Rosa Martha ortega Lojero; por sus valiosas sugerencias y revisión critica del escrito. Y muy en especial a la profesora Rosa Martha que siempre me alentó y ha estado al pendiente de mi superación académica.

Al Ing. Jesús García Orozco, descubridor de tan importante afloramiento icnológico, por su colaboración, hospitalidad, y tiempo durante la visita a El Aguaje y Aguililla, Michoacán.

Al Arq. Juan Carlos Ávila Nieto y el Ing. Mario Ramírez Reyes, por su valiosa ayuda para la elaboración de este trabajo.

A la DGPA, por la beca tesis financiada, ya que sin ella, no habría sido posible este proyecto.

A las autoridades del Instituto de Geología UNAM, por las facilidades y apoyo otorgado

Al Biol. y poeta Mario Jaime Rivera por su colaboración e invaluable apoyo moral

A los M en C. Víctor M. Bravo Cuevas y Eduardo Jiménez Hidalgo, por su sus sugerencias y comentarios.

A mis verdaderos amigos:

Goyo, Mario, Juan, Oliva, Paty, Leonel, Benito, Ivania, Cesar, Araceli, Jorge, Isabel, Chucho, Víctor, Tere y Sandro por haber estado conmigo en los momentos más difíciles, por su apoyo incondicional y su sincera amistad

A todas aquellas personas que directamente o indirectamente contribuyeron a este gran logro

**DINOSAURICNITAS CRETÁCICO-TARDÍAS DE EL AGUAJE, MICHOACÁN.  
REGIÓN SUROCCIDENTAL DE MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES  
GEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICAS**

*Jorge A. Ortiz Mendieta*

**Contenido**

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>Panorámica</b> .....	2
<b>Estudios previos</b> .....	5
<b>OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO</b> .....	6
<b>MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	7
<b>Aspecto Geológico</b> .....	7
<b>Aspecto Paleontológico</b> .....	9
Descripción de huellas aisladas.....	10
Consideraciones sobre rastros.....	12
Consideraciones sobre la asignación taxonómica de las huellas estudiadas.....	12
Abreviaturas.....	14
<b>MARCO GEOGRÁFICO Y SINOPSIS GEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICA DEL ÁREA EL AGUAJE CRETÁCICO TARDÍO, MICHOACÁN SUROCCIDENTAL</b> .....	14
<b>Marco Geográfico</b> .....	14
Localización y acceso.....	14
Fisiografía, Hidrografía, Clima y biota.....	14
Población, cultura y economía.....	14
<b>Marco Geológico</b> .....	15
Estudios previos.....	15
Litoestratigrafía sinóptica.....	15
Rasgos Estructurales Dominantes e Historia Geológica.....	17
<b>PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA: LA DINOSAURICNOFAUNA EL AGUAJE, CRETÁCICO TARDÍO, MICHOACÁN</b> .....	18
<b>Consideraciones introductorias</b> .....	18
<b>Descripción sistemática de las icnitas</b> .....	18
Morfotipo A (Tyrannosauridae).....	18
Morfotipo B (Ornithomimidae).....	23
Morfotipo C (Dromaeosauridae).....	25
Morfotipo C (Hadrosauridae).....	30
Morfotipo E (indet.).....	34
<b>CONSIDERACIONES SOBRE LA SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICO- PALEÓBIOLÓGICA DE LA DINOSAURICNOFAUNA EL AGUAJE</b> .....	36
<b>Significación Geológica</b> .....	36
<b>Significación Paleobiológica</b> .....	37
<b>SUMARIO Y CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42
<b>APÉNDICE</b> .....	50
<b>ILUSTRACIONES</b> .....	51

## ILUSTRACIONES

### Tablas

1. Morfometría, orientación y h estimada para el Morfotipo A.....	51
2. Parámetros icnológicos del Morfotipo A.....	51
3. Parámetros icnológicos del Morfotipo B.....	51
4. Morfometría, orientación y h estimada para el Morfotipo C.....	52
5. Parámetros dimensionales del Morfotipo C.....	52
6. Morfometría, orientación y h estimada para el Morfotipo D.....	53
7. Parámetros dimensionales del Morfotipo D.....	53
8. Morfometría, orientación y h estimada para el Morfotipo E.....	54

### Figuras

1. Mapa índice que muestra la ubicación del área estudiada.....	55
2. Mapa Topográfico del Área El Aguaje, Michoacán Suroccidental.....	56
3. Mapa geológico generalizado del área estudiada.....	57
4. Columna Litoestratigráfica Generalizada del Área El Aguaje, Michoacán Suroccidental.....	58
5. A-B Diagrama que ilustra la morfometría aplicada a las icnitas; C. Morfología generalizada de las impresiones estudiadas.....	59
6. Estima de la Dimensión h.....	60
7. Dinosauricnofauna El Aguaje.....	61
8. Plano generalizado del afloramiento principal, el cual muestra la distribución espacial de las icnitas.....	62
9. Distribución espacial de las icnitas descritas en el afloramiento principal Diagrama que muestra la orientación de las icnitas estudiadas con respecto al norte actual.....	63
10. Esquema que muestra la distribución espacial de las icnitas en el afloramiento secundario.....	64
11. Anatomía podial diagnóstica de la Familia Dromaeosauridae.....	65



## Láminas

### I. AFLORAMIENTO PRINCIPAL.

El afloramiento principal es un plano de estratificación expuesto a la erosión sobre el cauce del Río El salto. Se observan algunas huellas claramente reconocibles delineadas con gis.....66

### II. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y DIVERSIDAD DE LAS ICNITAS.

Plano de estratificación que muestra de manera parcial la distribución espacial y diversidad de las icnitas descritas para el afloramiento principal (*vid.* figuras 7, 8 y 9). Las flechas adjuntas a cada huella denotan la dirección de la marcha de los organismos. La línea punteada longitudinal indica la dirección N-S.....67

### III. MORFOTIPO A, EXPRESIONES MÓRFICAS $\alpha$ Y $\beta$ : TYRANNOSAURIDAE.

**Fig. A.** Impresión individual referible a un tiranosáurido de gran talla, correspondiente a la Expresión Mórfica  $33\alpha$  (*vid.* figuras 7, 8, 9 y Lámina II); Es la icnita de mayores dimensiones registrada para esta localidad; esta caracterizada por tres cojinetes dactilares ovoidales bien definidas y un margen posterior parcial (escala: 10 cm).....68

**Fig. B.** Huella terópoda individualizada referente a la Expresión Mórfica  $31\beta$  (*vid.* figuras 7, 8, 9 y Lámina II). La impresión parcial del dígito I (hallux), dirigido posterolateralmente, es el rasgo más característico de esta icnita; la impresión de dicha estructura es poco frecuente.....68

### IV. MORFOTIPO B, EXPRESIÓN MÓRFICA ÚNICA: ORNITHOMIMIDAE.

**Fig. A.** Plano de estratificación del afloramiento B, con un grado de dinoturación tal que sólo se observa un gran número de impresiones dactilares.....69

**Fig. B.** Vista general del afloramiento B donde se observa cierta divergencia en la orientación de las improntas; un grupo se dirige al SE mientras que el otro al SW (*vid.* Figura 10). .....69

### V. MORFOTIPO B, EXPRESIÓN MÓRFICA ÚNICA: ORNITHOMIMIDAE.

Detalle del afloramiento B donde se observa claramente la morfología de estas icnitas (*vid.* Figura 10).....70

### VI. MORFOTIPO C, EXPRESIONES MÓRFICAS $\chi$ , $\delta$ Y $\varepsilon$ : DROMAEOSAURIDAE.

**Fig. A.** Diversas impresiones teróplicas referentes a las Expresiones Mórficas  $3\chi$ ,  $1\delta$  y  $2\delta$  del Morfotipo C (*vid.* figuras 7, 8 y 9). Su peculiar configuración está dada por la fusión ocasional del margen posterior de las impresiones dactilares y la escasa; o nula, impresión del dígito II relacionada con la conformación podial de la familia Dromaeosauridae (*vid.* Texto pag. 26, y Figura 11) Este le confiere excepcional importancia ya que hasta la fecha no se han descrito certificadamente huellas atribuidas a Dromaeosáuridos.....71

**Fig. B.** En la figura B puede apreciarse una sobreposición de impresiones referentes a las Expresiones Mórficas  $\delta$  y  $\epsilon$  (vid. Figura 11) (derecha e izquierda).....71

**VII. MORFOTIPO D, EXPRESIONES MÓRFICAS  $\gamma$  Y  $\eta$ : HADROSAURIDAE.**

**Fig. A.** La huella número 3, representada por tres cojinetes digitales y uno plantar, corresponde a la Expresión Mórfica  $\gamma$  del Morfotipo D (vid. figuras 7, 8, 9 y Lámina II); la flecha que se encuentra arriba denota la dirección de marcha del ornitópodo que la formó. La impresión podial adjunta, probablemente se refiere al Morfotipo C.....72

**Fig. B.** Huella individualizada probablemente referente a un hadrosaurio juvenil. Representa la Expresión Mórfica  $34\eta$  del Morfotipo D (vid. figuras 7, 8 y 9).....72

**VIII. MORFOTIPO D, EXPRESIÓN MÓRFICA  $\phi$ : HADROSAURIDAE.**

La Arenisca Aguillilla muestra huellas de dinosaurio en varios niveles estratigráficos. Las huellas que se observan (números 6 y  $6A=42\phi$  y  $41\phi$ ) se encuentran en una capa situada 60 cm arriba del plano de estratificación expuesto en el cauce del Río El Salto (Afloramiento Principal). La configuración de ambas huellas, las hace referibles a las Expresiones Mórficas  $\phi$  del Morfotipo D (vid. figuras 7, 8 y 9).....73

**IX. MORFOTIPO E, EXPRESIÓN MÓRFICA  $\iota$ : ?SAURISCHIA U ORNITISCHIA.**

Huellas individualizadas referentes a las expresiones mórficas  $44\iota, 45\iota, 46\iota, 48\iota$  del Morfotipo E (vid. figuras 7, 8 y 9); las huellas referibles a este Morfotipo, comparten una configuración distintiva y una pequeña talla. La naturaleza anómala de estas icnitas hace difícil precisar la identidad taxonómica de los organismos generadores (Texto pag 34 ). En esta imagen también pueden apreciarse huellas tanto terópodicas referibles al Morfotipo C (margen inferior izquierdo) como onitopodicas referibles al Morfotipo D (margen superior y margen inferior derechos). .....74

**X. MORFOTIPO E, EXPRESIÓN MÓRFICA  $\phi$ : ?SAURISCHIA U ORNITISCHIA.**

Impresiones individuales referentes a las Expresiones Mórficas  $\phi$ ..... 75

**DINOSAURICNITAS CRETÁCICO-TARDÍAS DE EL AGUAJE, MICHOACÁN.  
REGIÓN SUROCCIDENTAL DE MÉXICO Y SUS IMPLICACIONES  
GEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICAS**

**RESUMEN**

Se describe formalmente la Dinosauricnofauna El Aguaje, localizada en la región Suroccidental del estado de Michoacán, en el Suroeste Mexicano. Esta constituida por los registros ícnicos referidos a 3 familias de dinosaurios terópodos (Tyrannosauridae, Ornithomimidae y Dromaeosauridae) y una de ornitópodos (Hadrosauridae) del Cretácico Tardío; contenidos en la Arenisca Aguililla, una de las pocas formaciones continentales Mesozoicas descritas para el país. Partiendo de la identificación e interpretación de estas impresiones se discute su significado geológico-paleontológico. Para los tres primeros taxones dinosaurianos los registros estudiados son los más meridionales reportados para Norteamérica, extendiendo su alcance geográfico previamente conocido a unos 2000 km, hecho de trascendental importancia en el entendimiento de la distribución geográfica y relaciones faunísticas de los dinosaurios tardicretácicos del continente americano.

## INTRODUCCIÓN

### Panorámica.

Los icnofósiles son evidencias de seres vivos que no formaron parte de sus restos cadavéricos o de moldes de ellos; incluyen una amplia variedad de clases. Entre ellos están: estromatolitos (sedimentos biogénicas resultado del metabolismo de la asociación cianobacteria-alga), galerías y túneles de alimentación (por parte de antiguos invertebrados), huevos, nidos, contenidos estomacales, gastrolitos (rocas ingeridas y alojadas en una especie de molleja con el propósito de auxiliar el proceso de molição de alimentos), coprolitos (excremento), marcas de garras y dientes (por parte de dinosaurios y otros vertebrados) y cualquier otro rastro o producto formado por el organismo vivo. Con frecuencia los icnofósiles son el único registro material de seres vivos en las unidades estratigráficas que se estudian con todo lo que ello conlleva.

El estudio científico de los icnofósiles es la Paleocnología y dada la riqueza representada en ellos constituye una herramienta valiosa en la interpretación ambiental y en la reconstrucción paleontológica.

En el caso de los tetrápodos terrestres, las pisadas aisladas ó en serie (rastros), registran desplazamiento (o por lo menos presencia) individual o en conjunto que refleja el comportamiento de los organismos.

Las condiciones de generación de las huellas o pisadas de tetrápodos implican autoctonía (origen *in situ*), "genomultiplicidad individual" (un organismo produce muchas huellas durante su vida), posibilidad de preservación en condiciones sedimentarias no apropiadas para la fosilización de restos orgánicos y desde luego reflejan ciertas condiciones ambientales.

Las icnitas son superficies (cuyos parámetros son configuración, longitud y anchura) cuya morfología refleja la anatomía podial y/o manual individual del organismo generador a partir de la cual se puede inferir la locomoción, rasgos etológicos e inclusive las condiciones del sustrato al instante de su creación

La cohesión sedimentaria más adecuada para la generación de una buena huella es la que media entre la firmeza y la suavidad. Cuando la huella se imprime en un sedimento suave un poco de este puede caer dentro de la huella (colapso de sedimento), ocasionando

de las comunidades animales ejemplificadas por las sucesiones faunísticas de finales del Mesozoico (Lockley, 1993; Dodson, *et al* 1990; Norman, 1993).

En cuanto a comportamiento gregario de algunos dinosaurios, la coincidencia direccional de algunas icnitas se ha considerado como evidencia (Ostrom, 1985, Farlow, 1994 *in* Psyhoyos & Knoebber, 1994). No obstante, parvadas de aves, manadas de ungulados y grupos de carnívoros modernos dejan huellas con direcciones coincidentes cuya orientación corresponde a sitios de alimentación o a cuerpos de agua o sitios de descanso (Dodson, *et al* 1990). Es decir no necesariamente implican gregarismo.

Se ha sugerido un alto potencial de las huellas tanto fósiles como actuales en estudios modernos en poblaciones como las proporciones de crecimiento para determinar la estructura de edades en una región determinada (Kuban, 1999). Sin embargo, estudios recientes en paleoecología y paleoambientes han demostrado que ciertas icnofaunas están controladas por distribución, paleogeografía, paleolatitud y tendencias preservacionales, más que por cualquier otro factor (Leonardi, 1981; Lockley & Conrad, 1989). Por lo que su uso en este rubro puede ser impreciso (Gillette & Lockley, 1989). Por otro lado las llamadas icnosenosis, es decir, colecciones de huellas en facies sedimentarias o formaciones particulares son útiles ya que, reflejan la composición de ciertas comunidades animales en ambientes específicos tales como extensiones de dunas desérticas, playas, pantanos húmedos o ambientes carbonatados; de esta manera pueden ser convenientemente aplicados dichos estudios de poblaciones (Lockley, 1997).

El descubrimiento de yacimientos portadores de huellas es hoy día un fenómeno cada vez más frecuente y relevante, contrario a las expectativas originales. Las huellas pueden hallarse con excepcional abundancia en extensas áreas con delgadas unidades sedimentarias particularmente o superficies de poco espesor designadas megayacimientos ícnicos (megatrack sites) o megalocalidades de dinosaurios, los cuales pueden medirse en orden de cientos de miles por km cuadrado. Se han reportado en casi todo el planeta, empero destacan los del Jurásico y Cretácico de Norteamérica, Europa y Australia. Estos megayacimientos están asociados con la estratificación de sedimentos durante periodos de incremento del nivel del mar. Algunos estudios al respecto muestran que los registros tanto ícnicos como óseos se han incrementado en número y calidad (Lockley, 1997). Estos megayacimientos son en general continuos en ciertas clases de sedimentos de regiones

determinadas. Así mismo es posible reconocer asociaciones de huellas que representan los mismos morfotipos en regiones diferentes que pueden encontrarse, inclusive, sobre continentes diferentes y en diferentes clases de sedimentos (Lockley, 1997).

### **Estudios previos.**

La gran similitud de dinosauricnitas con pisadas producidas por aves desconcertó a los primeros investigadores de entre las décadas de 1830 y 1860, ya que el conocimiento de la existencia de los dinosaurios no se difundiría hasta décadas después (los recientes hallazgos en China, que involucran el origen dinosauriano de las aves corroboran que estas primeras interpretaciones no resultan tan equívocas).

El registro icnológico más antiguo de México no sólo tiene trascendencia nacional, ya que es uno de los descubrimientos más antiguos de huellas de dinosaurio en todo el mundo. El reporte lo hizo el naturalista germano Degenhardt (1840, *Note about bird footprints on red beds from México*, citado así en Thulborn, 1990). Sin embargo, el reporte original no se ha encontrado, por ello la ubicación del sitio y su descripción se desconocen.

El Dr. I. Ferrusquía-Villafranca y sus colaboradores en 1978, es decir 138 años después del reporte de Degenhardt, anunciaron el descubrimiento de huellas de dinosaurio en el Estado de Michoacán, México. Aquí inicia la investigación icnológica formal en México, describiéndose la Dinosauricnofauna Chuta, consistente de por lo menos cinco morfotipos asignados a dinosaurios terópodos y ornitópodos de edad jurásica tardía-cretácica temprana.

Entre 1980-1982, Applegate y Comas reportaron la presencia de huellas de dinosaurio en las inmediaciones de Santa María Xochitlapilco, Huajuapán de León, Oax. Pero no se estudiaron. Para 1993, Ferrusquía-Villafranca *et al.* reportan la presencia de icnitas tardicretácicas en la localidad de Mitepec, porción suroccidental de Puebla, probablemente producidas por hadrosaurios.

En 1994, García-Orozco y Zamora-Vega en su proyecto de Tesis Profesional en Geología (Instituto Politécnico Nacional), describieron brevemente huellas de dinosaurio en estratos litareníticos volcánicos del Municipio de El Aguaje, Mich; asignándoles una probable edad cretácica tardía. Este trabajo constituye la primera mención del registro icnológico, descrito en esta obra.

En 1995, miembros de la Comisión de Paleontología de la Secretaría de Educación Pública de Coahuila, en colaboración con Rene Hernández-Rivera del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, descubrieron huellas tardicretácicas cercanas a Saltillo, Coah, asignándolas a ornitópodos y terópodos (Hernández-Rivera, 1997).

En 1996 Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo en su proyecto de Tesis Profesional en Biología (UNAM), dirigidos por Ferrusquía-Villafranca, hicieron un cuidadoso examen de los descubrimientos icnológicos entonces descubiertos en México, obteniendo para el caso de la Icnofauna Chuta, una identificación taxonómica más fina, reconociendo dos familias terópodos y dos ornitópodos propias del Jurásico Tardío. Ello permitió datar de manera precisa la unidad litoestratigráfica, hasta entonces considerada jurásica tardía-cretácica temprana. En el caso de Puebla, la Dinosauricnofauna Mitepec del Maastrichtiano, se confirmó el registro de una familia ornitópoda y otra saurópoda. También se hizo el estudio detallado de la Dinosauricnofauna Xochitlapilco, la dinosauricnofauna más austral de Norteamérica, describiéndose morfotipos atribuibles a dos familias de terópodos y una de saurópodos pequeños, aún no descrita. Estos estudios darían la pauta a posteriores trabajos de estos autores en coautoría con Ferrusquía-Villafranca, referentes a la Dinosauricnofauna Xochitlapilco.

Finalmente, en 1999 en el marco del proyecto IN19498 PROSPECCIÓN GEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICO DEL SURESTE MEXICANO, en su Fase I (La localización de áreas promisorias para la prospección paleontológicas) dirigido por el Dr. Ferrusquía-Villafranca, se realizó un estudio al afloramiento icnológico de El Aguaje, en el Sureste de Michoacán, mencionado ya. Ello permitió documentar fotográficamente las huellas, duplicar algunas y conocer el entorno geológico de la unidad portadora. En este estudio particular participaron el propio Dr. I. Ferrusquía-Villafranca, el Ing. Jesús García Orozco (descubridor de estas huellas), los estudiantes de postgrado Bravo-Cuevas, y Jiménez-Hidalgo, así como quien esto escribe. De este estudio se deriva el presente trabajo.

## **OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO.**

El interés sobre dinosaurios es enorme tanto en el ámbito científico como en el público general y está en auge en todo el mundo. El estudio de las huellas producidas por éstos

En 1995, miembros de la Comisión de Paleontología de la Secretaría de Educación Pública de Coahuila, en colaboración con Rene Hernández-Rivera del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, descubrieron huellas tardicretácicas cercanas a Saltillo, Coah, asignándolas a ornitópodos y terópodos (Hernández-Rivera, 1997).

En 1996 Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo en su proyecto de Tesis Profesional en Biología (UNAM), dirigidos por Ferrusquía-Villafranca, hicieron un cuidadoso examen de los descubrimientos icnológicos entonces descubiertos en México, obteniendo para el caso de la Icnofauna Chuta, una identificación taxonómica más fina, reconociendo dos familias terópodos y dos ornitópodos propias del Jurásico Tardío. Ello posibilitó datar de manera precisa la unidad litoestratigráfica, hasta entonces considerada jurásica tardía-cretácica temprana. En el caso de Puebla, la Dinosauricnofauna Mitepec del Maastrichtiano, se confirmó el registro de una familia ornitópoda y otra saurópoda. También se hizo el estudio detallado de la Dinosauricnofauna Xochixtlapilco, la dinosauricnofauna más austral de Norteamérica, describiéndose morfotipos atribuibles a dos familias de terópodos y una de sauropódos pequeños, aún no descrita. Estos estudios darían la pauta a posteriores trabajos de estos autores en coautoría con Ferrusquía-Villafranca, referentes a la Dinosauricnofauna Xochixtlapilco.

Finalmente, en 1999 en el marco del proyecto IN19498 PROSPECCIÓN GEOLÓGICO-PALEONTOLOGICO DEL SURESTE MEXICANO, en su Fase I (La localización de áreas promisorias para la prospección paleontológicas) dirigido por el Dr. Ferrusquía-Villafranca, se realizó un estudio al afloramiento icnológico de El Aguaje, en el Sureste de Michoacán, mencionado ya. Ello permitió documentar fotográficamente las huellas, duplicar algunas y conocer el entorno geológico de la unidad portadora. En este estudio particular participaron el propio Dr. I. Ferrusquía-Villafranca, el Ing. Jesús García Orozco (descubridor de estas huellas), los estudiantes de postgrado Bravo-Cuevas, y Jiménez-Hidalgo, así como quien esto escribe. De este estudio se deriva el presente trabajo.

## **OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO.**

El interés sobre dinosaurios es enorme tanto en el ámbito científico como en el público general y está en auge en todo el mundo. El estudio de las huellas producidas por éstos



responde enormemente a este interés aportando información especializada e importante, no obtenible por otro medio. En el caso de México, debido a la posición que tiene su territorio como parte del enlace terrestre interamericano, este tipo de estudios reviste amplia importancia por lo que puede aportar. El presente trabajo incrementa la base factual de conocimiento al respecto y se enmarca en esta línea de investigación.

#### **Los objetivos específicos de esta investigación son:**

- La descripción y la caracterización de la Dinosauricnofauna El Aguaje.
- Discutir la significación geológico-paleontológica de dicha dinosauricnofauna.
- Contribuir al conocimiento de la diversidad y distribución, además de abordar algunos aspectos de comportamiento y ecología de los dinosaurios de México para el Cretácico Tardío.
- Contribuir al conocimiento sobre la paleogeografía y paleobiogeografía de México.
- Demostrar la utilidad de las huellas aisladas en oposición a la opinión actual que las considera prácticamente inútiles.
- Promover futuras investigaciones que contribuyan a la investigación paleontológica de vertebrados.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Aspecto Geológico.**

Para la realización de esta obra fue preciso efectuar una búsqueda y compilación bibliográfica pertinente que permitiese el conocimiento y depuración de la información geológica disponible para el área estudiada. De igual manera se recabó la información cartográfica-geológica respectiva (Jasma *et al.*, 1991; Johnson *et al.*, 1991; García-Orozco y Zamora-Vega, 1994; Silva-Mora, 1995; Lang *et al.*, 1996; Lang & Frerish, 1998). Este material permitió reconocer e interpretar la geología general y particular del área bajo estudio y así mismo la elaboración de mapas geológico-bibliográficos preliminares entre otros, que, en lo posterior se combinaron con mapas fotogeológicos correspondiente para así obtener la cartografía preliminar cuyos datos se verificaron en el campo.

responde enormemente a este interés aportando información especializada e importante, no obtenible por otro medio. En el caso de México, debido a la posición que tiene su territorio como parte del enlace terrestre interamericano, este tipo de estudios reviste amplia importancia por lo que puede aportar. El presente trabajo incrementa la base factual de conocimiento al respecto y se enmarca en esta línea de investigación.

**Los objetivos específicos de esta investigación son:**

- La descripción y la caracterización de la Dinosauricnofauna El Aguaje.
- Discutir la significación geológico-paleontológica de dicha dinosauricnofauna.
- Contribuir al conocimiento de la diversidad y distribución, además de abordar algunos aspectos de comportamiento y ecología de los dinosaurios de México para el Cretácico Tardío.
- Contribuir al conocimiento sobre la paleogeografía y paleobiogeografía de México.
- Demostrar la utilidad de las huellas aisladas en oposición a la opinión actual que las considera prácticamente inútiles.
- Promover futuras investigaciones que contribuyan a la investigación paleontológica de vertebrados.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Aspecto Geológico.**

Para la realización de esta obra fue preciso efectuar una búsqueda y compilación bibliográfica pertinente que permitiese el conocimiento y depuración de la información geológica disponible para el área estudiada. De igual manera se recabó la información cartográfica-geológica respectiva (Jasma *et al.*, 1991; Johnson *et al.*, 1991; García-Orozco y Zamora-Vega, 1994; Silva-Mora, 1995; Lang *et al.*, 1996; Lang & Frerish, 1998). Este material permitió reconocer e interpretar la geología general y particular del área bajo estudio y así mismo la elaboración de mapas geológico-bibliográficos preliminares entre otros, que, en lo posterior se combinaron con mapas fotogeológicos correspondiente para así obtener la cartografía preliminar cuyos datos se verificaron en el campo.

El trabajo de campo permitió la observación de los rasgos litoestratigráficos y estructurales principales, la identificación de contactos, medición de secciones estratigráficas, registro fotográfico correspondiente y la recolección de muestras líticas. Lo que hizo posible la resolución de dudas y/o conflictos

Estos datos permitieron la ejecución de los ajustes cartográficos resultado de la integración de información de campo con la bibliografía precedente además de la arrojada en los estudios petrográficos y paleontológicos previos.

Finalmente se generó la cartografía definitiva así como la sínosis y figuras asociadas; los cuales expresan la interpretación geológica adoptada. (La información presentada en este trabajo difiere de los mapas básicos utilizados, ya que estos enfatizan las diferencias entre las distintas fuentes dado a que algunas unidades requieren una revisión formal por adolecer de forma y/o fondo).

En suma la información geológica es en esencia la misma presentada en 1999 por Ferrusquía-Villafranca. La concordancia de dicha tarea condujo a su adopción para el desarrollo de este proyecto.

La terminología cromática es de Goddard, *et al.*, (1963), la clasificación de las rocas sedimentarias es de Folk (1968); la de las rocas piroclásticas es de Cook (1961), modificado por Ferrusquía-Villafranca (1999), y para la composición de ellas se utilizó la de Sttreckeisen (1965).

El material cartográfico-geológico general fue basado en López-Ramos, 1971: la carta geológica del estado de Michoacán a escala 1:1,500 000. El específico, en INEGI, 1986: Hoja Morelia a escala 1:2500 000 Mientras que la información topográfica se basó en CGSNGI, 1982: Hoja Lázaro Cárdenas E13-6-9 a escala 1:250 000

El equipo utilizado se relaciona a continuación:

- 1) Equipo de cómputo Hewlett Packard Pavilion 6751, scanner Hewlett Packard Scanjet 3400C, Impresora Hewlett Packard Deskjet 610C, softwer especializado Corel Draw 9 y Corel Photo Print 9.
- 2) Cámara fotográfica SRL marca Canon modelo Eos Rebel S de 35 mm con flash integrado, objetivo "zoom" EF 28-80 f3.5-4.5 marca Canon Ultrasonic, Flash esclavo marca Starblitz 200T, tripie estándar marca Man.

- 3) Película fotográfica Marca Kodak Color Gold 100/ASA 36 exp. proceso C-41.
- 4) Set de estilógrafos marca Staedler-Marsmatic de 0.13 mm a 2.0 mm
- 5) Microscopio petrográfico marca Zeiss, con objetivos de 2.5X, 10X y 25X.
- 6) Estereoscopio de doble observación marca Gordon Enterprises con objetivos de 1.5X y 3X.
- 7) Equipo básico de trabajo de campo geológico y paleontológico (de uso común): Brújula tipo Brunton. cinta métrica de 50 m. Altimetro portátil.
- 8) Material para duplicado: yeso cerámico, plastilina, grasa para motor, Láminas de acero. costal de yute, recipientes para mezclar.

### **Aspecto Paleontológico.**

Gran parte del trabajo metodológico adoptado en la realización de este proyecto es el conceptualizado por Ferrusquía-Villafranca (1978a, 1978b, 1993, 1996, 1999) y posteriormente desarrollado por Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo (1996).

El material utilizado para este proyecto está constituido por duplicados de yeso, de algunas icnitas, un acervo fotográfico constituido por más de 90 impresiones color generadas a partir de films con sensibilidad 100/ASA; tanto de icnitas individuales como conjuntos y panorámicas, registradas desde los principales ángulos para su mejor representatividad con la escala correspondiente a cada elemento (la vegetación de la zona y la sombra que proyectaba crearon grandes dificultades para la captura de tomas fotográficas que representaran la totalidad del conjunto); además de dibujos esquemáticos de los afloramientos. Este material se resguarda en la Colección Paleontológica del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México y para fines de esta obra se designa una catalogación provisional (CP) de los duplicados en yeso (hasta que esta tesis sea publicada) compuesta por: CP-XXXVI, CP-XXXVII, CP-XXXVIII y CP-XLII.

Parte del examen de las icnitas en el campo fue el registro de su orientación individual con respecto al Norte actual. A partir de la integración del registro fotográfico, dibujos esquemáticos, orientaciones individuales y duplicados en yeso, fue posible la recreación del plano general del afloramiento principal (Figura 8), el cual permite la apreciación de la posición espacial de todas las icnitas de este afloramiento. A partir de esta recreación se deriva una segunda que ilustra las huellas descritas en este estudio (Figura 9). Un último esquema representa idealmente al afloramiento secundario (Figura 10)

Ya que cada huella había sido registrada en primeros planos perpendiculares al sustrato y a escala, fue posible su reproducción en hojas blancas con las proporciones exactas, el resto del examen se aplicaría sobre la morfometría respectiva, proceso que más tarde ofrecería la posibilidad de obtener aproximaciones de la longitud de los organismos que las produjeron. Para facilitar la visualización de las diferencias morfológicas entre cada ejemplar se estandarizaron a una escala aproximada de 10 cm para la aplicación de la morfometría correspondiente necesarios para su descripción formal (Figura 5).

### **Descripción de huellas aisladas.**

La descripción sistemática de las icnitas y la identificación taxonómica de los dinosaurios que las generaron se basan en la identificación de parámetros icnológicos específicos tales como los configuracionales y los dimensionales.

Los primeros definen la morfología de la icnita, forma, número y arreglo de las impresiones dactilares; así como características especiales como la impresión de cojinetes plantares y dactilares, presencia de garras y marcas del talón (Thulborn, 1990). El significado de cada una de dichas características se basa en su presencia o ausencia. La ausencia de un rasgo anatómico específico no necesariamente representa que aquel no exista en la estructura podial; considerando que está pudiera ser causa de un deficiente grado de preservación.

Los parámetros dimensionales utilizados son lineales y angulares (Figura 5).

#### **I) Parámetros Lineales:**

- Longitud (L). Distancia entre el margen posterior del talón y la parte extrema distal del dígito.
- Anchura (A). Distancia entre los márgenes laterales más externas de la huella.
- Longitud dactilar total (LDTII, LDTIV). Distancia entre el margen posterior del talón y la parte extrema distal de cada dígito.
- Anchura dactilar basal (ADBII, ADBIII, ADBIV) Medida sobre la base de cada dígito.

#### **II) Parámetros Angulares:**

- Ángulo de divergencia entre los dígitos II-III (a) Tomado en el margen posterior del talón.
- Ángulo de divergencia entre los dígitos III-IV (b). *Ídem*.

Estos parámetros permitieron la obtención de los índices morfométricos que a su vez posibilitaron el categorizar el tipo y morfología de la icnita. Ya que análisis estadísticos efectuados por Moratalla (1988) demuestran que en los casos donde la proporción Longitud / Anchura es mayor a 1.25, existirá una posibilidad del 80%, que la impronta pertenezca a un dinosaurio terópodo; en contraste, si esta relación es menor a 1.25, la icnita podría corresponder a un ornitópodo en un 82 %.

Los índices utilizados fueron:

L/A: Relación entre la longitud de la huella y su anchura.

LDBII/ADBII, LDBIII/DBIII, LDBIV/DBIV: Relación entre la longitud dactilar basal y la anchura basal para cada uno de los dígitos.

Se observaron 6 patrones básicos en la morfología de las icnitas en base a la interpretación de la relación L/A:

- Isodiamétricas: icnitas cuya  $L = A$ . Reconociéndose dos subtipos; isodiamétricas positivas (+), huellas que son del 5 al 15% más largas que anchas; e isodiamétricas negativas (-), del 5 al 15%, más anchas que largas).
- Subalargadas: Improntas del 20 al 35% más largas que anchas.
- Alargadas: improntas del 40 al 55% más largas que anchas.
- Hiperlargadas: improntas del 55% más largas que anchas.
- Anchas: huellas del 20 al 25% más anchas que largas.
- Hiperanchas: improntas del 30% o más anchas que largas.

Dichos patrones reconocidos se ejemplifican en las formas romboidal, redondeada, y elipsoidal (Fig 5C).

Por otro lado se determinó el grado de preservación mostrado por cada icnita, lo que permitió el discriminar las huellas verdaderas (euhuella) de las subimpresiones (subhuellas). Por lo que respecta al estado de conservación de las icnitas se vio la necesidad de adoptar criterios alternativos dado el desacuerdo entre la comunidad científica tocante a este aspecto (Gillette & Lockley, 1989; Thulborn, 1990; Lockley, 1993; Kubban, 1999). Con esto se consideró huella verdadera a aquella impresión con mayor grado de definición, en ciertos casos con la resolución suficiente para registrar las impresiones de los cojinetes dactilares y/o plantares, así como el margen que definen. Aunado a que estas presentasen un equilibrio

entre la firmeza del sustrato matriz y la ejercida por la extremidad, ejemplificado a través de una profundidad moderada; ya que una huella de escasa profundidad es difícilmente perceptible. Si el sedimento es demasiado blando dará lugar a una huella muy profunda que favorecerá el colapso del sedimento (*op cit*)

En contraste las subimpresiones son icnitas de escasa profundidad con márgenes difusos, resultado de la presión transmitida a los estratos subyacentes a la superficie; a diferencia de las ehuellas suelen ser las más frecuentes en el registro litoestratigráfico (Thulborn, 1990).

Para el cálculo de la longitud total de los organismos responsables de las improntas se han propuesto diversos modelos: longitud corporal, longitud orificio nasal-cloaca, distancia gleno-acetabular y distancia de la cadera al suelo (Thulborn, 1990). Es esta última la que por sus ventajas se considero más conveniente; ya que su cálculo es posible a través de icnitas aisladas (Figura 6). Mc Nell-Alexander (1978) denominó a esta distancia, dimensión h, y propuso una sencilla ecuación dada por la multiplicación de la longitud del pie por 4 ( $h= 4l$ ). Thulborn (1990) por su parte, derivó un método más preciso basado en el análisis de datos ostiométricos que involucran la relación aproximada de la longitud de la extremidad para diferentes tallas de dinosaurios. Se puede obtener una aproximación de la longitud total de los organismos mediante la multiplicación de la Dimensión h por 4. El desarrollo del presente proyecto se basa en estas bases.

#### **Consideraciones sobre la descripción de rastros.**

Desafortunadamente no se encontraron rastros. En el caso de los bípedos, un rastro está formado por tres o más icnitas consecutivas, con una dirección específica y pertenecientes al mismo animal (Peabody, 1948). Para los cuadrúpedos, se requieren seis o más huellas ( Peabody, 1948; Sarjeant, 1975)

#### **Consideraciones sobre la asignación taxonómica de las huellas estudiadas.**

Son muchas las variables que afectan a las icnitas, tanto al momento súbito de su formación como en lo posterior, por lo que la información registrada requiere una cuidadosa evaluación. En este sentido Thulborn (1990) ha discriminado dos conjuntos de variaciones en la configuración de las icnitas, estas son azarosas y no azarosas. En el primero de los casos, los individuos de un mismo taxón podrían generar huellas configuracionalmente diferentes, resultado de su producción en sustratos de configuración y/o textura diferente,

como arena y limo, limo seco y limo húmedo; la pendiente del sustrato; si es resbaladizo o no con respecto a la locomoción del animal; la respuesta de este animal ante determinado estímulo etc.

En el segundo caso se involucra la identidad taxonómica del organismo generador, la cual se ve afectada por factores de variación intraespecífica, intra genérica o intrafamiliar, tales como individualidad, edad, tamaño, sexo, locomoción y comportamiento individual o gregario de los animales.

El tratamiento nomenclatural en este trabajo se basa en el uso de los conceptos morfotipo y Expresión Mórfica, acuñados por Ferrusquía-Villafranca *et al.*, (1978) y Sarjeant (1992); y su propuesta en la que la nomenclatura de los icnotaxa se base en morfología y no en presuntas afinidades taxonómicas.

Así, un **Morfotipo** se define como la configuración fundamental de una icnita, la cual puede referirse a una familia o un género del Sistema Líneano y difiere de los morfogéneros, morfoespecies, icnogéneros, icnoespecies del sistema parataxonómico, el cual asigna formalmente un taxón, aún así, permite el situar a las icnitas apropiadamente en el Sistema Líneano de Nomenclatura. Su reconocimiento se apoya en el carácter distintivo de los rasgos integrales de la icnita dados por los parámetros configuracionales y métricos.

Por su parte una **Expresión Mórfica** (EM) es cada una de las variables de un mismo Morfotipo (Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo 1996, seguidos Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1996), estas reflejan la influencia de los factores tanto biológicos como no biológicos, azarosos y no azarosos; y que pueden ser interpretados como muestra de una misma población. Estas Expresiones Mórficas describen la variabilidad del registro ocasionando un decremento de la incertidumbre taxonómica y nomenclatural. En este trabajo su descripción se basa en letras griegas minúsculas para individualizar las huellas descritas y con esto facilitar su tratamiento; estas letras están en función a su orden de aparición en esta obra.

De esta manera se tienen dos niveles de apreciación en el estudio de cada icnita lo que permite discriminar los diferentes factores y obtener una aproximación confiable a la identificación taxonómica (Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo, 1996).

Punto aparte, el esquema taxonómico-nomenclatural aplicado a los organismos generadores de esta dinosauricnofauna, se basa en categorías tales como Orden, Suborden, Infraorden, Familia, Género y Especie, (en lo posible). Dada la diversidad de opiniones en



este campo se decidió asumir una actitud conservadora ya que los fines que satisfacen este proyecto no profundizan en dichas controversias de clasificación.

### **Abreviaturas.**

Además de las convencionales, en este trabajo se utilizaron las siguientes: A: anchura, ADB: anchura dactilar basal, CP: catlogación provisional, e: valor estimado, EM: expresión mórfica, h: distancia de la cadera al suelo, L: longitud dactilar basal, LDT: longitud dactilar total.

## **MARCO GEOGRÁFICO Y SINOPSIS GEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICA DEL ÁREA EL AGUAJE, MICHOACÁN SUROCCIDENTAL**

### **MARCO GEOGRÁFICO**

#### **Localización y Acceso**

El área se encuentra entre los 18° 45'-19° 00' Lat. N y 102° 40'-103° 00' Long. W (Figuras 1 y 7e INEGI, 1980c), tiene forma cuadrangular (36.35 km por lado), una extensión aproximada de 1,321.32 km<sup>2</sup>. Político-administrativamente pertenece al Municipio homónimo. La principal vía de acceso es la Carretera Federal 120 en su tramo Morelia-Apatzingan, de la cual se deriva hacia el sur una carretera estatal sin número que conduce a El Aguaje (Figura 1)

#### **Fisiografía, Hidrografía, Clima y Biota**

El área se encuentra en la parte occidental de la Sierra Madre del Sur, el territorio es montañoso, altitudinalmente se ubica entre 500-1,500 msnmm, la parte baja se encuentra hacia el oriente. Los ríos principales son Aguililla, El Salto, El Limón y Chapula; el drenaje es dendrítico (Figura 2 e INEGI, 1980c). El clima es cálido-subhúmedo con lluvias en verano. La vegetación dominante es bosque de pino-encino en las partes altas y un matorral espinoso, así como pastizales en las bajas. La fauna es Neotropical.

#### **Población, Cultura y Economía**

El área está relativamente poco poblada. El principal asentamiento con rango de cabecera municipal es El Aguaje. Las principales actividades económico-productivas se basan en agricultura de temporal y de riego (granos básicos y hortalizas), ganadería de especies mayores y menores, comercio y explotación forestal (tablas, leña y carbón). Las

poblaciones principales cuentan con instituciones de educación primaria y secundarias; sólo en El Aguaje existe preparatoria (técnica).

## **MARCO GEOLÓGICO**

### **Estudios Previos**

La información geológica disponible para esta área es escasa y principalmente de carácter regional, en ella se incluyen estos trabajos: Ortega-Gutiérrez *et al.* 1992 (1993), mapa geológico de la República, escala 1:2,000,000, López-Ramos, 1971, mapa estatal, escala 1:500,000 e INEGI, 1986, mapa escala 1:250,000. El estudio de mayor interés es el realizado por García-Orozco, & Zamora-Vega (1994), que versa sobre la geología del Municipio de Aguililla, Mich., e incluye el área de estudio. Este trabajo sirvió de base para el presente estudio.

### **Litoestratigrafía Sinóptica**

Se transcribe aquí la información presentada en Ferrusquía-Villafranca, 1999, por considerarse suficiente para los fines de este proyecto.

En el área aflora extensamente la secuencia cretácica, la cual incluye seis unidades (Figuras 3 y 4). La más antigua de ellas es la Unidad Volcánica, constituida por derrames, brechas, tobas y aglomerados andesíticos de piroxena, con un espesor de 40 a 60 m y que subyacen discordantemente a la Formación San Lucas. Esta última, aflora en la porción centroccidental del área y está constituida por calcilita, calcarenita, marga y caliza argilobiomicrítica gris, dispuesta en capas delgadas; el espesor es de 200 m. Le sobreyace la Formación Tepalcatepec, constituida por calcarenitas y calcilimolitas intercaladas alternativamente, por tobas andesíticas y por calcilitas negras, la estratificación es delgada a mediana y el espesor de la unidad es de 80 a 120 m. Las tres unidades están referidas al Cretácico Temprano, tanto por su posición y relaciones estratigráficas, como por la presencia de fauna en dos de ellas.

La Formación Morelos, con un espesor de 250-300 m, es la que tiene una mayor extensión, constituye las sierras que se encuentran en la parte central y oriental del área. Esta unidad consiste de caliza gris biomicrítica, dispuesta en capas gruesas a masivas, intercalada por biolita y bioclastita e incluye también biohermas de rudistas y de otros invertebrados, que han permitido asignarla al Cretácico Medio. A esta unidad le sobreyace concordantemente la Arenisca Aguililla (*nombre nuevo*), que es una secuencia de

volcarenita arcósica roja de 300 m de espesor (Figura 8), textura limolítica a finosamítica, fuertemente litificada por metasomatismo relacionado con el emplazamiento de la Unidad Intrusiva El Tigre. La estratificación es delgada a mediana y se encuentra intercalada por conglomerado de la misma composición. En afloramientos sobre el Río El Salto, situados en la parte suroriental del área, se encuentran numerosas huellas de dinosaurios. El estudio de las mismas, permite referirlas por lo menos a cuatro familias, unas de ellas muy característica, corresponden a hadrosaurios. Huellas muy semejantes a estas últimas se han encontrado en el Cretácico Tardío de la región centroccidental de Estados Unidos. Este dato, aunado a la posición estratigráfica de la unidad, permite asignarla confiablemente al Cretácico Tardío.

La Unidad Intrusiva El Tigre (Figuras 3 y 4), está constituida por troncos granodioríticos a dioríticos, de textura holocristalina. Uno de ellos, el correspondiente al Cerro El Tigre, está emplazado en la Arenisca Aguililla, produciendo la fuerte litificación que tiene esta unidad en las inmediaciones de este cerro.

La Unidad Clástica Inferior es la más antigua del Sistema Terciario (Figuras 3 y 4), tiene un espesor de 80 a 100 m y está constituido por conglomerado calcilitítico a volcanosedarenítico, fuertemente litificado, dispuesto en capas gruesas; aflora en la parte noroccidental del área. Está discordantemente sobreyacido por la Unidad Lávica, que está constituida por derrames y brechas andesíticas intercaladas por tobas de la misma composición; el espesor es de 100 m, y la edad es tarditerciaria. La Unidad Piroclástica sobreyace en discordancia a la anterior. Es la más extensa de las unidades terciarias; aflora en la mitad nororiental del área formando la parte alta de las mesetas y sierras. Tiene un espesor de 200 m por lo menos y está constituida por toba y lapillitoba andesítica parcialmente soldada, dispuesta en capas medianas a gruesas; su posición estratigráfica permite asignarla al Terciario Tardío. La Unidad Clástica Superior forma dos pequeños cuerpos de unos 35 m de espesor que sobreyacen en discordancia a la Unidad Piroclástica; está constituida por conglomerado polimíctico a sedarenítico dispuesto en capas gruesas, intercalado por arenisca tobácea deleznable dispuesta en capas delgadas. Depósitos cuaternarios de aluvión, coluvión y suelo, cubren discordantemente a las unidades anteriores.

## **Rasgos Estructurales Dominantes e Historia Geológica**

Los rasgos estructurales principales incluyen fracturas y fallas normales, arregladas en direcciones NE-SW y NW-SE. También parece existir una falla de desplazamiento lateral asociada a la Unidad Intrusiva El Tigre.

El registro lítico estructural del área muestra que durante el Cretácico Temprano ocurrió en el área actividad volcánica que generó el emplazamiento de derrames lávicos y piroclásticos andesíticos (Unidad Volcánica). Después, el territorio fue transgredido por un mar epicontinental somero, en cuyo fondo se depositaron sedimentos calcáreos y terrígenos (Formaciones San Lucas y Tepalcatepec). Actividad volcánica explosiva probablemente acaecida fuera del área, generó material piroclástico que se depositó también en este fondo marino (Formación Tepalcatepec). Durante el Cretácico Medio el fondo sufrió un proceso de hundimiento que condujo a un incremento del nivel del mar y a la disminución del aporte terrígeno, depositándose entonces sedimentos exclusivamente calcáreos (Formación Morelos); se desarrollaron algunos arrecifes y biohermas.

Durante el Cretácico Tardío ocurrió somerización extrema del mar, depositándose entonces en la zona aledaña al litoral, sedimentos finoclasticos arcósicos (Arenisca Aguililla). En la zona aledaña terrestre existió una comunidad biótica bien desarrollada, probablemente de carácter tropical, cuyos tetrápodos dominantes, esto es los dinosaurios, dejaron un extenso registro ícnico (Fauna El Aguaje).

También durante este tiempo, ocurrió actividad magmática expresada por la Unidad Intrusiva El Tigre, la cual se alojó en la Arenisca Aguililla, produciendo su excelente litificación. Esta litificación permitió la buena preservación de las huellas de dinosaurios.

Durante el Terciario Temprano, ocurrió en el área una intensa actividad tectónica que se manifestó mediante plegamiento, fallamiento y levantamiento (regional?) de las unidades cretácicas, las cuales quedaron emergidas y fueron pronto erosionadas vigorosamente, generándose así depósitos crasoclasticos que se acumularon en las depresiones topográfico-estructurales (Unidad Clástica Inferior). La ausencia de unidades sedimentarias temprano y mesoterciarias, evidencia que pronto cesó la sedimentación, de modo que durante la mayor parte del Terciario, el área ha sido un alto topográfico y no una cuenca.

Finalmente, durante el Terciario Tardío ocurrió actividad volcánica (emplazamiento de las Unidades Lávica y Piroclástica), seguido de escasa sedimentación continental

crasoclastica (Unidad Clástica Superior). Durante el Cuaternario se generaron diversos depósitos, conformándose así el paisaje que tiene ahora el Área El Aguaje.

## **PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA: LA DINOSARICNOFAUNA EL AGUAJE, CRETÁCICO TARDÍO, MICHOACÁN SUROCCIDENTAL**

### **Consideraciones Introductorias**

El conjunto de impresiones y moldes que se describen en el presente estudio se designa formalmente como Dinosauricnofauna El Aguaje, Cretácico Tardío de Michoacán, México. La Arenisca Aguililla es la unidad portadora de los afloramientos de interés que se encuentran en el cauce del Río El Salto, afluente del Río Grande, separados unos 50 m y tienen sendos conjuntos de huellas. El conjunto mayor incluye por lo menos 30 huellas y diversas impresiones no individualizables (Figura 8, Laminas I y II) que comparte con el segundo conjunto (Figura 10, Laminas IV y V). La preservación de las icnitas es excelente a causa de la fuerte litificación. La determinación de la orientación del conjunto principal respecto al norte actual, evidencia una tendencia preferencial al suroeste (figura 9 (recuadro)). Los estratos subyacentes al afloramiento portan invertebrados fósiles diagnósticos del Cretácico Tardío.

En el Reporte Técnico I del Proyecto IN1948 PROSPECCIÓN GEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICO DEL JURÁSICO-PALEÓGENO DEL SURESTE MEXICANO (Ferrusquía-Villafranca, 1999), se presentó una descripción preliminar, sugiriendo la presencia de por lo menos 3 familias de dinosaurios. El estudio realizado ahora permite precisar la identidad taxonómica de tales familias; así como incrementar su número a cuatro.

### **Descripcion Sistemática de las Icnitas**

Orden SAURISCHIA Seeley, 1877

Suborden Theropoda marsh, 1881

Infraorden Tetanurae Gauthier, 1986

Familia Tyrannosaridae, Osborn, 1905

Gen. *et. sp.* Indet.

#### **Morfotipo A**

Expresiones Mórficas podiales  $\alpha$  y  $\beta$ .

crasoclástica (Unidad Clástica Superior). Durante el Cuaternario se generaron diversos depósitos, conformándose así el paisaje que tiene ahora el Área El Aguaje.

## **PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA: LA DINOSARICNOFAUNA EL AGUAJE, CRETÁCICO TARDÍO, MICHOACÁN SUROCCIDENTAL**

### **Consideraciones Introductorias**

El conjunto de impresiones y moldes que se describen en el presente estudio se designa formalmente como Dinosauricnofauna El Aguaje, Cretácico Tardío de Michoacán, México. La Arenisca Aguililla es la unidad portadora de los afloramientos de interés que se encuentran en el cauce del Río El Salto, afluente del Río Grande, separados unos 50 m y tienen sendos conjuntos de huellas. El conjunto mayor incluye por lo menos 30 huellas y diversas impresiones no individualizables (Figura 8, Láminas I y II) que comparte con el segundo conjunto (Figura 10, Láminas IV y V). La preservación de las icnitas es excelente a causa de la fuerte litificación. La determinación de la orientación del conjunto principal respecto al norte actual, evidencia una tendencia preferencial al suroeste (figura 9 (recuadro)). Los estratos subyacentes al afloramiento portan invertebrados fósiles diagnósticos del Cretácico Tardío.

En el Reporte Técnico I del Proyecto IN1948 PROSPECCIÓN GEOLÓGICO-PALEONTOLOGÍCO DEL JURÁSICO-PALEÓGENO DEL SURESTE MEXICANO (Ferrusquía-Villafranca, 1999), se presentó una descripción preliminar, sugiriendo la presencia de por lo menos 3 familias de dinosaurios. El estudio realizado ahora permite precisar la identidad taxonómica de tales familias; así como incrementar su número a cuatro.

### **Descripción Sistemática de las Icnitas**

Orden SAURISCHIA Seeley, 1877

Suborden Theropoda marsh, 1881

Infraorden Tetanurae Gauthier, 1986

Familia Tyrannosauridae, Osborn, 1905

*Gen. et. sp. Indet.*

#### **Morfotipo A**

Expresiones Mórficas podiales  $\alpha$  y  $\beta$ .

(Tablas 1 y 2; Figuras 7, 8, 9; Lámina II y Lámina III, Figura A y B)

**Material Referido.** Ejemplares: impresión podial derecha, impresión podial izquierda.

**Caracterización.** Este morfotipo se distingue por los siguientes rasgos: (1) Huella isodiamétrica positiva de configuración romboidal las cuales son del 25-30% más largas que anchas. (2) Tamaño entre 29.16-58.63 cm. (3) El dígito III es más largo mientras que los laterales (II, IV) son ligeramente más cortos y subiguales en longitud. (4) Escotaduras interdigitales en forma de "V". (5) En la base del dígito cuatro se observa una escotadura plantar sobre el margen posterolateral. (6) La divergencia total de los dígitos es de 25°-55°. (7) Los ángulos de divergencia interdigitales son de entre 16.7° en promedio (a 35°). La divergencia interdigital entre II y III es de 17° y entre III y IV es de 16° (por lo menos en la mayor). (8) La divergencia total de los dígitos es de 33°. (9) impresiones dactilares elipsoidales únicas para cada dedo. (10) No se observa impresión del cojinete metatarsal por detrás de los dígitos II-IV. (11) El margen posterior de la impronta tiende a ser redondeado.

**Expresión Mórfica  $\alpha$ .**- Material referido: Impresión podial derecha 33 (Tablas 1 y 2; Figuras 7, 8 y 9; Lámina II y Lámina III, Figura A y B).

**Descripción.**- Huella isodiamétrica positiva de configuración romboidal las cuales son del 25-30% más largas que anchas; tamaño 58.63 cm; el dígito III es más largo y muestra un ligero ángulo de curvatura a la derecha (6°), mientras que II y IV son ligeramente más cortos y subiguales en longitud; escotaduras interdigitales en forma de "V" abierta; en la base del dígito cuatro se observa una escotadura plantar sobre el margen posterolateral. La divergencia total de los dígitos es de 55°; los ángulos de divergencia interdigitales son de entre 27.5° en promedio, o La divergencia interdigital entre II y III es de 35° y entre III y IV es de 20°; impresiones dactilares elipsoidales únicas para cada dedo (de hecho son las estructuras mejor definidas en la totalidad de las huellas); se observa una escotadura lateral al final de la base del dígito IV; talón con base amplia; margen posterior de la impronta tiende a ser redondeado (Lámina III, Figura A).

**Expresión Mórfica  $\beta$ .** Material referido: Impresión podial derecha 31, impresiones podiales izquierdas 23 y 31 (Tablas 1 y 2; Figuras 7, 8 y 9; Lámina II y Lámina III, Figura A y B).

Descripción.- Huellas isodiamétricas positivas de configuración romboidal las cuales son del 25-30% más largas que anchas; tamaño 31 cm en promedio; el dígito III es más largo, mientras que II, IV son ligeramente más cortos y subiguales en longitud; escotaduras interdigitales en forma de "V" abierta; en la base del dígito IV se observa una escotadura plantar sobre el margen posterolateral. La divergencia total de los dígitos es de 30.5°; los ángulos de divergencia interdigitales son de entre 15° en promedio; o La divergencia interdigital entre II y III es de 13.5y entre III y IV es de 17°; impresiones dactilares elipsoidales únicas para cada dedo; se observa una escotadura lateral al final de la base del dígito IV; talón con base amplia; margen posterior de la impronta tiende a ser redondeado (Lámina III, Figura B).

**Asignación Morfotípica.** Las Expresiones Mórficas  $\alpha$  y  $\beta$  comparten la mayoría de los rasgos que caracterizan al Morfotipo A, por lo cual su asignación al mismo está plenamente justificada. Las improntas referibles a este morfotipo, comparten una configuración semejante, Sin embargo su dimensión oscila considerablemente (29.16 vs. 58.53 cm, Tabla 1). Esta variación se explica parsimoniosamente por la presencia de organismos juveniles y adultos pertenecientes a un mismo grupo taxonómico (de nivel específico). Queda abierta la posibilidad de la presencia de adultos de diferentes grupos taxonómicos. Por ejemplo, los hallazgos pueden incluir individuos de taxa diferentes, como en el caso del sitio Jordan, Montana, (Formación Hell Creek), donde un espécimen de *Tyrannosaurus*, está asociado a uno referido a *Albertosaurus lacensis* (Molnar *et al.*, 1990). La huella No. 31 referida a la Expresión Mórfica  $\beta$ , muestra la impresión del dígito I (hallux), que se encuentra dirigido posterolateralmente; la impresión de dicha estructura es poco frecuente, y denota una actitud o posición inusual en el individuo generador.

La Expresión Mórfica  $\beta$ , presenta parámetros configuracionales similares a los que definen a las impresiones asignadas al Morfotipo A, pero difiere en algunos rasgos, por lo cual cabría la posibilidad que represente un morfotipo distinto; la falta de material adicional impide valorar esto.

**Justificación Taxonómica.** La sistemática de los carnosaurios es controvertida en cuanto a: (1) la ubicación taxonómica de los tyranosáuridos, abelisáuridos y allosáuridos; y (2) la constitución genérica de estas familias (*cf.* Dixon *et al.*, 1992; Molnar *et al.*, 1990; Rowe & Gauthier, 1990, Norman, 1992; Lambert, 1993). De acuerdo a lo anterior y para



evitar confusiones de ubicación taxonómica se consideraron en este trabajo como “carnosaurios” a los terópodos de gran talla. Los criterios de caracterización de las huellas referentes a grandes terópodos (*cf.* Colbert & Mirelles, 1967; Shouman *et al.*, 1989; Calvo, 1991; Thulborn, 1990), son las siguientes: (1) Generalmente las huellas de “carnosaurio” presentan una longitud anteroposterior mayor a 25 cm. (2) Huellas usualmente más largas que anchas. (3) Tridáctilares raramente tetradáctilares, mesaxónicas y en todos los casos los dígitos principales son divergentes en un patrón casi simétrico mientras que el dígito I cuando está presente se extiende medialmente o hacia atrás. (4) Las impresiones de los dígitos usualmente se estrechan en su porción apical terminada en garras puntiagudas y alargadas. (5) La divergencia total de los dígitos es a menudo de 50° a 60° mientras que los ángulos interdigitales son aproximadamente iguales. (6) La mitad posterior de la huella tiende a ser triangular o en forma de cuña. (7) Detrás del dígito IV se observa la impresión de un cojinete metatarsofalángico. (8) Los rastros presentan un ángulo de paso que varía de 150° a 180° y una relación IZ/lh que va de 5/l-8/l. Prácticamente todas estas características son claramente reconocibles en las impresiones que representa este morfotipo (por lo menos en la mayor de ellas).

El origen de la Familia Tyrannosauridae es oscuro, ya que sólo unos pocos restos óseos se conocen de la mitad temprana y media del Cretácico Tardío. Los primeros tyranosáuridos aparecen hace 80 millones de años, persistiendo 15 millones de años más hasta final del Mesozoico (Carpenter, 1997). Tradicionalmente los tyranosáuridos se han tomado como afines a los allosáuridos del Jurásico (Colbert, 1983, Paul, 1988); sin embargo, recientes análisis cladísticos indican que los tyranosáuridos son una forma coelurosauria gigante, más estrechamente emparentados a los ornitomímidos que a los allosaurios (Holtz, 1994) Von Huene, (1926) había propuesto esta relación hace más de 70 años.

El dinosaurio generador del Morfotipo A tenía una longitud aproximada de 8.61 m, *i. e.*, entre el 80%-100% de la que poseían los tyranosáuridos para el Cretácico Tardío (Dixon *et al.*, 1992; Molnar & Farlow, 1990; Molnar *et al.*, 1990; Norman, 1992; Lambert, 1993; Carpenter, 1997). Ello aunado al alcance estratigráfico del grupo (exclusivo del Cretácico Tardío), permitió asignar al taxon generador del morfotipo A, a la Familia Tyrannosauridae. La enorme similitud entre los géneros de esta familia y la naturaleza del material disponible impiden mayor precisión taxonómica.

La dimensión h estimada para este morfotipo es de 2.87 m; lo cual corresponde a un individuo de unos 8.61 m. Los dinosaurios pertenecientes a esta familia tenían pies proporcionalmente pequeños. En la Familia Tyrannosauridae la estima de longitud total a partir de la dimensión h puede corresponder con la de las mayores especies de esta familia (consultar apéndice).

**Consideraciones sobre la distribución geográfica y edad geológica.** El registro de los grandes terópodos tardicretácicos incluye a los abelisáuridos en el Hemisferio Sur, y a los tyranosáuridos en el Hemisferio Norte (Molnar & Farlow, 1990). *Siamotyrannus isaniensis* de la Formación Sao Khua del Cretácico Temprano, en el Parque Nacional Phu Wiang, Tailandia, constituye el registro más antiguo de tyranosáuridos (Buffetaut *et al.*, 1996; Buffetaut, 1997). Esta nueva forma cretácica temprana vincula la distribución y origen de la familia con este país, eslabonándolo a dos formas plesiomórficas, *Alectrosaurus olseni* y *Alioramus remotus*, de Mongolia y China, de probable edad cenomaniense (Molnar, *et al.*, 1990). Por su parte Gangloff (1994) y Rich *et al.* (1997), reportan la presencia de huellas teropódicas referibles a posibles tyranosáuridos en la porción occidental extrema de Alaska, en la confluencia de los Ríos Colville y Awuna, al norte de la Cordillera Broock. La huella más grande mide 45.72 cm, está acompañada por huellas más pequeñas aparentemente inferibles a la misma familia. Este hallazgo es el más septentrional del Hemisferio Norte y antecede unos 25 Ma al registro óseo (90-110 Ma). Posiblemente es el que tiene mayor afinidad con las huellas de El Aguaje. Por otro lado, existe cierta relación taxonómica de *Labocania anomala* del Campaniano de Baja California, México, con los tyranosáuridos, pero en ausencia de material más completo esta relación es hipotética (Molnar, *et al.*, 1990).

Los registros óseos de los géneros mejor conocidos de la Familia Tyrannosauridae, como *Tyrannosaurus rex* y *Albertosaurus libratus*, proceden del Campaniano y Maastrichtiano de Canadá y Estados Unidos; mientras que *Tarbosaurus bataar* procede de estratos de edad semejante en Mongolia y China (Molnar, *et al.*, 1990). Lockley, (*in* Psihoyos & Knobber, 1994), menciona la presencia de una icnita (contramolde relleno de arenisca) de 86 cm de largo (incluyendo la impresión metapodial) y 60 cm de ancho, referida a un tyranosáurido de gran tamaño, posiblemente *Tyrannosaurus rex*, descubierta por el geólogo Charles Pillmore del U.S Geological Survey, en la Cuenca

Ratón, Norte de Nuevo México, de probable edad maastrichtiana. Por último, los restos óseos más australes de tyrannosaurios proceden de la Formación Cerro del Pueblo, Cretácico Tardío de Coahuila, México (Murray *et al.*, 1960; Weidie *et al.*, 1972).

La presencia de los tyrannosaurios de Alaska y de México hacen pensar que su distribución pudiera asemejarse a la del puma moderno (*Puma concolor*), que va de los trópicos de Costa Rica a las regiones frías de Canadá y los Andes peruanos.

**Consideraciones paleoecológicas.** Las adaptaciones presentes en los tyranosáuridos denotan su papel de hiperdepredadores en los ecosistemas terrestres cretácico tardíos. Las piernas son largas y poderosas y su mecánica de flexión es muy semejante a la aviana; las modificaciones en el tobillo y porción superior del pie, comparadas con *Allosaurus* indican un pie aún mejor adaptado para la carrera (Carpenter, 1997). De hecho, Bakker (1986) y Paul (1988), argumentan que, las extremidades posteriores indican una locomoción muy rápida, del orden de hasta 70 km/h, aunque sólo por muy cortos periodos.

Por otro lado, se ha interpretado la coincidencia de restos juveniles y adultos de *T. rex* en Faith, Dakota del Sur (Larson, 1994, *in* Psihoyos y Knoebber, 1994), como evidencia de una relación materno-filial. Ello a su vez sugiere que estos dinosaurios, probablemente se congregaban en pequeños grupos (Currie, 1997; Larson, *op cit.*). Tal conducta se observa actualmente entre los carnívoros como el cheetah (*Acinonyx jubatus*), el tigre (*Panthera tigris*) o los úrsidos, donde la unidad básica está formada por la madre y sus crías (Bright, 1996; Morris, 1990). Si la asignación del Morfotipo A es correcta, el taxón generador acusaría también estos rasgos ecológicos.

Familia Ornithomimidae Marsh, 1890

Gen. *et.* sp. Indet.

### **Morfotipo B**

Expresión Mórfica podial, única idéntica al morfotipo

(Tabla 3; Figura 7, Figura 10; Láminas IV y V)

**Material Referido.** Número no definido de Impresiones dactilares; sólo se tabularon las icnitas mejor preservadas.

**Caracterización.** Las huellas que constituyen este morfotipo se distinguen por los rasgos siguientes: (1) Grado de dinoturbación tal que no sólo se observa un gran número de impresiones dactilares aisladas (Figura 10; Láminas IV y V). (2) Impresiones dactilares alargadas de configuración elipsoidal que terminan en ápices subredondeados. (3) Longitudes dactilares no mayores de 29 cm. (4) Dígitos más largos que anchos. (5) impresiones dactilares elipsoidales únicas para cada dedo.

**Asignación Morfotípica.** La configuración de las impresiones dactilares que constituyen este morfotipo difieren claramente de las otras huellas presentes en el afloramiento principal y cubren la totalidad del afloramiento secundario, por lo cual requieren un tratamiento separado.

**Justificación taxonómica.** Según Thulborn (1990), las características que definen a las huellas atribuidas a ornitomímidos son: (1) Huellas tridáctilares significativamente más largas que anchas, de entre 10 y 28 cm. (2) El dígito III es distintivamente más elongado que los otros dos, que son iguales en longitud (el dígito I es vestigial), los tres muestran rastros de una garra roma. (3) El ángulo de divergencia de los dígitos es amplio ( $78^\circ$ ). (4) El dígito IV es significativamente más divergente que el dígito II, con ángulos interdigitales de  $35^\circ$  (II-III) y  $44^\circ$  (III-IV). (5) Los márgenes posteriores de los dígitos II y IV muestran una impresión hecha por el extremo distal del metatarso. (6) Dicha impresión conforma una protuberancia bien definida en el margen posterior de la huella, directamente paralelo al eje del dígito III.

Muchas de estas características se observan en las impresiones que constituyen este morfotipo, lo cual permite asignarlo a este grupo taxonómico. La dimensión h estimada (1.42 m) denota individuos que alcanzarían una longitud que oscila entre 4.0 y 5.5 m. Los ornitomímidos tienen un alcance estratigráfico exclusivamente Cretácico y están bien representados en el Cretácico Tardío (Barbold & Osmóslka, 1990; Dixon *et al.*, 1992; Norman, 1992; Lambert, 1993; Osmóslka, 1997). La edad geológica de la unidad portadora, como se discutió en su oportunidad, es cretácica tardía, ello proporciona apoyo adicional a esta asignación.

La longitud que alcanzaban los ornitomímidos varía de 3-4 m, semejante a la que probablemente tenían los individuos generadores del morfotipo B, pero la del Género *Deinocheirus morificus* es mucho mayor. Mención aparte es la curiosa divergencia en la

orientación de las improntas en este segundo afloramiento en donde un grupo se dirige al sureste mientras el otro al suroeste (Figura 10, Lámina V).

**Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y Edad Geológica.** El alcance geocronológico de la Familia Ornithomimida, es Cretácico Temprano a Cretácico Tardío, su distribución en este lapso es prácticamente cosmopolita ya que existen reportes de restos provenientes de Norteamérica, Asia y Australia (Russell, 1972; Osmóslka *et al.*, 1972; Barsbold & Osmóslka, 1990; Dixon *et al.*, 1992; Norman, 1992; Osmóslka, 1997). Se tienen registros ícnicos para el Cretácico Tardío de Alberta, Canadá; Cretácico Medio de Israel y el Cretácico Temprano de la Columbia Británica, Canadá (Thulborn, 1990). Por lo tanto, la presencia de huellas atribuible a ornitomímidos en Michoacán, México Suroccidental, constituye el primer registro ícnico tardicretácico de esta familia en el Hemisferio Norte y extiende su distribución geográfica desde la porción Noroccidental de los Estados Unidos hasta la Región Suroccidental de México.

**Consideraciones Paleoecológicas.** No hay evidencia objetiva sobre los hábitos alimenticios de los ornitomímidos. Dado que estos dinosaurios muestran manos no raptorales (a pesar de los pulgares oponibles de *Strutiomimus altus*) y que la disposición de sus ojos es lateral, por lo que su visión no podía ser estereoscópica, se considera que los ornitomímidos no eran depredadores estrictos y que su dieta podía haber incluido invertebrados, vertebrados pequeños y ocasionalmente frutos y huevos. Los metatarsos elongados sugieren que eran capaces de mantener largas carreras, por lo cual se les considera como los terópodos cursoriales más livianos conocidos; su velocidad se estima de 35-60 km/h (Thulborn, 1982; Osmóslka, 1997). Sus depredadores potenciales son los dromeosáuridos y los tyranosáuridos que comúnmente se encuentran en los mismos depósitos que alojan ornithomimosaurios (Barsbold & Osmolka 1990; Norman, 1992).

Infraorden Maniraptora Gauthier, 1986

Familia Dromaeosauridae Matthew et Brown, 1922

Gen. *et. sp.* Indet.

## Morfotipo C

Expresiones Mórficas podiales  $\chi, \delta, \varepsilon$

(Tablas 4 y 5; Figuras 7, 8, 9 y 11; Lámina VI)

**Material Referido.** Siete impresiones podiales derechas, 6 impresiones podiales izquierdas, molde en yeso (CP-XXXVII).

**Caracterización.** Las huellas que constituyen este morfotipo se distinguen por los rasgos que a continuación se mencionan: (1) Improntas subalargadas de conformación romboidal. (2) La talla promedio no rebasa los 36 cm. (3) Huellas mesaxónicas ocasionalmente tridáctilares con dígitos dirigidos hacia delante, con arreglo cuasi simétrico. (4) Impresiones dactilares elipsoidales únicos para cada dedo. (5) El dígito III es el más elongado. (6) El dígito IV es ligeramente más corto. (7) El dígito II cuando se observa es proporcionalmente más corto a la vez que ancho. (8) Las escotaduras interdigitales tienen forma de "v" cerrada. (9) La región plantar es muy breve. (10) La divergencia total de los dígitos es pequeña, fluctúa entre los 28°-40° (tomando en cuenta que sólo 3 huellas de 13 exhiben la presencia del dígito II. (11) La divergencia interdigital es pequeña y variable, su valor promedio no rebasa los 40°.

**Expresión Mórfica  $\chi$ .** Material Referido: Impresiones podiales derechas 26 y 35; Impresión podial izquierda 3.

**Descripción.-** Improntas subalargadas de conformación romboidal, talla no mayor a 28 cm, mesaxónicas bidactilares, con dígitos dirigidos hacia delante, impresiones dactilares elipsoidales únicas para cada dedo (ocasionalmente fusionadas en su margen posterior), el dígito III es el más elongado, el dígito IV es ligeramente más corto, mientras que sólo parte del dígito II está impreso y exhibe cierta separación con respecto al resto de la huella, las escotaduras interdigitales tienen forma de "V", la divergencia interdigital es pequeña y variable (Lámina VI).

**Expresión Mórfica  $\delta$ .** Material referido: Impresiones podiales derechas 1 y 2; Impresiones podiales izquierdas 17, 18 y 39.

**Descripción.-** Improntas subalargadas de conformación romboidal, talla no mayor a 24 cm, mesaxónicas bidactilares, con dígitos dirigidos hacia delante con arreglo cuasi simétrico, impresiones dactilares elipsoidales únicas para cada dedo (ocasionalmente fusionadas en su margen posterior), el dígito III es el más elongado, el dígito IV es

ligeramente más corto, las escotaduras interdigitales tienen forma de “V”, la divergencia interdigital es pequeña y variable, región plantar breve (Lámina VI).

**Expresión Mórfica ε.** Material Referido: Impresiones podiales derechas 16, 22 y 29; Impresiones podiales izquierdas 8 y 37; Molde en yeso huella 37 (catalogación provisional XXXVII). Esta Expresión Mórfica presenta en esencia los rasgos que caracterizan a la EM δ, a excepción de que las impresiones dactilares son únicas para cada dedo y su ángulo interdigital es variable, en ocasiones da la impresión de que los dedos son paralelos (Lámina VI).

**Asignación Morfotípica.** Estas huellas comparten una configuración semejante y una talla media que no rebasa los 35 cm. Otro rasgo de su morfología es la presencia de sólo dos impresiones dactilares en la mayoría de las huellas, enlazando así ambos como propios de una configuración básica. La variación de las dimensiones de las icnitas que constituyen este morfotipo (15.2 a 34.9 cm) puede explicarse por la presencia de organismos juveniles y adultos pertenecientes a un mismo grupo taxonómico (de nivel específico).

Con relación al tamaño estas icnitas muestran una uniformidad en su longitud y en términos absolutos reflejan individuos cuya longitud total es del orden de 3 a 4 m. Estas semejanzas se atribuyen a que las improntas fueron generadas por individuos pertenecientes a un mismo grupo taxonómico.

**Justificación taxonómica.** Hasta la fecha no se han descrito certificadamente huellas atribuidas a dromeosáuridos (Ostrom, 1990; Currie, 1997); mas este hecho no necesariamente significa que no existan. En cambio, el registro óseo de esta familia es abundante y en algunos casos está asociado a taxa como los inferidos en El Aguaje.

El pie de un dromeosáurido (Figura 11) se aleja del modelo general de los terópodos (al igual que la gran parte de su anatomía), sólo los dígitos III y IV participan en la tracción; el dígito II muestra grandes articulaciones, que permiten la retracción hacia arriba y atrás, describiendo un amplio arco de rotación (de más de 150°), conformando la necesaria adaptación al manejo de la gran garra falciforme, (carácter diagnóstico de la familia), evitando así el desgaste al correr, manteniendo afilado este “instrumento cortante”, apoyando este dígito solo ocasionalmente. Ello explica la ausencia o parcialidad de la impresión digital correspondiente.

El dígito I (hallux) está reducido, como en la mayoría de los terópodos (Ostrom, 1990; Dixon, *et al.*, 1992; Norman, 1992; Lambert, 1993; Currie, 1997; Padian, 1997). Los dromeosáuridos como en general todos los terópodos al desplazarse, dado su condición digitígrada, mantenían una reducida superficie de contacto con el sustrato (Colbert, 1983; Carpenter, 1997). Así, su tamaño era inversamente proporcional a la velocidad. Esta opinión está plenamente corroborada en los mamíferos más veloces, los cuales muestran superficies de apoyo extremadamente pequeñas, como es el caso de la gacela de Tompson (*Gazella tomponii*) y el cheetah (*Acinonyx jubatus*). Además, tal principio explica el porqué de la reducción del número de dígitos durante la evolución de ciertos perisodáctilos como los caballos.

La dimensión h para este morfotipo oscila entre 0.6 y 1.2 m, lo cual sugiere individuos de tallas del orden de 3 a 6.28 m. Esta variación puede sugerir que más de un grupo-edad está representado. Ello los ubica entre los dromeosáuridos de talla mediana a grande conocidos al presente: Los de talla pequeña median de 1.6 a 3 m de longitud (Norman, 1992; Dixon *et al.*, 1992; Currie, 1997) y pesaban de 30 a 80 kg (Ostrom, 1990). Los de talla grande median más de 5 m y proceden del Cretácico Temprano en Estados Unidos (*Utahraptor ostrommaysorum*), Europa, Japón y Mongolia (Currie, 1997).

Finalmente, cabe destacar que los dromeosáuridos constituyen uno de los grupos de terópodos más comunes durante el final del Cretácico Temprano y todo el Cretácico Tardío en Norteamérica (Ostrom, 1990; Currie, 1997); por lo tanto no causa sorpresa que el grupo de dinosaurios responsables del Morfotipo B, preservados en estratos que por evidencia independiente son referibles al Cretácico Tardío, perteneciesen también a esta familia.

Por lo tanto la coincidencia de todos los caracteres en conjunto justifican la asignación de las huellas de El Aguaje a la Familia Dromaeosauridae. Debido a la gran de similitud entre los géneros y especies que constituyen esta familia, se decidió que no es posible una asignación más allá de dicha identidad taxonómica.

**Consideraciones sobre la Distribución Geográfica y La Edad Geológica.** El alcance geocronológico de la Familia Dromaeosauridae se extiende del Cretácico Temprano al Tardío y su distribución se restringe a Norteamérica y Asia. El origen de la familia es aún desconocido. Los más antiguos dromeosáuridos conocidos son *Deinonychus*



*antirrhoupus* de la Formación aptiano-albiana Cloverly de Wyoming y Montana, Estados Unidos. Y su contemporáneo *Utahraptor ostrommaysorum* de la formación Cedar Mountain de Utah.

La determinación de edad de los estratos subyacentes a la unidad portadora, aunada a la presencia diagnóstica de formas hadrosáuridas descritas para la Dinosauriofauna El Aguaje, permite asignarla al Cretácico Tardío. Para este lapso se tienen reportes de restos óseos de *Velociraptor mongolensis*; en las Formaciones Djadochta y Barun Goyot posibles santonianas o campaninas de Mongolia y de *Dromaeosaurus albertensis* de la Formación Campaniano/Maastrichtiana Judith River de Alberta, Canadá y Montana, EE Unidos,. Los últimos dromeosáuridos, aparentemente se extinguieron en el Maastrichtiano (Ostrom, 1990; Dixon *et al.*, 1992; Norman, 1992; Lambert, 1993; Currie, 1997; Padian, 1997).

La presencia de huellas atribuidas a esta familia en la porción suroccidental del Estado de Michoacán, México, constituye el registro más austral de este grupo en el Hemisferio Norte, y extiende el área de distribución de la Familia Dromaeosauridae durante el Cretácico Tardío desde Montana (EEUU Noroccidental, *circa* 48° Lat. Norte) hasta Michoacán (México Suroccidental, *circa* 18° Lat. Norte). Cabe destacar que el material de la Formación tardicretácica coahuilense Cerro del Pueblo, referido a Dromaeosauridae (Hernández-Rivera, 1997), no está descrito. El único material descrito es el de la Fauna Pelillal, e incluye sólo a Troodontidae y Hadrosauridae. (Rodríguez de la Rosa & Ceballos-Ferriz, 1998).

**Consideraciones Paleoecológicas.** Los dromeosáuridos son foco de atención en aspectos como, las relaciones filogenéticas entre el grupo terópoda, el origen de las aves, fisiología dinosauriana, capacidad cerebral, coordinación nerviosa y etología (Ostrom, 1990, Currie, 1997). El hallazgo de más de tres esqueletos parciales de *Deinonychus antirrhoupus*, asociados a los restos del hipsilofodóntido *Tenontosaurus tilletti*, de gran talla, sugiere que *Deinonychus* cazaba en grupos compuestos por más de cinco individuos, capaces de dominar animales mucho mayores que ellos, variando significativamente su método de ataque al del resto de los terópodos. Los lobos (*Canis lupus*) y perros salvajes del Cabo (*Lycaon pictus*), cazan de esta manera (Ostrom, 1990; Norman, 1992)

Orden ORNITHISCHIA Seeley, 1877

Suborden Ceropoda Sereno, 1986

Infraorden Ornithopoda Marsh, 1881

Familia Hadrosauridae Cope, 1869

Gen. *et. sp.* Indet.

### Morfotipo D

Expresiones Mórficas podiales  $\phi, \gamma, \eta$ ,

(Tablas 6 y 7; Figuras 7, 8, 9 y 10; Láminas VII y VIII)

**Material Referido.** Ejemplares: Nueve impresiones podiales derechas; tres impresiones podiales izquierdas y 3 moldes en yeso (CP-XXXVI y CP-XXXVIII).

**Caracterización.** Las características que distinguen a este Morfotipo son las siguientes: (1) Huellas isodiamétricas que tienden a ser redondeadas. (2) Tamaño que oscila entre 15-43 cm. (3) Mesaxónicas tridactilares con dígitos que terminan en ápices subredondeado. (4) El dígito medio es el más largo, los dígitos laterales son más cortos, subiguales en longitud y más anchos que el dígito III. (5) Escotaduras interdigitales en forma de "U". (6) Ángulo de divergencia total de 50°-65°. (7) Los ángulos interdigitales son aproximadamente iguales y se encuentran alrededor de los 30°. (8) En las improntas más pequeñas la impresión del talón es corta simétrica con 2 escotaduras marginales, una sobre el margen posteriomedial y otra sobre el posterolateral. Ocasionalmente la porción posterior de la huella que corresponde a la superficie del talón es ancha y tiene un margen simétrico. (9) Margen posterior de la huella tiende a ser más redondeado.

**Expresión Mórfica.**  $\phi$ . Material Referido: Impresión podial derecha? 42; impresión podial izquierda 43; molde en yeso huella 42 (CP- XLII).

**Descripción.-** Huellas de configuración redondeada más anchas que largas, talla promedio 34.1 cm mesaxónicas, tridactilares con dígitos que terminan en ápices redondeados, impresiones dactilares elipsoidales y únicos para cada dedo, el dígito III es el más elongado, el dígito IV es proporcionalmente más corto, mientras que el dígito II es el más pequeño, dígitos subyúgales en anchura con escotaduras interdigitales en forma de "U", región plantar ancha, el margen posterior de la huella es redondeado, escotadura posteromedial única (Lámina VIII).

**Expresión Mórfica**  $\gamma$ . Material Referido: Impresiones podiales derechas 5, 24,38 y 40; impresiones podiales izquierdas 4, 6, y 7; moldes en yeso huellas 36 y 40 (catalogación provisional XXXVI y XXXVIII).

Descripción.- Huellas de configuración redondeada tan largas como anchas, talla promedio 28.4 cm (aunque esta EM presenta la huella ornitópada más grande del conjunto 47.33), mesaxónicas, tridactilares con dígitos que terminan en ápices redondeados, con escotaduras interdigitales en forma de "U", impresiones dactilares redondeados a ovoidales únicos para cada dedo, cojinete plantar de configuración redondeada que ocupa gran parte de la porción posterior de la huella (Lámina VII, Figura A).

**Expresión Mórfica**  $\eta$ . Material Referido: Impresión podial derecha 34; impresión podial izquierda 27.

Huellas de configuración redondeada más anchas que largas, talla promedio 15.7 cm mesaxónicas, tridactilares con dígitos que terminan en ápices redondeados, con escotaduras interdigitales en forma de "U", región plantar ancha, el margen posterior de la huella es redondeado, escotadura posteromedial única (Lámina VII, Figura B).

**Asignación Morfotípica.** Las semejanzas que comparten estas icnitas, indican que fueron generadas por organismos pertenecientes a un mismo grupo taxonómico. Las ligeras diferencias configuracionales mostradas por dichas improntas, se pueden explicar al considerar la dinámica extremidad/sustrato, dado que la actitud y posición del individuo generador no necesariamente es la misma. Por lo tanto la morfología de determinada huella estará en función a la actividad del organismo que la generó (caminar, correr, mantenerse estático, *et. cet.*).

Este morfotipo muestra una superficie de contacto amplia, lo que sugiere cierta adaptación al soporte de un peso considerable (Weishampell & Horner, 1990) (algunos hadrosaurios pesaban 4-6 toneladas); y consecuentemente un andar lento a una velocidad no mayor 20 km/h, generando así huellas anchas y redondeadas (Thulborn, 1982; Weishampell & Horner, 1990).

La gran variación de tamaño (15.20 vs 43.33 cm) entre estas icnitas, indican la presencia de individuos de diferentes tallas, lo cual por el principio de Parsimonia, correspondería a una población natural, integrada por individuos juveniles y adultos que coexisten en un área determinada.

**Justificación Taxonómica.** Las características de las icnitas atribuibles a hadrosaurios son las siguientes (Thulborn, 1990): (1) Huellas tan largas como anchas. (2) miden generalmente entre 40-50 cm; existen reportes de ejemplares de pequeña talla de alrededor de 10 cm los cuales se han atribuido a organismos juveniles (Currie & Sarjeant, 1979), aquellas inferiores a tal longitud han sido consideradas pertenecientes a crías neonatas (Carpenter, 1992). (3) Tridactilares mesaxónicas con dígitos cortos, anchos y que terminan en ápices redondeados. (4) Dígitos laterales más cortos que el dígito medio, subiguales en longitud, forma y ángulo de divergencia. (5) La divergencia total es por lo común de 65°. (6) El margen posterior de la huella tiende a ser redondeado.

En esencia dichas características son claramente reconocibles en las improntas que constituyen este morfotipo. Sin embargo, cabe destacar la estrecha similitud entre las impresiones generadas por hadrosaurios e iguanodontes, por lo que su identificación adolece de incertidumbre (Thulborn, 1990).

El alcance stratigráfico de la Familia Hadrosauridae, restringido al Cretácico tardío, coadyuvó a precisar la asignación taxonómica de las icnitas que componen este Morfotipo. Los hadrosaurios tuvieron su aparición tardía durante el Cretácico, fueron el último linaje en la evolución ornitópoda (Norman, 1992), además de ser el grupo más diverso y abundante del Cretácico (Weishampel & Horner, 1990). Existen algunas evidencias que sugieren que los hadrosaurios ya se habían establecido antes del Campaniano, como el caso de icnitas atribuibles a hadrosaurios del Cretácico Temprano de Canadá (Currie & Sarjeant, 1979), Colorado y Alaska (Gangloff, 1994; Rich *et al.*, 1994). En el caso de iguanodontes poco se sabe sobre impresiones cretácico tardías de este grupo (Thulborn, 1990); se tienen escasos reportes sobre dientes aislados referidos a *Crasperodon* y un esqueleto fragmentado pequeño, referido a *Mochlodon*; ambos de Europa (Norman, 1992).

La alternativa de que este morfotipo fuese generado por iguanodontes es poco probable, dada la deficiente evidencia disponible sobre la existencia de este grupo durante la última mitad del Cretácico. Por otra parte, la dimensión h estimada para este morfotipo oscila entre 0.8 y 2.5 m, lo cual corresponde a individuos que pudieran haber alcanzado 10.24 m como máximo. Esto demuestra que el grupo de dinosaurios generadores de este morfotipo, llegarían a tener dimensiones del mismo orden de magnitud que el observado en

la mayoría de los hadrosaurios cuya longitud promedio era de 7-10 m (Weishampel & Horner, 1990; Norman, 1992; Forster, 1997)

La ausencia de huellas manuales muestra una clara tendencia a la locomoción bípeda. Finalmente la gran variación en tamaño que tienen estas huellas sugiere que más de un grupo-edad estaba representado. La mayoría miden en promedio 30 cm y sólo 2 de un conjunto de 11 tienen un tamaño menor. Las huellas cuya longitud media es de 15 cm, se atribuyen a individuos juveniles (Currie & Sarjeant, 1979). El conjunto de huellas que constituye este morfotipo reflejaría que los juveniles formaban sólo una pequeña fracción de la población.

**Consideraciones sobre distribución geográfica y edad geológica.** Los hadrosaurios, o dinosaurios “pico de pato”, son los herbívoros más numerosos y diversificados del Cretácico Tardío; su alcance geocronológico es del Cenomaniano al Maastrichtiano de Norteamérica, Indochina, Europa y Asia (Weishampel & Horner, 1990). Este esquema distributivo fue modulado en gran parte por la posición relativa de los continentes al comienzo de su evolución. En esta época los continentes sureños se encontraban separados de los norteños por el Mar de Tethys al este y el Océano Atlántico y Pacífico al oeste. Esta barrera marina teóricamente impediría la dispersión de los hadrosaurios hacia el sur.

Sin embargo se han reportado hadrosaurios en Sudamérica (todos procedentes de la provincia de Chubut, Argentina), tales como *Secernosaurus koerneri* Maastrichtiano (Bonaparte *et al.*, 1984; Weishampel & Horner, 1990; Norman, 1992; Novas, 1997), y los subsecuentes “*Kritosaurus*” *australia* (Campaniano-Maastrichtiano Temprano) y un hadrosáurido maastrichtiano no identificado (Bonaparte *et al.*, 1984, Novas, 1997). Esto significaría que dicha barrera no era totalmente efectiva, permitiendo el desplazamiento de hadrosaurios al través del archipiélago que posiblemente entonces enlazaba el extremo meridional de Norteamérica con Sudamérica.

El hadrosaurio más antiguo conocido es *Protohadros byrdi* del Cenomaniano de Texas (Head, 1998). En cuanto a su registro ícnico, éste se ha reportado en la porción centro-occidental de los Estados Unidos (Thulborn, 1990; Carpenter, 1992), en Argentina (Leonardi, 1981; Thulborn, 1990), en el Cretácico Temprano en la Columbia Británica, Canadá (Langston, 1960) y en el Cretácico de Alaska (Gangloff, 1994; Rich *et al.*, 1997).

La presencia de las huellas atribuibles a hadrosaurios en la porción suroccidental del Estado de Michoacán, México, aquí descritas, y las de la porción suroccidental de Puebla (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1993; Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo, 1996), constituyen los registros más australes de este grupo en el Hemisferio Norte y conjuntamente sugieren la continuidad de su área de distribución a lo largo del territorio mexicano, eslabonándolos a los registros óseos de hadrosaurios en la región norte del país, como los reportados para las Formaciones El Gallo (Campaniano de Baja California, Morris, 1967, 1972, 1973, 1974), Snake Ridge (parte del Grupo Cabullona, Maastrichtiano?) de Sonora (Taliaferro, 1993; Wheishampel, 1990; Gonzales-León *et al.*, 1993; Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo, 1996; Hernández-Rivera, 1997) y Cerro del Pueblo (Campaniano-Maastrichtiano Tardío de Coahuila, Murray *et al.*, 1960; Weidie *et al.*, 1972; Wheishampel, 1990; Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo, 1996; Hernández-Rivera, 1997; Rodríguez de la Rosa & Cevallos-Ferriz, 1998).

**Consideraciones paleoecológicas.** La información compilada a partir de estudios osteológicos, restos momificados y embriones, impresiones cutáneas, icnitas, huevos y sitios de anidación (Weishampel & Horner, 1990; Forster, 1997), ha hecho que la historia natural de los hadrosaurios sea la mejor conocida entre los dinosaurios. Estos eficientes herbívoros poseen baterías dentales abrasivas altamente especializadas, junto con ramphotecas orales denticuladas y una biomecánica mandibular única, que permitían el alimentarse aún de plantas fibrosas (como angiospermas, coníferas y helechos) de bajo valor nutricional (Weishampel & Horner, 1990; Forster, 1997). Estas adaptaciones fueron clave en el éxito de estos ornitópodos tardicretácicos sobre otros grupos de herbívoros como los saurópodos, favoreciendo las sucesiones faunísticas características de este periodo (Norman, 1992). En cuanto a su locomoción, parece existir una ambigüedad entre cuadrupedia y bipedia. Durante la carrera o el caminamiento de largo alcance eran bípedos (facultativos), en contraste eran cuadrúpedos al caminar o forrajear vegetación baja (Forster, 1997).

Orden ?Saurischia u Ornithischia

Suborden Indet.

Familia Indet.

Gen *et. sp.* Indet.

## Morfotipo E

Expresiones Mórficas podiales  $\iota$ ,  $\phi$

(Tabla 8; Figuras 7, 8, y 9; Lámina IX)

**Material Referido.** Once impresiones indeterminadas.

**Caracterización.** Las huellas que constituyen este morfotipo se distinguen por los rasgos siguientes: (1) Impresiones indeterminadas, configuracionalmente sencillas de forma elipsoidal. (2) Talla de 16 a 25 cm. (3) Más largas que anchas. (4) Ausencia de impresiones dactilares. (5) Ocasionalmente presentan una pequeña lobulación tan ancha como larga.

**Expresión Mórfica  $\iota$ .** Material referido: Huellas indiferenciadas 10, 12, 13, 15, 44, 45, 46, 47, y 48.

Descripción.- Esta EM es la que más se asemeja a la morfotípica, su conformación es marcadamente ovoidal y no presenta lobulación.

**Expresión Mórfica  $\phi$ .** Material referido: Huellas indiferenciadas 9 y 14.

Descripción.- Conformación elipsoidal, presenta una pequeña lobulación la cual es tan larga como ancha, forma la minoría en el conjunto.

**Asignación Morfotípica.** Las 11 huellas referibles a este morfotipo comparten una configuración distintiva y una pequeña talla (no mayor a 25 cm de largo); esto se ha interpretado como indicador de que los individuos que las originaron formaban parte de una población a su vez referible a una sola especie.

**Justificación Taxonómica.** La naturaleza anómala de las icnitas descritas hace difícil precisar la identidad taxonómica de los organismos generadores, por lo que con reservas sólo se presentan las siguientes conjeturas

En primer lugar existe cierta presunción de atribuir las a algún taxón del Suborden Saurópoda, ya que las huellas mal preservadas sin marcas dactilares de estos dinosaurios, son parecidas a estas estructuras (Thulborn, 1990). Se les encuentra todavía en el Cretácico Tardío y han sido reportadas ya en México (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1993; Bravo-Cuevas & Jiménez Hidalgo, 1996).

No obstante, Gangloff (1994) y Rich *et al.*, (1997), describen la presencia de estructuras semejantes, en asociación a huellas de tyranosáuridos, hadrosaurios y anquilosaurios en la vertiente ártica de Alaska (una icnofauna muy semejante a al de El Aguaje). Sin embargo Gangloff atribuye dichas estructuras a cierto comportamiento alimenticio de tortugas, donde

según él, está involucrado el plastrón para extraer alimentos del suelo. Cabe destacar que entre los registros de esta área se encuentran restos de quelonios.

Por otro lado, estas estructuras podrían haberse generado al adoptar cierta posición: ejemplo el jabalí verrugoso africano (*Phacochoerus africanus*), puede flexionar sus muñecas y sostenerse sobre ellas para adoptar una pose más cómoda al alimentarse a ras del suelo; de hecho la mayoría de los súidos muestran este comportamiento. Análogamente, es posible que algunos dinosaurios adoptasen también esta posición, bien para alimentarse o para percibir mejor sonidos o vibraciones que pudieran representar alguna amenaza. Se postula este origen para las icnitas del Morfotipo E. Los hadrosaurios eran dinosaurios cuyos cráneos estaban modificados para amplificar los sonidos vocales por los medio de los cuales se comunicaban; para ello es necesario un elevado desarrollo del oído (Wheishampel & Horner, 1990). Así que no es de extrañar que al no ser muy veloces su mejor defensa fuese esta forma de advertimiento temprano.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICA-PALEOBIOLOGICA DE LA DINOSAURICNOFAUNA EL AGUAJE

**Significación geológica.** La información geológica que puede derivarse de la icnofauna estudiada, tiene entre otras, implicaciones acerca de edad, ambiente, marco paleogeográfico y marco tectónico. Con respecto a la edad, la información geocronológica independiente aportada por los invertebrados de la Formación Morelos, referible al Albiano-Cenomaniano, denota que ésta es la edad máxima posible para la Dinosauricnofauna El Aguaje. La presencia de hadrosaurios comparables a los maastrichtianos del resto de Norteamérica es un indicativo de que la fauna es Cretácico Tardía, posiblemente maastrichtiana.

En lo concerniente a paleogeografía y evolución tectónica, se tiene evidencia de que la configuración y posición geográfica de las principales placas litosféricas durante el Cretácico Tardío, se parecía ya a la del presente. (Ross & Scotese, 1988), empero, la constitución geológica, configuración y localización geográfica precisas se desconocen (*cf.* Seyfert & Sirkin, 1973; Ross & Scotese, 1988; Smith & Funell, 1994).

La distribución biogeográfica de los diversos grupos de dinosaurios inferida a través su registro óseo para este periodo, muestra el desarrollo de biotas terrestres endémicos,



según él, está involucrado el plastrón para extraer alimentos del suelo. Cabe destacar que entre los registros de esta área se encuentran restos de quelonios.

Por otro lado, estas estructuras podrían haberse generado al adoptar cierta posición: ejemplo el jabalí verrugoso africano (*Phacochoerus africanus*), puede flexionar sus muñecas y sostenerse sobre ellas para adoptar una pose más cómoda al alimentarse a ras del suelo; de hecho la mayoría de los súidos muestran este comportamiento. Análogamente, es posible que algunos dinosaurios adoptasen también esta posición, bien para alimentarse o para percibir mejor sonidos o vibraciones que pudieran representar alguna amenaza. Se postula este origen para las icnitas del Morfotipo E. Los hadrosaurios eran dinosaurios cuyos cráneos estaban modificados para amplificar los sonidos vocales por los medio de los cuales se comunicaban; para ello es necesario un elevado desarrollo del oído (Wheishampel & Horner, 1990). Así que no es de extrañar que al no ser muy veloces su mejor defensa fuese esta forma de advertimiento temprano.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA SIGNIFICACIÓN GEOLÓGICA-PALEOBIOLOGICA DE LA DINOSAURICNOFAUNA EL AGUAJE

**Significación geológica.** La información geológica que puede derivarse de la icnofauna estudiada, tiene entre otras, implicaciones acerca de edad, ambiente, marco paleogeográfico y marco tectónico. Con respecto a la edad, la información geocronológica independiente aportada por los invertebrados de la Formación Morelos, referible al Albiano-Cenomaniano, denota que ésta es la edad máxima posible para la Dinosauricnofauna El Aguaje. La presencia de hadrosaurios comparables a los maastrichtianos del resto de Norteamérica es un indicativo de que la fauna es Cretácico Tardía, posiblemente maastrichtiana.

En lo concerniente a paleogeografía y evolución tectónica, se tiene evidencia de que la configuración y posición geográfica de las principales placas litosféricas durante el Cretácico Tardío, se parecía ya a la del presente. (Ross & Scotese, 1988), empero, la constitución geológica, configuración y localización geográfica precisas se desconocen (*cf.* Seyfert & Sirkin, 1973; Ross & Scotese, 1988; Smith & Funell, 1994).

La distribución biogeográfica de los diversos grupos de dinosaurios inferida a través su registro óseo para este periodo, muestra el desarrollo de biotas terrestres endémicos,

propios de cada continente (Romer, 1966; Carroll, 1988; Weinhampel, 1990; Dodson, 1997). La Dinosauricnofauna El Aguaje muestra una mayor afinidad taxonómica y biogeográfica con las dinosaurifaunas de la porción occidental del resto de Norteamérica. Si a ella se agrega la presencia de formaciones continentales tardicretácicas en Baja California (Morris, 1967, 1972, 1973, 1974; Gastil *et al.*, 1975), Sonora (Taliaferro, 1933; González-León *et al.*, 1993), Chihuahua (Ferrusquía-Villafranca, 1969) y Coahuila (Murray *et al.*, 1960 Weidie *et al.*, 1972), portadoras de dinosaurios, se deduce que las dinosauricnofaunas El Aguaje (Michoacán Suroccidental) y Mitepec (Puebla Suroccidental) en México Meridional debieron constituir el límite distribucional del grupo en Norteamérica durante el Cretácico Tardío e implicarían cierta continuidad meridional terrestre de Norteamérica hasta la paleolatitud correspondiente a El Aguaje y Mitepec.

El ambiente sedimentario inferido es fluvioacustre, es decir, netamente continental como el de las Formaciones Saint Mary River y Two Medicine de Montana, EEUU y Alberta, Canadá (Rogers, 1997). Finalmente este es el segundo registro dinosaurínico tardicretácico más austral en Norteamérica sólo superado ligeramente por el de Mitepec, Pue. Cabe destacar que este ambiente habría constituido un entorno geográfico apropiado para la comunidad dinosauriana de El Aguaje, que incluía herbívoros (hadrosaurios) dependientes tróficamente de una densa cobertura vegetal (frecuentemente presente en las inmediaciones de ríos y cuerpos de agua), depredadores diversos (dromeosaurios y tyranosaurios), complementado por omnívoros (ornitomímidos)

**Significación Paleobiológica.** El trabajo se basa en huellas aisladas ya que no existen rastros reconocibles. A pesar de la opinión *in contra* de algunos icnólogos (*cf.* Lockley, 1993), los trabajos de Ferrusquía-Villafranca *et al.* (1978 a-b) y Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo (1996) han mostrado que el estudio de las icnitas aisladas tiene valor en varios aspectos tales como diversidad, paleobiogeografía, etología, confirmación de sucesiones faunísticas, interacciones animales, evolución, etc.

La localidad estudiada es realmente la mayor del país (superficie agregada de 100 m<sup>2</sup>) su preservación es excelente, sus numerosas huellas muestran una diversidad relativamente alta y un grado de dinoturbación (*cf.* Lockley & Conrad, 1989) que fluctúa de moderado (Afloramiento principal) a intenso (Afloramiento B).

En cuanto al registro icnológico del país, la Dinosauriofauna El Aguaje constituye el tercero de edad cretácica junto con los de Mitepec, Pue. y Cerro del Pueblo, Coah. (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1993; Bravo-Cuevas & Jiménez-Hidalgo, 1996; Hernández-Rivera, 1997). La diversidad dinosauriana tardicretácica reportada se basa principalmente en restos óseos procedentes de numerosas localidades campaniano-maastrichtianas del norte de la República (*op. cit.*). El presente estudio permitió reconocer la presencia de las Familias Tyrannosauridae, Dromaeosauridae, Ornithomimidae y Hadrosauridae en el Suroeste del país.

Considerando que a partir del registro ícnico es posible inferir el tamaño y edad de los individuos que lo generaron y por extensión de los taxa a que pertenecen (*cf.* Lockley, 1993), los datos aportados por las icnitas de Michoacán, atribuidas a la Familia Tyrannosauridae, permiten reconocer una variación de tamaño (a partir de su h estimada) 5-11 m, la cual corresponde a la talla de las formas tyrannosauridas conocidas. Así mismo, como se discutió en el apartado de justificación taxonómica del Morfotipo A, se considera que los individuos responsables posiblemente representan más de un grupo-edad, por ejemplo juveniles y adultos.

Con respecto a las improntas atribuidas a la Familia Dromaeosauridae, los individuos que las generaron alcanzaban tallas de entre 1.5-6 m. Sus rasgos peculiares sugieren que representa un taxón no descrito aún, pero no se le propuso formalmente por lo reducido de la muestra disponible.

En cuanto a las icnitas atribuidas a la Familia Ornithomimidae, se considera que fueron generados por individuos con una talla estimada de 4 a 5.5 m, que pertenecían a más de un grupo-edad. Este tamaño corresponde al de los ornitomímidos conocidos al presente (Barbold & Osmóslka, 1990; Dixon *et al.*, 1992; Norman, 1992; Lambert, 1993; Osmóslka, 1997). Otro tanto es aplicable a las icnitas referidas al a Familia Hadrosauridae (longitud total 7-10 m).

En relación a las consideraciones ecológicas, es necesario destacar dos hechos paradójicos: (a) La relación numérica de las huellas carnívoro/herbívoro favorecen ampliamente al primer grupo y (b) la coexistencia de tres diferentes taxa de carnívoros en la localidad.

Sobre el primero, puede decirse que es un hecho frecuente en el registro ícnico (*cf.* Shoult & Farlow, 1992; Lockley, 1993; Farlow, 1994, *in* Psihoyos & Knoebber, 1994; Lockley, 1997), que se podría explicar por la mayor actividad de forrajeo y patrullaje de los carnívoros desarrollada en territorios más extensos que los que tienen los herbívoros (que tanto recorren mayores distancias en un sólo día que estos últimos, consecuentemente generaran un mayor porcentaje de huellas); y por la preferencia que tienen los carnívoros en patrullar terrenos cercanos a cuerpos de agua para acechar a posibles presas que van eventualmente a beber. De hecho, Drickamer (1992), concluye que los animales territoriales pasan mucho tiempo patrullando las inmediaciones de su territorio, visitando anteriores marcajes y generando otros nuevos invirtiendo mucho tiempo y energía, inclusive aún más que la competición por recursos.

Por último, es posible incluir un hecho más que favorecería la dominancia de carnívoros en el registro ícnico: El éxito de la captura es relativamente bajo, del orden de 10-20 intentos. El guepardo (*Acinonyx jubatus*) cazando solo, suele abatir un antílope en uno de cada 20 intentos. El tigre (*Panthera tigris*) en sus ataques a cérvidos, tiene un éxito de 1:10. En cambio la caza en grupo, aumenta las posibilidades de éxito, como ocurre en el caso las hienas manchadas (*Hyena crocuta*) y el de los perros salvajes del Cabo (*Lycaon pictus*), donde la mitad de los intentos logran su cometido (Morris, 1990; Bright, 1996;). En conjunto ello resolvería la paradoja de que siendo los carnívoros menos abundantes que los herbívoros su registro ícnico sea mayor.

Respecto a la coexistencia local de diferentes grupos de carnívoros, la jerarquización de los depredadores podría explicarla. Así por ejemplo, los leones (*Panthera leo*) comparten sus dominios con leopardos, guepardos, perros salvajes y hienas, los cuales se alimentan de las mismas presas, pero son forzadas a cederlas a estos hiperdepredadores (Barlow 1974, Morris, 1990; Bright, 1996;).

Mención aparte merece el grupo de huellas de ornitomímidos que se divide en direcciones opuestas. La cohesión del grupo se justifica por fines de protección; ya que una mayor cantidad de integrantes incrementa la seguridad del mismo, una estrategia defensiva muy difundida en el reino animal.

En relación a la presencia de Tyrannosauridae, Dromaeosauridae, Ornitomimidae, y Hadrosauridae en Michoacán Suroccidental, esta indica que el área de distribución de estos

taxa en el Cretácico Tardío, se extendía mucho más al sur de lo que se creía anteriormente (Weishampel *et al.*, 1990; Molnar & Farlow, 1990; Le Loeuf, 1997). Esto se había corroborado ya para los Hadrosauridae en Mitepec, Pue. Ubicados a una latitud algo más alta que la de El Aguaje, Mich.

Esta dinosauricnofauna incluye entonces a los registros tardicretácicos de Tyrannosauridae, Dromaeosauridae y Ornithomimidae más australes de Norteamérica, lo cual le confiere una enorme significación paleontológica y paleobiogeográfica.

## SUMARIO Y CONCLUSIONES

El proyecto desarrollado posibilitó conocer los hechos siguientes y satisfacer los objetivos planteados:

1. La investigación realizada corroboró la existencia de por lo menos 4 diferentes familias de dinosaurios previamente reportadas sólo en registros óseos para México. El registro material icnológico incluye entonces a los registros tardicretácicos de Tyrannosauridae, Ornithomimidae, Dromaeosauridae y hadrosauridae.
2. La recreación del marco geológico del área El Aguaje, Michoacán; portadora de la Dinosauricnofauna homónima del Cretácico Tardío, permitió contar con un marco de referencia independiente; que coadyuvó a establecer la edad de la unidad portadora. Esta ubicación geocronológica permitió además una restricción de la identidad taxonómica de los dinosaurios generadores de tales icnitas.  
La unidad Portadora Arenisca Aguililla es una de las pocas formaciones Mesozoicas continentales descritas para el país, lo cual contrasta con el número de formaciones Mesozoicas marinas. El hecho de encontrar vertebrados terrestres en depósitos continentales da importancia significativa de esta obra.
3. Las icnitas referibles a Tyrannosauridae, Ornithomimidae, Dromaeosauridae constituyen los registros más meridionales de estas familias en Norteamérica durante el Cretácico, extendiendo el alcance geográfico previamente conocido en unos 2,000 Km. Además para la familia Hadrosauridae se corrobora su incidencia por segunda vez en el Sureste de México (previamente reportada en la localidad de Mitepec, Pue). Así mismo, todos estos registros evidencian continuidad faunística desde el Suroeste de Estados Unidos

taxa en el Cretácico Tardío, se extendía mucho más al sur de lo que se creía anteriormente (Weishampel *et al.*, 1990; Molnar & Farlow, 1990; Le Loeuf, 1997). Esto se había corroborado ya para los Hadrosauridae en Mitepec, Pue. Ubicados a una latitud algo más alta que la de El Aguaje, Mich.

Esta dinosauricnofauna incluye entonces a los registros tardicretácicos de Tyrannosauridae, Dromaeosauridae y Ornithomimidae más australes de Norteamérica, lo cual le confiere una enorme significación paleontológica y paleobiogeográfica.

## SUMARIO Y CONCLUSIONES

El proyecto desarrollado posibilitó conocer los hechos siguientes y satisfacer los objetivos planteados:

1. La investigación realizada corroboró la existencia de por lo menos 4 diferentes familias de dinosaurios previamente reportadas sólo en registros óseos para México. El registro material icnológico incluye entonces a los registros tardicretácicos de Tyrannosauridae, Ornithomimidae, Dromaeosauridae y hadrosauridae.
2. La recreación del marco geológico del área El Aguaje, Michoacán; portadora de la Dinosauricnofauna homónima del Cretácico Tardío, permitió contar con un marco de referencia independiente; que coadyuvó a establecer la edad de la unidad portadora. Esta ubicación geocronológica permitió además una restricción de la identidad taxonómica de los dinosaurios generadores de tales icnitas.  
La unidad Portadora Arenisca Aguililla es una de las pocas formaciones Mesozoicas continentales descritas para el país, lo cual contrasta con el número de formaciones Mesozoicas marinas. El hecho de encontrar vertebrados terrestres en depósitos continentales da importancia significativa de esta obra.
3. Las icnitas referibles a Tyrannosauridae, Ornithomimidae, Dromaeosauridae constituyen los registros más meridionales de estas familias en Norteamérica durante el Cretácico, extendiendo el alcance geográfico previamente conocido en unos 2,000 Km. Además para la familia Hadrosauridae se corrobora su incidencia por segunda vez en el Sureste de México (previamente reportada en la localidad de Mitepec, Pue.). Así mismo, todos estos registros evidencian continuidad faunística desde el Suroeste de Estados Unidos

hasta el Sur de México, lo cual implica entre otras cosas cierta continuidad territorial. A su vez, este último hecho tiene gran importancia para entender la evolución paleogeográfica y paleotectónica de México. Además, proporciona evidencias significativas de la actividad desarrollada por poblaciones y/o comunidades dinosaurianas en esta área del país. Las asociaciones icnológicas terópodo-ornitópodo reconocidas constituyeron (aunque de manera general) un elemento biogeocronológico auxiliar que permitió corroborar y establecer la edad de la unidad litoestratigráfica portadora (por lo menos en este caso). Por otro lado, la estima de la dimensión  $h$ , constituye una herramienta icnológica importante para el cálculo de la longitud total del organismo generador y con ello, vincularle con una identidad taxonómica afin. Sin embargo la interpretación de datos fue tomada con cierta reserva ya que la dimensión  $h$  mencionada no es un parámetro inequívoco para la determinación de la edad de un organismo. Sin embargo contribuye a conocer algunos de los rasgos de la estructura de poblaciones dinosaurianas de manera aproximada.

4. La edad, naturaleza continental y carácter autóctono de la Dinosauricnofauna El Aguaje, establecen la continuidad física del área de distribución de los grupos de dinosaurios hasta incluir el sureste de México durante el periodo mencionado; lo cual eventualmente constriñe la generación de modelos paleogeográficos, geológicos y tectónicos sobre la evolución de la porción sur de Norteamérica, de tal manera que puedan explicar satisfactoriamente la ubicación y edad de la localidad portadora de éstas icnitas.
5. A pesar de la opinión *in contra* de algunos icnólogos (*cf.* Lockley, 1993), las icnitas aisladas, tienen valor en varios aspectos, tales como el registro de la diversidad, paleobiogeografía, etología, confirmación de sucesiones faunísticas, interacciones animales, evolución, etc, tal como se pudo apreciar en este estudio.
6. Lo anterior demuestra la importancia trascendental que debe tener la continuación de este tipo de estudios ya que contribuyen en gran medida al conocimiento de los hechos geológicos y paleontológicos de México. Factores imperativos para entender a detalle su evolución geológica y faunística. Esto implica la existencia de una amplia base factual (hechos y datos objetivos) sobre la cual puede elaborarse una estructura cognoscitiva real. En el caso del territorio nacional, dicha base factual es todavía muy reducida, existiendo grandes porciones territoriales que no han sido descritas. Se cuenta sólo con información regional generada con escasa verificación en campo. La información paleontológica sobre

vertebrados terrestres Mesozoicos es aún muy reducida; todo hallazgo de esta naturaleza aportaría evidencia tangible sobre el curso real de la evolución geológica y faunística en México y el Continente Americano; lo que permitiría confirmar, modificar o descartar las diversas hipótesis que se han propuesto al respecto e incluso sugerir otra alternativa. En cualquier caso se contribuiría significativamente al avance de la ciencia, en especial de la paleontología de Vertebrados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bakker, R. T. 1986.** Dinosaur Heresies. New York, Wm. Morrow Publish., 481 pp.
- Barlow, G. M. 1974.** Animal behavior: II, New York, Bicore Unit XX, McGraw-Hill, 345 pp.
- Barsbold, R. & Osmólka, H. 1990.** Omithomimosauria. *In*: Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólka, H., (Edits). The Dinosauria. Berkeley/Los Angeles, University of California Press, Chapt. 8, p. 225-244.
- Bravo-Cuevas, V. M. & Jiménez-Hidalgo, E. 1996.** Las Dinosauricnitas de México, su significación Geológica-Paleontológica. Univ. Nal. Autón. México., Fac. de Ciencias, Tesis Profesional 147 pp. (Inédita).
- Bright, M. 1996.** Natural Killers: Hunters of the World. New York, Time-Life Books, 512 pp.
- Bonaparte, J.F., Franchi, M.R. , Powell, J.E. & Sepulveda, E.G. 1984.** La Formación Los Alamitos (Caampaniano-Maastrichtiano) del sureste del Río Negro, con descripción de *Kritosaurus australis* y otros Hadrosauridae. Significado paleogeográfico de los vertebrados. *Asoc. Geol. Argent. Rev.* 39 p. 284-299.
- Buffetau, E. 1997.** Southern Asian dinosaurs. *In*: Currie P.D. & Padian, K (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 689-691.
- Buffetau, E., Suteethorn, V. & Thong, H. 1996.** The earliest known tyrannosaur from the Lower Cretaceous of Thailand. *Nature*, v. 381, p. 698-691.
- Calvo, O. J. 1991.** Huellas de dinosaurios en la Formación Río Limay (Albiano-Cenomaniano?), Picún Leutu, Provincia de Neuquén, República Argentina. *Ameghiniana*, v. 28, p. 241-258.
- Carpenter, K. 1992.** Behavior of hadrosaurs as interpreted from footprints in the Mesa Verde Group (Campanian) of Colorado, Utah and Wyoming. *Contributions to Geology, Univ. of Wyoming*, v. 29, p. 81-96.



vertebrados terrestres Mesozoicos es aún muy reducida; todo hallazgo de esta naturaleza aportaría evidencia tangible sobre el curso real de la evolución geológica y faunística en México y el Continente Americano; lo que permitiría confirmar, modificar o descartar las diversas hipótesis que se han propuesto al respecto e incluso sugerir otra alternativa. En cualquier caso se contribuiría significativamente al avance de la ciencia, en especial de la paleontología de Vertebrados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bakker, R. T. 1986.** Dinosaur Heresies. New York, Wm. Morrow Publish., 481 pp.
- Barlow, G. M. 1974.** Animal behavior: II, New York, Bicore Unit XX, McGraw-Hill, 345 pp.
- Barsbold, R. & Osmólka, H. 1990.** Omithomimosauria. *In:* Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólka, H., (Edits). The Dinosauria. Berkeley/Los Angeles, University of California Press, Chapt. 8, p. 225-244.
- Bravo-Cuevas, V. M. & Jiménez-Hidalgo, E. 1996.** Las Dinosauricnitas de México, su significación Geológica-Paleontológica. Univ. Nal. Autón. México., Fac. de Ciencias, Tesis Profesional 147 pp. (Inédita).
- Bright, M. 1996.** Natural Killers: Hunters of the World. New York, Time-Life Books, 512 pp.
- Bonaparte, J.F., Franchi, M.R. , Powell, J.E. & Sepulveda, E.G. 1984.** La Formación Los Alamitos (Caampaniano-Maastrichtiano) del sureste del Río Negro, con descripción de *Kritosaurus australis* y otros Hadrosauridae. Significado paleogeográfico de los vertebrados. *Asoc. Geol. Argent. Rev.* 39 p. 284-299.
- Buffetau, E. 1997.** Southern Asian dinosaurs. *In:* Currie P.D. & Padian, K (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 689-691.
- Buffetau, E., Suteethorn, V. & Thong, H. 1996.** The earliest known tyrannosaur from the Lower Cretaceous of Thailand *Nature*, v. 381, p. 698-691.
- Calvo, O. J. 1991.** Huellas de dinosaurios en la Formación Río Limay (Albiano-Cenomaniano?), Picún Leutu, Provincia de Neuquén, República Argentina. *Ameghiniana*, v. 28, p. 241-258.
- Carpenter, K. 1992.** Behavior of hadrosaurs as interpreted from footprints in the Mesa Verde Group (Campanian) of Colorado, Utah and Wyoming. *Contributions to Geology*, Univ. of Wyoming, v. 29, p. 81-96.

- \_\_\_\_\_. 1997. Tyrannosauridae. *In*: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 766- 768.
- Carroll, L. R. 1988.** Vertebrate Paleontology and Evolution. New York, W. H. Freeman & Co., p. 286-314.
- CGSNEGI,** Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática (ahora INEGI), 1982. Carta de México, hojas topográficas escala I. 250 000. México, D.F., Sec. Prog. Presup. (ahora, una Subsecretaria en la Secretaria de Hacienda y Crédito Público ), 256 pp. (Tamaño especial 47 cm x 57 cm):
- Colbert, E. H. 1945.** The Dinosaur Book: Ruling reptiles and their relatives. New York. American Mus. Nat. His. Press, 216 pp.
- \_\_\_\_\_. 1983. Dinosaurs: An illustrated History. Maplewood, NJ. Hammond, 224 pp.
- Colbert, E. H. & Mirelles, D. 1967.** Cretaceous dinosaur footprints from Western Australia. Roy. Soc. W. Australia Jour. Y. 50, p. 21-25.
- Cook, E.F. 1961.** Geological Atlas of Utah, Whashington County: Utah Geol. And Miner Surv. Bull. 70 p. 124.
- Currie, P. D. 1997.** Dromaeosauridae. *In*: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 194-195.
- Currie, P. D. & Padian, K. (Edits). 1997.** Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, 869 pp.
- Currie, P. D. & Sargeant, W.A.S. 1979.** Lower Cretaceous dinosaurs prints from the Piece River Canyon, British Columbia Canada. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, No. 228 p. 103-115.
- Dixon, D., Cox, B., Savage, S. J. G., Gardiner, B. 1992.** The MacMillan Illustrated Encyclopedia of Dinosaurs and Prehistoric Animals. New York, Collier Books/MacMillan Publish. Co., 312 pp.
- Dodson, P; Combs, W.P. Jr.,Farlow, J.O. Tatarinov, L.P. 1990.** Dinosaur paleobiology. *in* Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmolka, H., (Edits) The Dinosauria. University of California Press. Cap 2. p 23-42
- Dodson, P. 1997.** Distribution and Diversity. *In*: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 186-188.
- Drickamer, L. C. & Vessey, S. H. 1992.** Animal behavior. New York, Wm C. Brown Publish., 245 pp.

- Farlow 1994.** Wrangling dinosaurs. *In*: Psihoyos, L & Knoebber, J. *Hunting Dinosaurs*. New York, Random House, Chapt. 4, Dinosaur trackers, p. 137-142.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1969.** Rancho Gaitán Local Fauna, Early Chadronian, Northeastern Chihuahua. *Soc. Geol. Mexicana, Bol.*, t. 30, p. 99-138.
- \_\_\_\_\_ **1999.** Contribución al conocimiento geológico de Oaxaca, México -El Área Laollaga-Lachiviza. UNAM. Instituto de Geología, Boletín 110. 103 pp.
- \_\_\_\_\_ **2000.** Reporte de Proyecto IN19198: Prospección Geológico- Paleontológico del Jurásico-Paleogeno Continental del Sureste Mexicano. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, y Dirección General de Asuntos del Personal Académico, 200 pp. Inédito.
- Ferrusquía- Villafranca, I., Applegate, P. S. & Espinosa-Arrobarrena, L. 1978a.** Las Huellas más Australes de Dinosaurios de Norteamérica y su Significación Geobiológica. *Actas II Congreso de Paleontología y Bioestratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología*, Buenos Aires, Arg. p. 249-263.
- \_\_\_\_\_ **1978b.** Rocas Volcanosedimentarias Mesozoicas y Huellas de Dinosaurio en la Región Suroccidental Pacífica de México. *Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Rev. v.2*, p. 150-162.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Tilton, L. T., Lang, R. H., Pittman, G. J., & Lockley, M. 1993.** Dinosauricnitas Tardicretácicas en Puebla Suroccidental y su Significación Geológico-Paleontológica. *Soc. Mexicana Paleont., IV Congr. Nal. Paleontol. Resúmenes*, p. 33-34
- Ferrusquía-Villafranca, I., Jiménez-Hidalgo, E., & Bravo-Coevas, V. M. 1996.** Footprints of small sauropods from Middle Jurassic of Oaxaca, Southeastern Mexico. *In*: Morales, M. (Edit), *The Continental Jurassic*, Mus. Northern Arizona, Bull., 60, p. 119-126.
- Folk, L.R. 1968.** Petrology of sedimentary rocks. Hemphills, Texas. USA p. 170.
- Forster, C. A. 1997.** Hadrosuridae. *In*: Currie P.D. & Padian, K (Edits). *Encyclopedia of Dinosaurs*, Academic Press, New York, p. 293-299.
- Gangloff, R. A. 1994.** The Record of Cretaceous Dinosaurs in Alaska: An Overview. *In*: Thurston, D.K. & Fujita, K., Edits. *The 1992 International Symposium on Arctic Margins*, Anchorage, Alk., *Proceed. Alaska Min. Manag Serv .*, Publ. 94-0040, p. 399-408.
- \_\_\_\_\_ **1998.** New Evidence From Dinosaur Footsteps show massive Herds Once Roamed Northern Alaska -University Relations 202 Eielson Fairbanks, Alaska. September 11 1998.

- García-Orozco, J. & Zamora-Vega A. 1994.** Caracterización geológica y potencial minero-hidrológica del Municipio de El Aguaje Michoacán. Inst. Politec. Nal., Esc. Sup. Ing. Arq. Ciencias de la Tierra, Tesis Prof., 110 pp. Inédita.
- Gastil, R. P., Phillips, R. P. & Allison, E. C. 1975.** Reconnaissance geology of the State of California. Geol. Soc. America, Mem. 140., 170 pp.
- Gillette, D. D. & Lockley, M. G., (Edits). 1989.** Dinosaur tracks and traces. Cambridge, Mass./New York, Cambridge Univ. Press., 454 pp.
- Goddart, E.N., Trask, P.D. Deford, R.K., Rove, O.N., Singewald, J. T. & Overbeck, R.M. 1963.** Rock Color Chart. Geological Society of America.
- González-León, C.; Lucas, S. G. & Koes, B. S., 1993.** Stratigraphy and Paleontology of the Late Cretaceous Cabullona Basin, Northeastern Sonora, Mexico. III Simposio de la Geología de Sonora (Resumen *in extenso*), p. 37-41.
- Head, J. J. 1998.** A new species of basal hadrosaurid (Dinosauria, Ornithischia) from the Cenomanian of Texas. Jour. Verteb. Paleont., Y. 18, p. 718-738.
- Hernández-Rivera, R. 1997.** Mexican dinosaurs. In: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 433-437.
- Holtz, T.R. Jr. 1994.** The phylogenetic position of the Tyrannosauridae: Implications for theropod systematics. Journal of Paleontology No. 68. p. 110-117.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1986.** Hoja Morelia E14-1, Carta Geológica Esc. 1:250 000. México D.F., Inst. Nal. Estad. Geog. e Infor.
- \_\_\_\_\_ 1980c. Hoja El Aguaje E13B77, Carta Topográfica. *Idem*.
- \_\_\_\_\_ 1986. Hoja Lázaro Cárdenas E13-6-9, Carta Geológica, Escala 1 :250,000. *Idem*.
- Johnson, A.C., Lang, R.H; Cabral-Cano, E, Harrison, G.A. & Barros, A.J. 1991.** Preliminary assessment of stratigraphy structure, San Lucas Region, Michoacan and guerrero states, SW Mexico. The mountain Geologist. 28 (2-3): p 121-135.
- Kuban, G. J. 1999.** An Overview of Dinosaur Tracking. M.A.P.S. Digest, Mid-America Paleontology Society, Rock Island. WWW geocience/paluxidinosaurs.html.
- Lambert, D. 1993.** The ultimate dinosaur book. London, Dorling Kinsley Ltd , 191 pp.
- Langston W., Jr. & Oakes, H. M. 1960.** A hadrosauricnchnite. Natural History Papers. Nat. Hist. Mus., Canada, v. 4, p 1-9.
- Larson, P. 1994.** The joy of T. rex. In: Psihoyos, L & Knoebber, J. Hunting Dinosaurs New York, Random House, Chapt. 5, The Cretaceous, p 230-247

- Le Loeuf, J. 1997.** Biogeography. *In: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs.* New York, Academic Press, p. 51-56.
- Leonardi, G. 1981.** As Localidades com restos fosseis de tetrapodes na America Latina, Porto Alegre, Bras. II Congr. Latinoam. Paleontol. Anais, p. 929-940.
- López-Ramos, E. 1971.** Carta Geológica del Estado de Michoacán, 2a. Edición, esc. 1: 500 000. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Ser. Cartas Geol. Estatales.
- Lockley, M. G. 1993.** Siguiendo las huellas de los dinosaurios. Madrid/México, D. F., McGraw-Hill, 207 pp.
- \_\_\_\_\_ **1994.** In the footsteps of giants. *In: Psihoyos, L & Knoebber, J. Hunting Dinosaurs.* New York, Random House, Chapt. 4, Dinosaur trackers, p. 137-142
- \_\_\_\_\_ **1997.** Footprints and trackways. *In: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs.* New York, Academic Press, p. 242-245.
- Lockley, M. G. & Conrad, K. 1989.** The Paleoenvironmental context, preservation and paleoecological significance of dinosaur tracksites. *In: Gillette, D.D. & Lockley, G.M. (Edits), Dinosaur tracks and traces.* Cambridge Mass./New York, Cambridge University Press, p. 121-134.
- Mc Nell, A. R. 1978.** Estimates of speeds of dinosaurs. *Nature*, v. 261, p. 129-130.
- Molnar, R. E. & Farlow, O. 1990.** Carnosaur paleobiology. *In: Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólka, H., (Edits). The Dinosauria.* Berkeley/Los Angeles, University of California Press, Chapt. 7, p. 270-224.
- Molnar, R. E., Kursanov, S. M. & Zhiming, D. 1990.** Carnosauria. *In: Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólka, H. (Edits), The Dinosauria.* Berkeley/Los Angeles, Univ California Press, Chapt. 6, p. 169-209.
- Moratalla. J.J. 1988.** Multivariate analysis on Lower Cretaceous dinosaur footprints. Discrimination between ornithopods and theropods. *Geobios* No. 21 Fasc. 4 p. 395-408.
- Morris, D. 1990.** Animal watching. New York, Crown Publishers Inc., 256 pp.
- Morris, W. J. 1967.** Baja California Late Cretaceous dinosaurs. *Science*. v. 155, p. 1539-1541.
- \_\_\_\_\_ **1972.** A giant hadrosaurian dinosaur from Baja California. *Jour. Paleont.*, v. 46, p. 777- 779.

- \_\_\_\_\_. 1973. A review of Pacific Coast hadrosaurs. *Jour. Paleont.*, v. 47, p. 5551-561.
- \_\_\_\_\_. 1974. Upper Cretaceous "El Gallo" Formation and its Vertebrate Fauna *In: Gastil, G. & Lilligraven, J. A. (Edits). A Guidebook to the Geology of Peninsular California. American Assoc. Petrol. Geol. & Soc. Econ. Paleont. Min., Spec. Publ., 118pp.*
- Murray, G. E., Boyd, D. R., Wolleben, J. A. & Wilson J. A. 1960.** Late Cretaceous Locality, Eastern Parras Basin, Coahuila, Mexico. *Jour. Paleont.*, v. 34, p. 368-373.
- Norman, D. 1992.** Enciclopedia Ilustrada de los Dinosaurios. Milán, Ital., Susaeta Ediciones, S.A., 208 pp.
- \_\_\_\_\_. 1993. El Mundo de los Dinosaurios. Ediciones del Prado. España. 183 pp.
- Novas, F. E. 1997.** South American dinosaurs. *In: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 678-689.*
- Ortega-Gutiérrez, F. 1978.** Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca Baja, Estados de Puebla y Oaxaca. *Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Rev ., v. 2, p.112-131.*
- Ortega-Gutiérrez., Mitre-Salazar, M. L., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J. J., Morán-Zenteno, D., Alanís-Álvarez, J. A. & Nieto-Samaniego, A. F. 1992. (1993).** Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1:2,000,000, 5a Edición y Texto Explicativo. *Univ Nal. Autón. México. Inst. Geología y Secret. Minas Indust. Paraestatal, Cons. Rec. Min., 74 pp. (Nota: Esta Secretaría se incorporó a la de Comercio desde 1994).*
- Osborn, H. F. 1912.** Integument of the iguanodont dinosaur *Trachodon*. *American Mus. Nat. Hist., Mem. 1, p. 3-54.*
- Osmólska, H. 1997.** Omithomimosauria. *In: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 499-503.*
- Osmólska, H., Roniewicz, E. & Barsbold, R. 1972.** A new dinosaur, *Gallimimus bullatus* n. Gen., n. sp. (Ornithomimidae) from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Paleontol. Polonica, v. 27, p. 103-143 .*
- Ostrom., H. J. 1985.** Social and unsocial behavior in dinosaurs. *Fieldiana (Publ. del Field Mus Nat. Hist. Chicago), v. 9, p 10-21.*
- \_\_\_\_\_. 1990. Dromaeosauridae. *In: Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólka, H., (Edits). The Dinosauria. Berkeley/Los Angeles, Univ. California Press, Chapt. 12, p 269- 279*
- Padian, K. 1997.** Maniraptora. *In: Currie P.D. & Padian, K. (Edits). ). Encyclopedia of Dinosaurs. New York, Academic Press, p. 411-414.*

- Paul, G. 1988.** *Predatory dinosaurs of the World*. New York, Simon & Schuster Publish., 464 pp.
- Peabody, F. E. 1948.** Reptile and amphibian trackways from the Lower Triassic Moenkopi Formation of Arizona and Utah. *Univ. California Publ. Geol. Sci., Bull 27*, p. 295-468.
- Psihoyos, L. & Knoebber, J. 1994.** *Hunting dinosaurs*. New York, Random House, 267 pp.
- Rich, T. H., Gangloff, R. A. & Hammer W. R. 1997.** Polar Dinosaurs. *In: Currie P. D. & Padian, K. (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs*. New York, Academic Press, p. 562-573.
- Rodríguez de la Rosa, R. A. & Ceballos Ferríz, S.S. 1998.** Vertebrates of the El Pelillal (Campanian, Cerro del Pueblo Formation), Southeastern Coahuila, México. *Jour. Verteb. Paleont.*, v. 18, p. 751-764.
- Rogers, R.R. 1997.** Two Medicine Formation. *In: Currie P.D. & Padian, K (Edits). Encyclopedia of Dinosaurs*. Academic Press. p. 760-765.
- Romer, A. S., 1966.** *Vertebrate Paleontology*. Chicago, Ill., Univ. Chicago Press, 356 pp.
- Ross, M. Y. & Scotese, C. R. 1988.** A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean Region. *Tectonophysics*, v. 158, p. 139-168.
- Rusell, D. A. 1972.** Ostrich dinosaur from the Late Cretaceous of Western Canada. *Canadian Jour. Earth Sci.*, v. 9, p. 375-402.
- Rowe, T. & Gautier, A. J. 1990.** Ceratosauria. *In: Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólka, H., (Edits). The Dinosauria*. Berkeley/Los Angeles, Univ. California Press, Chapt. 5, p. 151-158.
- Sarjeant, W. A. S. 1975.** Fossil tracks and impressions of vertebrates. *In: Frey, R.W. (Edit). Study of trace fossils*, Berlin, Springer-Verlag, 283-324 p.
- \_\_\_\_\_ **1992.** A name of a trace, an act: Approaches to the nomenclature and classification of fossil vertebrate footprints, *In: Dinosaur Systematics/Approaches and Perspectives*, Carpenter, K. & Currie, P.J. (Edits). Cambridge, Mass./New York, Cambridge University Press., p. 299-302.
- Seyfert, R. C. & Sirkin, A. L. 1973.** *Earth History and Plate Tectonics: An Introduction to Historical Geology*. New York, Harper & Row Publish., 318 pp.
- Silva-Mora, L. 1995.** Hoja Morelia 14 Q-g (2), con resumen de la geología de la Hoja Morelia, Estados de Michoacán y Guanajuato. *Univ. Autón. de México, inst de Geol., Carta Geolol México, Ser. Esc 1:100 000*

- Shoult M. F. & Farlow, J. O. 1992.** Vertebrate trace fossils. *In: Trace Fossils* (Maples, C.G. & West, R.R. (Edits). Knoxville, Tenn., Paleontological Society Short Courses in Paleontology, Univ. of Tennessee, Spec. Publ. 5, p. 34-63.
- Shouan, Z., Jianjun, L., Chenggang, R., Niall, J. M. & Lockley, G. M. 1989.** A review of dinosaur footprints of China. *In: Gillette, D.D. & Lockley, G.M. (Edits).* Cambridge, Mass./New York, Cambridge Univ. Press., p. 187-197.
- Smith, A. G. & Funell, M. B. 1994.** Atlas of Mesozoic and Cenozoic coast lines. Cambridge, Mass./New York, Cambridge Univ. Press, 99 pp.
- Streckeisen, A. 1965.** Die Klassifikation der Eruptivgesteine: Geol. Rundschau. 55: 478-491.
- Taliaferro, N. L. 1933.** An occurrence of Upper Cretaceous sediments in Northern Sonora, Mexico. *Jour. Geology*, v. 41, p. 12-37.
- Thulborn, R. A. 1982.** Speeds and gaits of dinosaurs. *Paleogeography, Paleoclimatology & Paleocology*, v. 38, p. 227-256.
- Thulborn, T. 1990.** Dinosaur tracks. London/New York, Chapman & Hall Publish., 409 pp.
- Von Huene, F. 1926.** The carnivorous Saurischia in the Jurassic and Cretaceous Formations, principally in Europe. *Univ. La Plata, Fac. Ciencias Naturales y Museo, Rev.*, v. 29, p. 35-167.
- Weidie, A. E., Wolleben, J. A., & McBride, E. F. 1972.** Late Cretaceous depositional Systems in Northeastern Mexico. *Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., Bull.*, v 22, p. 323-328.
- Weishampel, B. D. 1990.** Dinosaurian distribution. *In: Weinhapel, B. D., Dodson, P. & Osmólka, H. (Edits).* The Dinosauria. Berkeley/Los Angeles, Univ. California Press, Chapt. 2, p. 63-139.
- Weishampel, B. D. & Horner, R. J. 1990.** Hadrosauridae. *In: Weinhapel, B. D., Dodson, P. & Osmólka, H. (Edits).* The Dinosauria. Berkeley/Los Angeles, Univ. California Press, Chapt. 21, p. 534-561.



## APÉNDICE

Ejemplares	Cráneo	Fémur	Tibia	Metatarso	LT estimada	LdIII
<i>Tyrannosaurus*</i>						
RTMP81.12.1	1475	1340	1180	700	12m	
AMNH5027	1350	1300	1140	?640	12m	
MOR555	-	1270	1100	-	11.85m	
Bh12033 (Sue)	1530	1380	1200	-	13m	62.5
<i>Albertosaurus*</i>						
Adulto	1040	1025	-	-	8.6m	40.93
Juvenil	678	700	-	-	5.8m	27.60

\* Fuente: Paul (1990).

LDTIII: Longitud 3er Dígito; valor estimado del tarso y metatarso.

Tabla comparativa de algunos ejemplares de dos géneros de la Familia Tyrannosauridae

Tabla 1. Morfometría, orientación y h estimada para el Morfotipo A.

EM	ICN	L (cm)	A (cm)	OR	L/A	Dimensión h
$\alpha$	33	58.63	48.18	N 73° E	1.21	2.87 m
$\beta$	31	33.16	27.5	S 06° O	1.20	1.62 m
$\beta$	23	29.16	25.00	N 14° E	1.16	1.43

Tabla 2. Parámetros icnológicos del Morfotipo A.

EM	ICN	LDTII	LDTIII	LDTIV	ADBII	ADBIII	ADBIV	a	b
$\alpha$	33	28.18	35.45	40.00	10.66	11.66	10.90	35°	20°
$\beta$	31	11.66	27.91	27.5	7.5	10.25	9.16	17°	19°
$\beta$	23	15.83	27.08	22.33	6.66	10.41	9.60	10°	15°

EM	ICN	LDTI	ADBI
$\beta$	31	11.66	7.5

Tabla 3 Parámetros icnológicos del Morfotipo B.

L	A	L/A
30 17	6.10	4.94
22.00	6 08	3 61
30 43	6.90	4.41
29.33	6.16	4.76
24 34	6.16	3 95
24.30	6 06	4 00
27 82	6.14	4.53
37 80	7.52	5 02
26 08	6.19	4.21
24.34	6 04	4.02
25.21	6 12	4 11
20 00	6 08	3 28
17 39	5 68	3 06
37 82	7 2	5 25

Tabla 4. Morfometría, orientación y h estimada para el Morfotipo C.

EM	ICN	L (cm)	A (cm)	OR	L/A	Dimensión h
χ	3	25.93	23.72	S 05° E	1.09	1.16 m
χ	26	22.80	20.00	S Franco	1.14	1.02 m
χ	35	27.61	16.90	N 39° O	1.63	1.27 m
δ	1	21.18	14.40	S 15° O	1.47	0.92 m
δ	2	20.33	13.55	S 06° E	1.50	0.91 m
δ	17	23.72	16.94	S 10° O	1.40	1.06 m
δ	18	23.72	13.55	N 25° O	1.74	1.06 m
δ	39	18.64	21.18	S 55° O	1.50	0.84 m
δ	8	18.64	20.33	S 10° E	0.90	0.84 m
ε	16	34.90	23.33	S 89° E	1.49	1.57 m
ε	22	20.83	15.83	N 78° E	1.31	1.43 m
ε	29	27.58	19.58	S 02° O	1.40	1.24 m
ε	37	25.2	13.5	S 28° O	1.86	1.13 m

Tabla 5. Parámetros dimensionales del Morfotipo C

EM	ICN	LDTII	LDTIII	LDTIV	ADBII	ADBIII	ADBIV	a	b
χ	3	11.86	25.93	14.94	5.08	6.77	5.93	15°	30°
χ	26	16	22.00	19.2	6.4	4.88	5.84	18°	15°
χ	35	14.58	27.61	22.85	11.66	5.71	8.09	1.25	28°
δ	1	-	21.18	13.55	-	5.68	4.23	-	30°
δ	2	-	20.33	16.94	-	6.77	5.08	-	25°
δ	17	-	23.72	21.18	-	8.47	7.96	-	40°
δ	18	-	23.72	15.25	-	8.47	5.93	-	42°
δ	39	-	18.64	16.94	-	7.62	5.93	-	40°
δ	8	-	18.64	12.71	-	8.47	8.46	-	20°
ε	16	-	24.98	24.42	-	9.52	8.57	-	35°
ε	22	-	20.83	15.83	-	9.16	7.50	-	15°
ε	29	-	25.41	25.83	-	9.16	9.16	-	18°
ε	37	-	20.5	18.8	-	6.2	6.4	-	20°

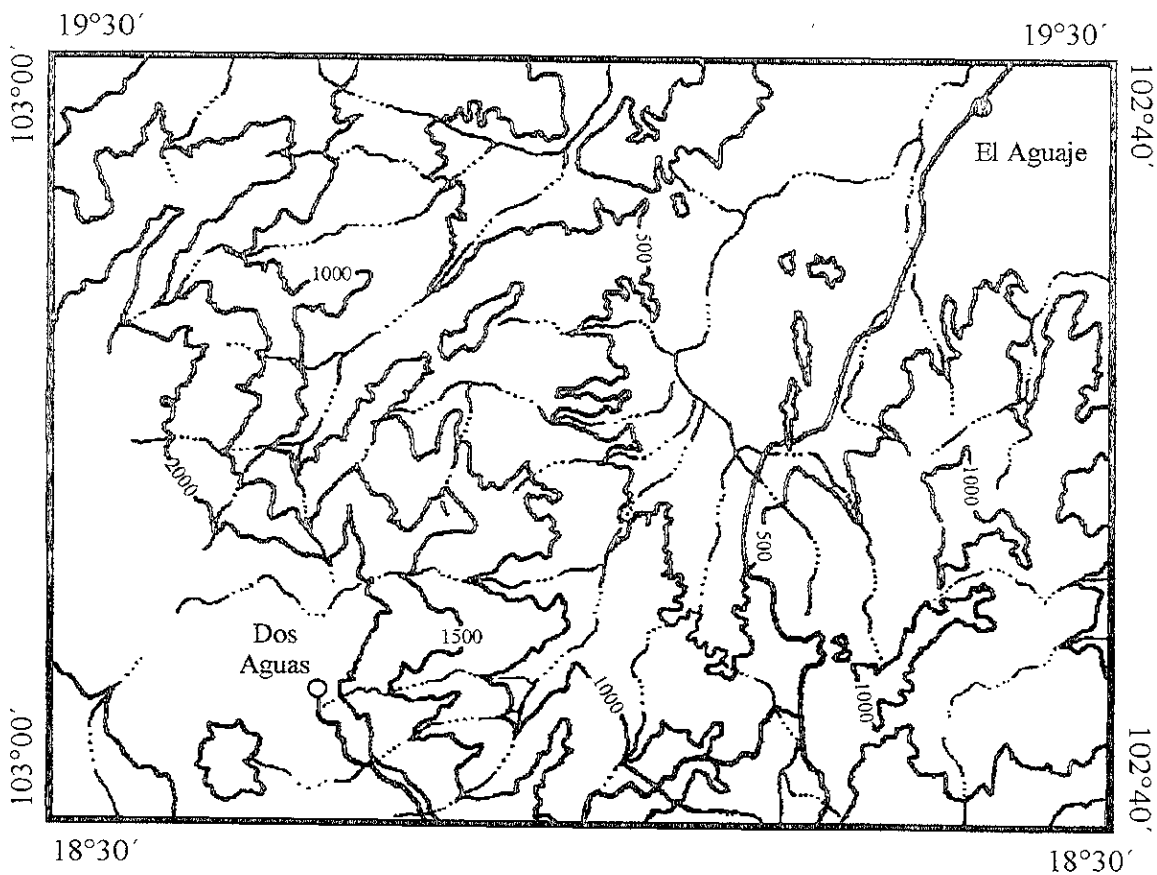


Tabla 8. Morfometría, orientación y h estimada para el Morfotipo E.

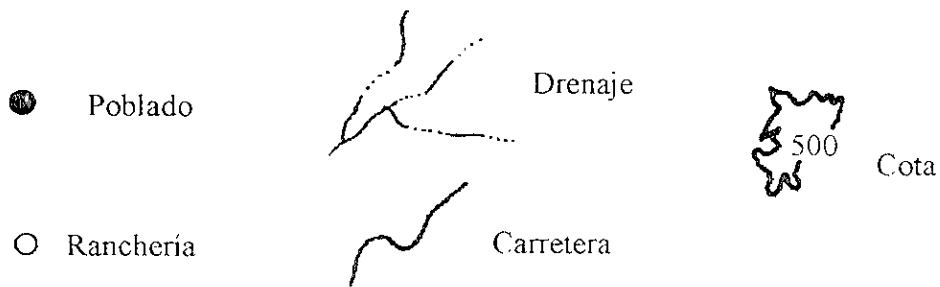
EM	ICN	L	A	L/A
ι	10	25.21	15.99	1.57
ι	12	25.21	15.89	1.85
ι	13	25.55	18.33	1.39
ι	15	25	10	0.62
ι	44	21.6	11.2	1.92
ι	45	22.4	9.6	2.33
ι	46	16	9.6	1.66
ι	47	16	11.2	1.42
ι	48	19.5	11.2	1.74
ι	9	23.91	13.47	1.77
φ	14	24.37	13.12	1.85



Figura 1 Mapa Índice que muestra la ubicación del área estudiada

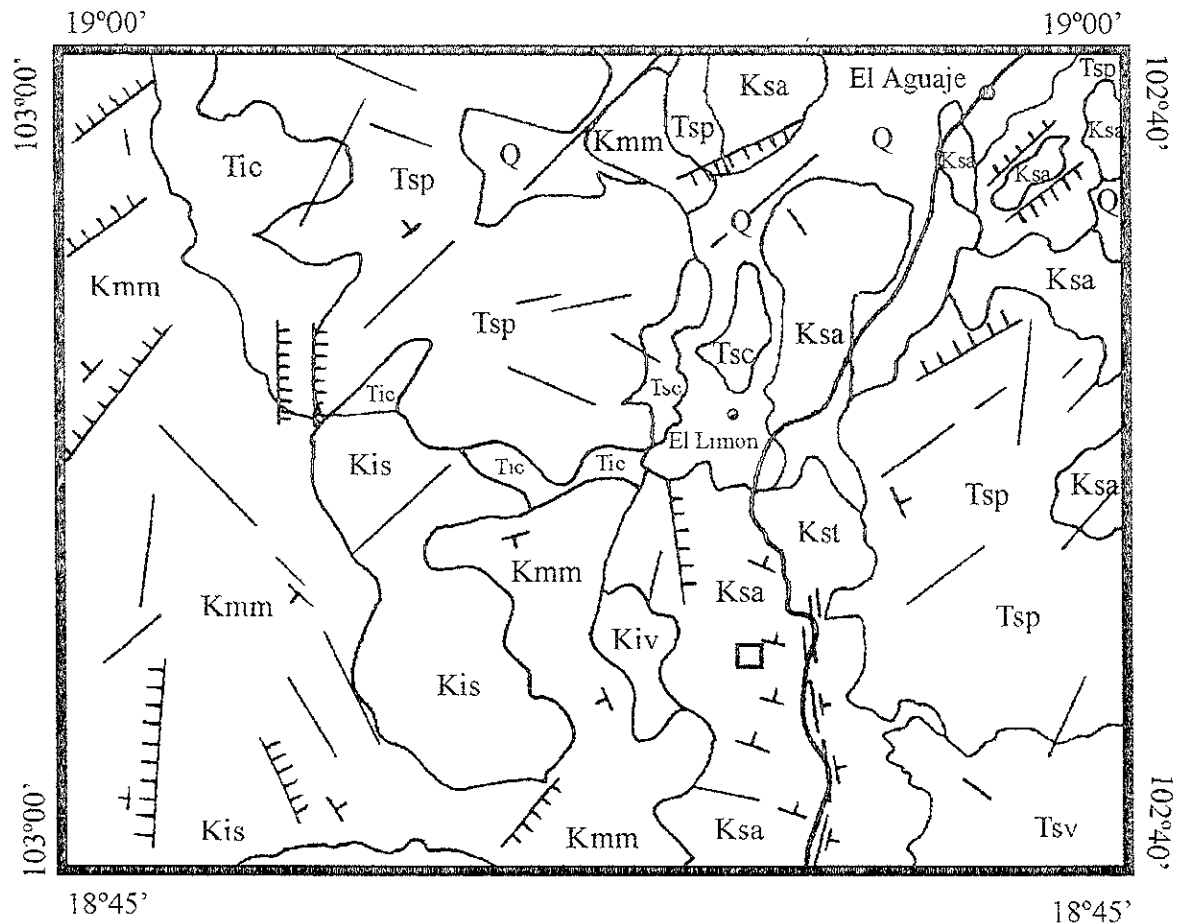


**SIMBOLOGÍA**



Esc. 1: 250 000

Figura 2 Mapa Topográfico del Area el Aguaje Michoacan Suroccidental



SIMBOLOGIA

- Poblado
- Carretera
- Contacto geológico
- Rumbo e inclinación de los estratos
- Fractura
- Falla normal
- Falla de desplazamiento lateral
- Localidad icnofosilífera



Esc. 1: 250 000

LEYENDA

CENOZOICO	TERCIARIO	CUAT	Q	Depósitos Diversos
		Tardío	Tsc	Unidad Clástica Superior
MESOZOICO	CRETACICO	Temp	Tsp	Unidad Piroclástica
		Tardío	Tsv	Unidad Lávica
		Tardío	Tic	Unidad Clástica Inferior
		Tardío	Kst	Unidad Intrusiva El Tigre
		Med.	Ksa	Arenisca Aguililla
		Temprano	Kmm	Formación Morelos
			Kit	Formación Tepalcatepec
			Kis	Formación San Lucas
			Kiv	Unidad Volcánica

Figura 3. Mapa Geológico Generalizado del área estudiada



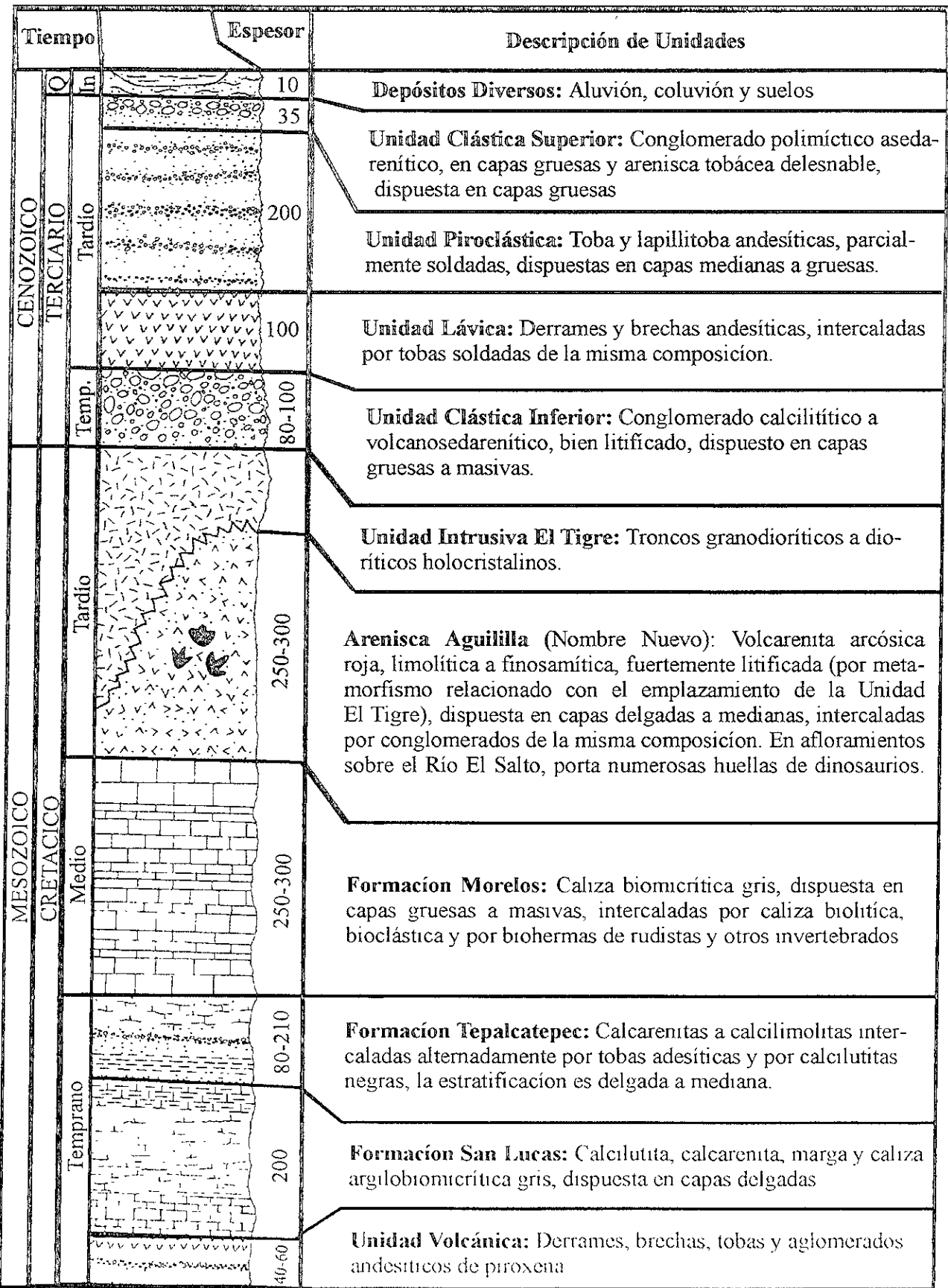


Figura 4 Columna litostratigráfica generalizada del Área el aguare, Michoacan Suroccidental

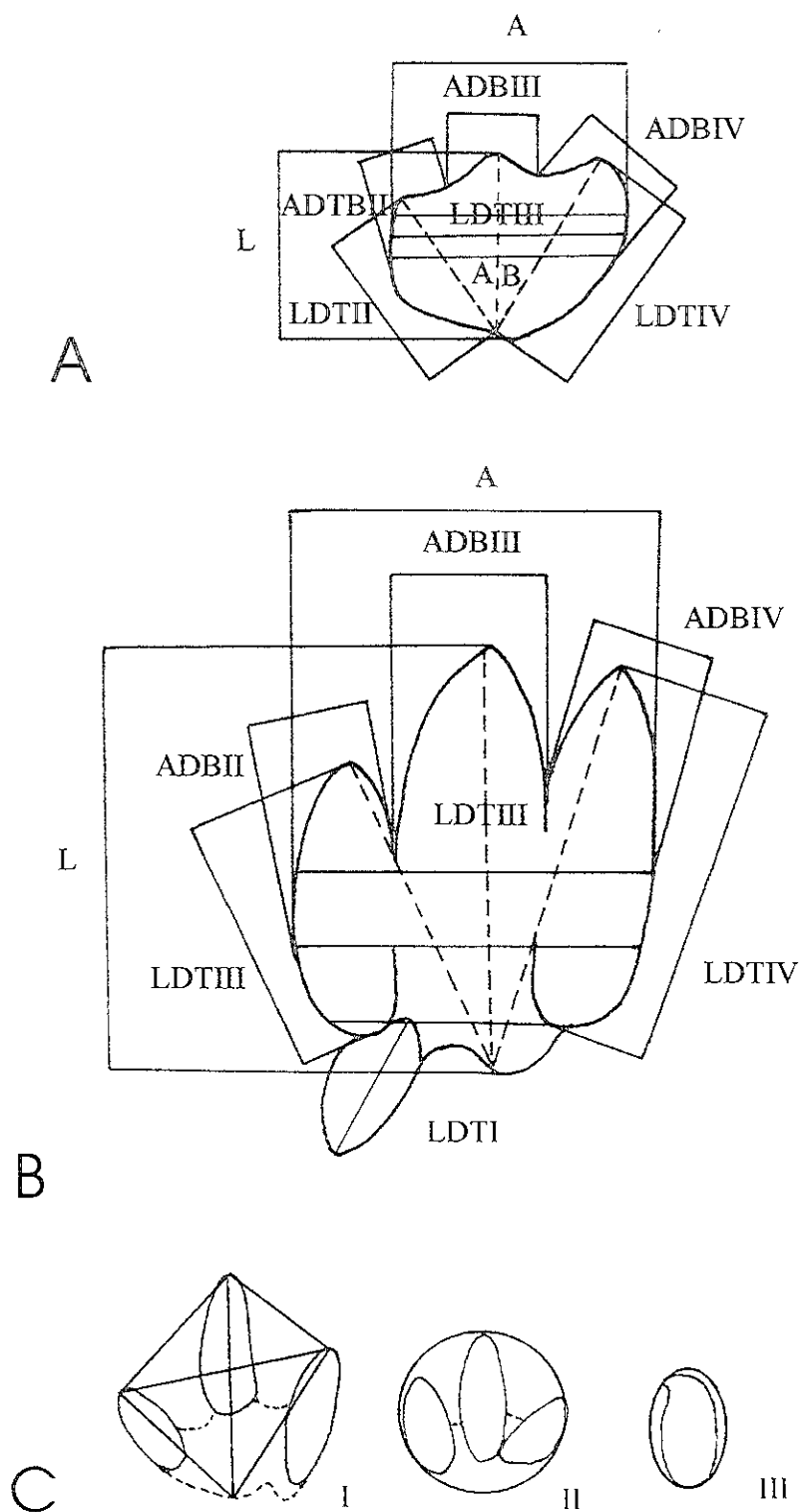
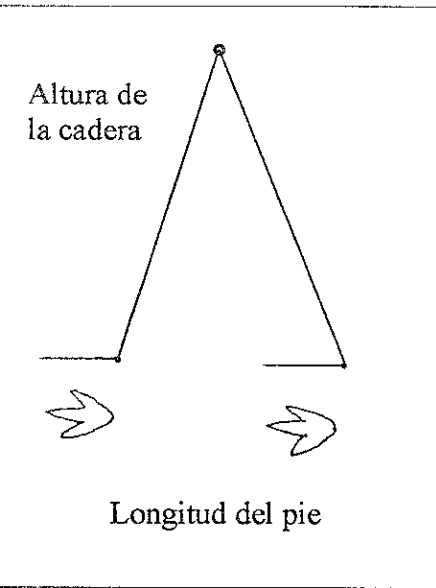


Figura 5 A-B Diagrama que ilustra la morfometría aplicada a las icnitas: A) Impresión de dinosaurio ornitópodo. B) Impresión de un dinosaurio terópodo. Morfología generalizada de las impresiones estudiadas: I Romboidal, II, Redondeada, III Elipsoidal



GRUPO	$h/L$
propódo pequeño ( $L < 25$ cm)	$h = 4.51$
propódo grande ( $L > 25$ cm)	$h = 4.91$
ornitópodo pequeño ( $L < 25$ cm)	$h = 4.81$
formas graviportales ( $L > 25$ cm)	$h = 5.91$

Proporciones Morfométricas para estimar la dimensión  $h$  (*sensu* Thulborn, 1990).

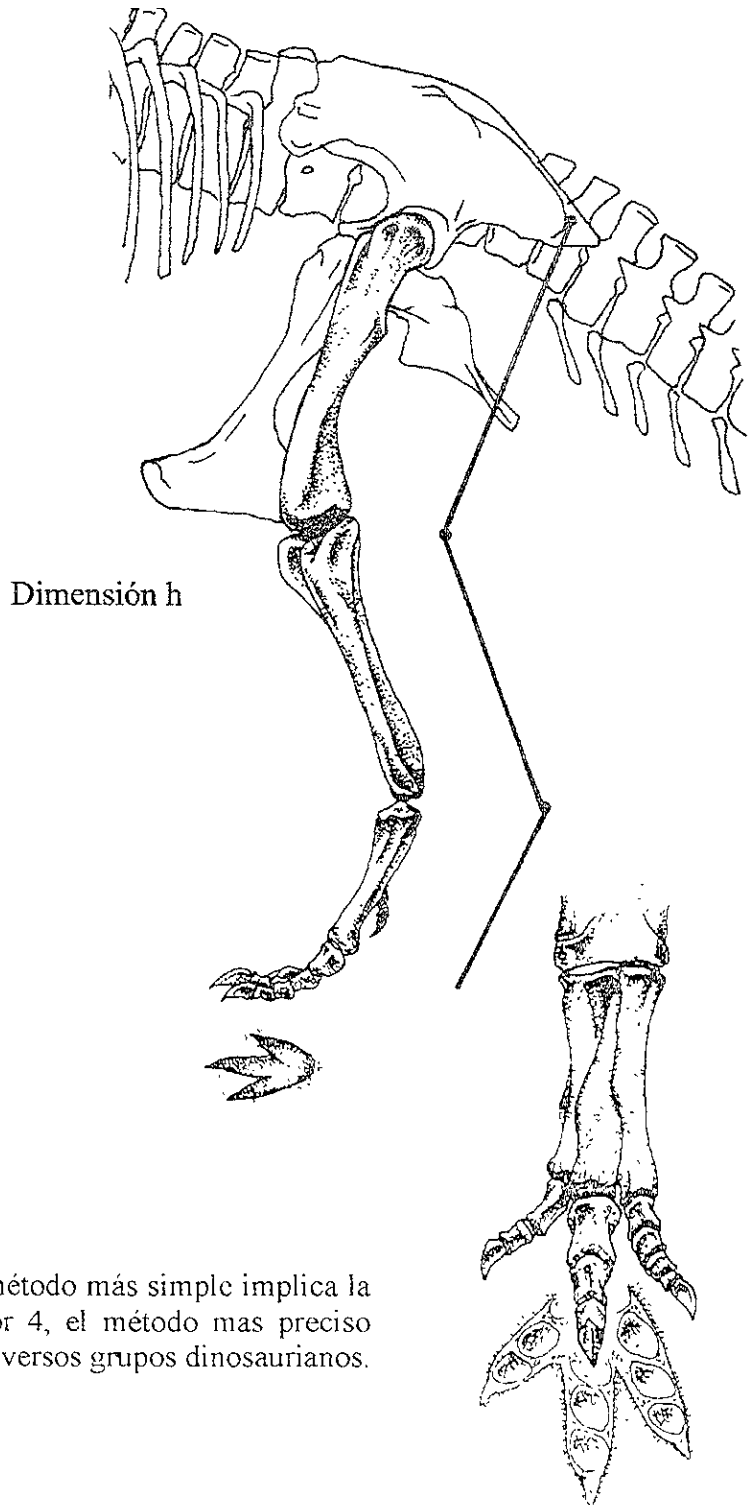


Figura 6. Estima de la dimensión  $h$ . El método más simple implica la multiplicación de la longitud del pie por 4, el método más preciso se basa en mediciones osteométricas en diversos grupos dinosaurianos.

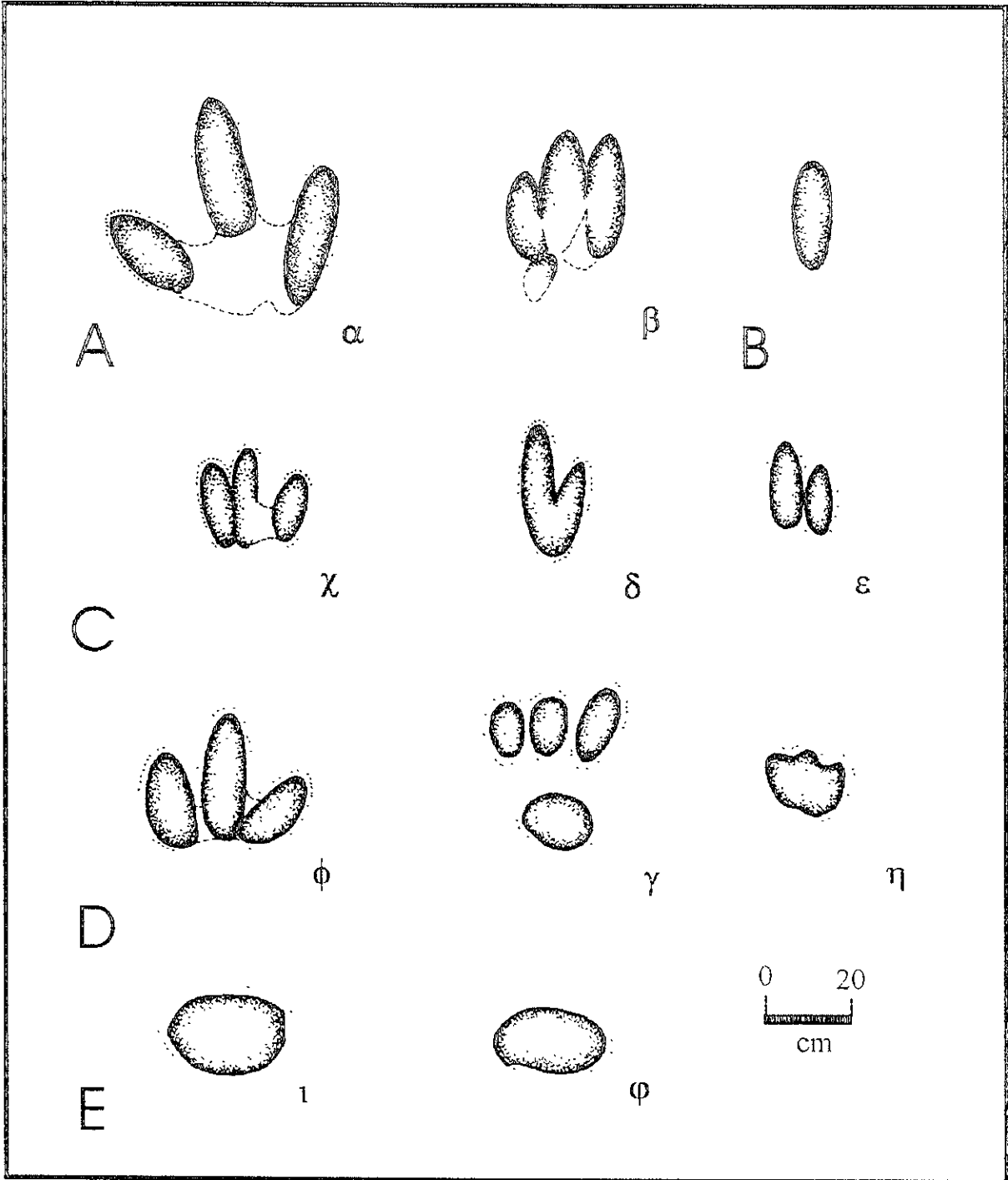


Figura 7. Dinosauricnofauna El Aguaje, Cretácico Tardío de Michoacán Suroccidental. Morfotipos descritos: El Morfotipo A, incluye 2 Expresiones Mórificas podiales  $\alpha$  y  $\beta$ , el Morfotipo B, incluye una única Expresión Mórifica idéntica al Morfotipo, el Morfotipo C, incluye 3 Expresiones Mórificas podiales  $\chi$ ,  $\delta$ , y  $\epsilon$ , el Morfotipo D, incluye 3 Expresiones Mórificas podiales  $\phi$ ,  $\gamma$ , y  $\eta$ , por último, el Morfotipo E, incluye 2 Expresiones Mórificas podiales  $1$  y  $\phi$ .



Figura 8 Plano generalizado del afloramiento principal, el cual muestra la distribución espacial de las icinitas.

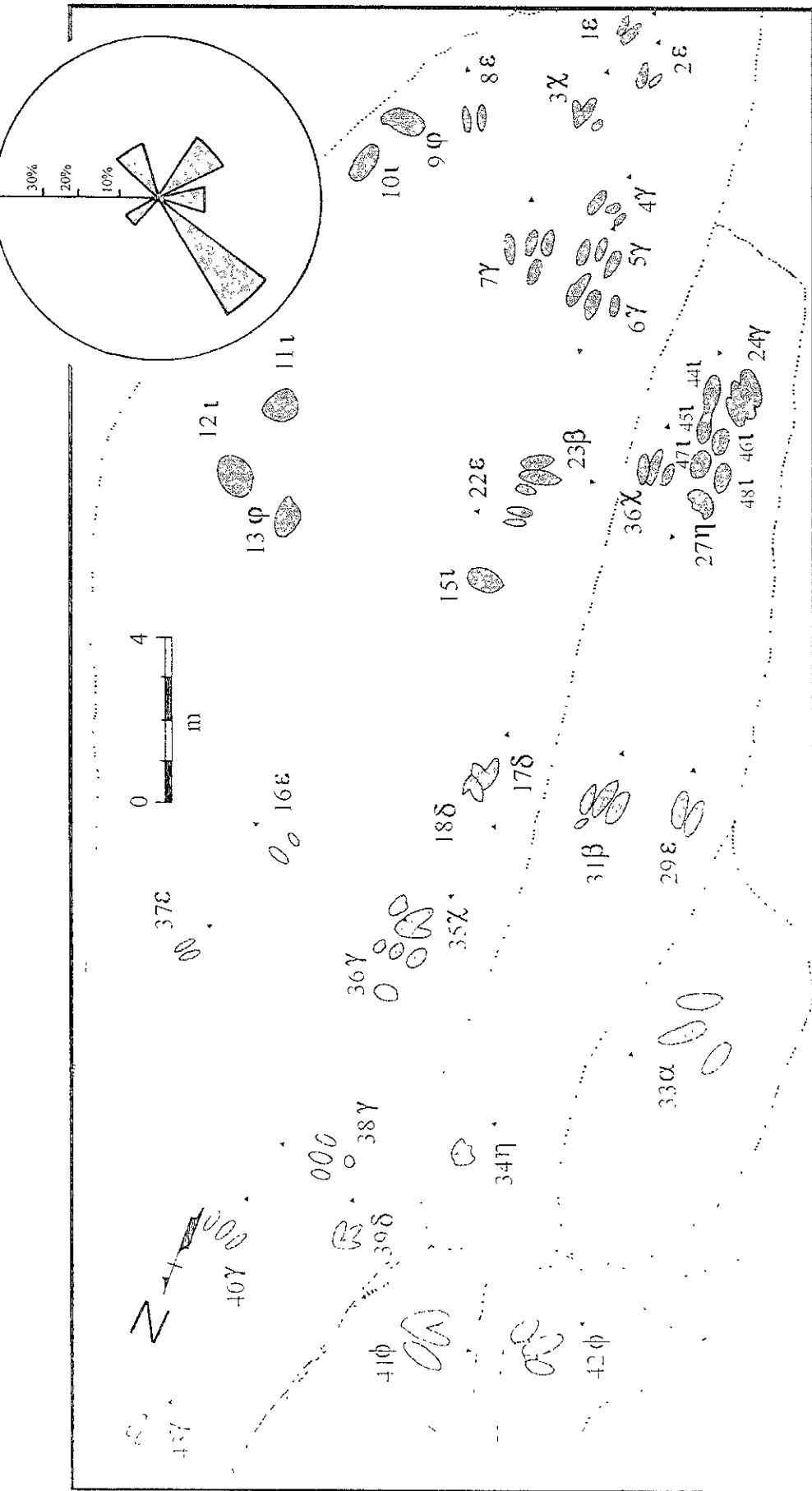


Figura 9 Distribucion espacial de las icnitas descritas en el afloramiento principal.  
 Recuadro Orientación de las icnitas estudiadas con respecto al norte actual.

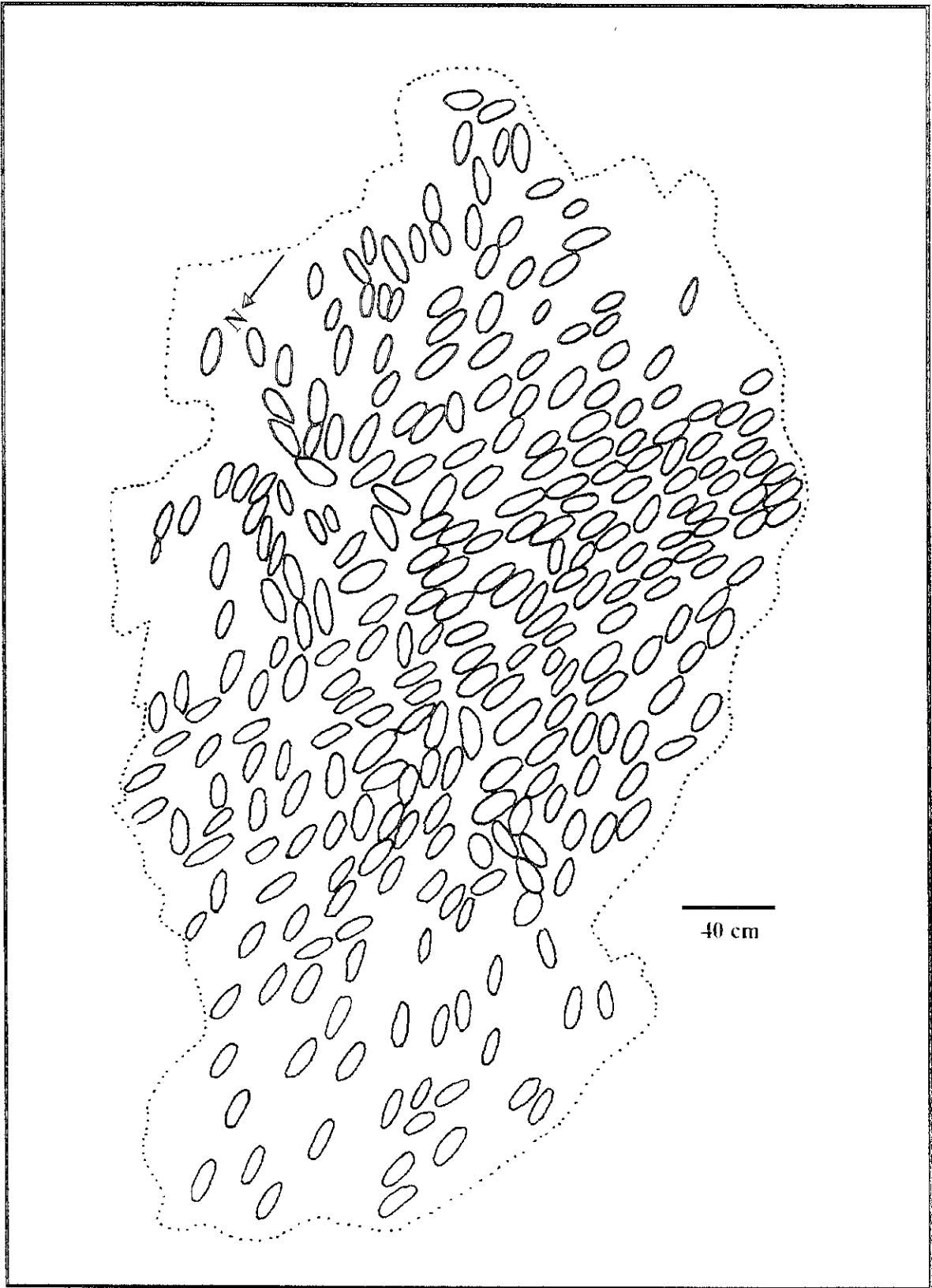
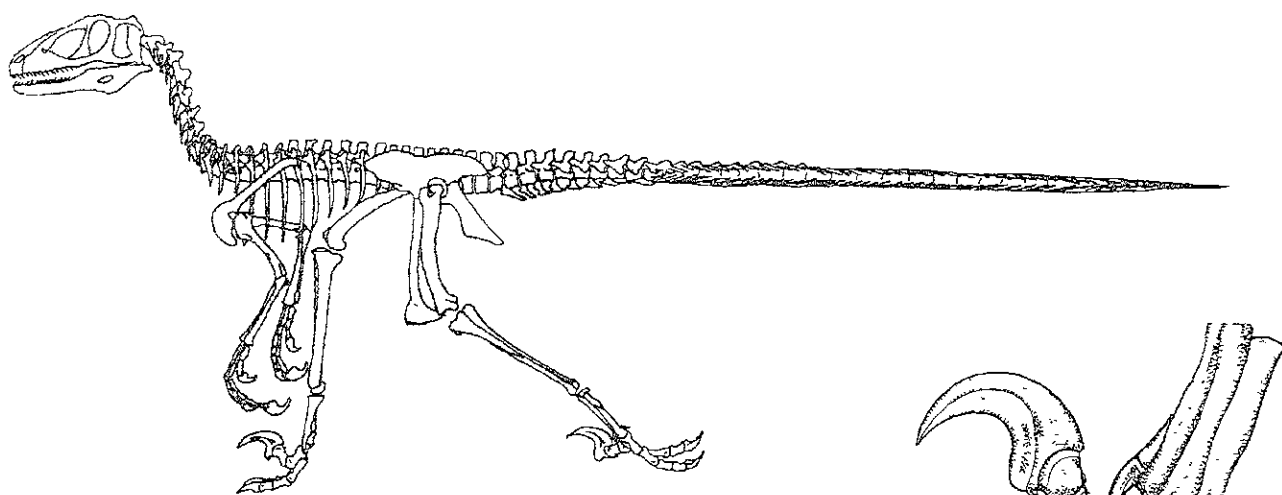
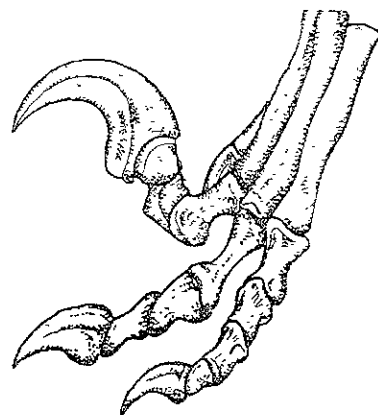


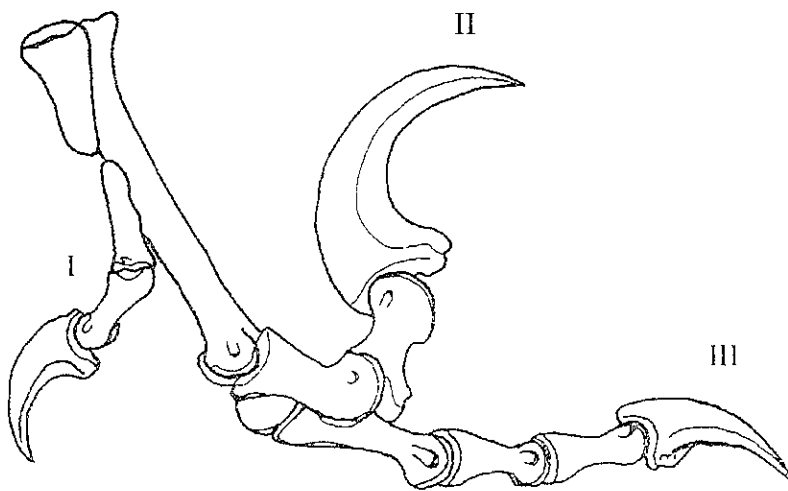
Figura 10. Esquema que muestra la distribución espacial de las tenitas en el afloramiento secundario



Anatomía esquelético-estructural



Vista Dorsal



Vista Medial

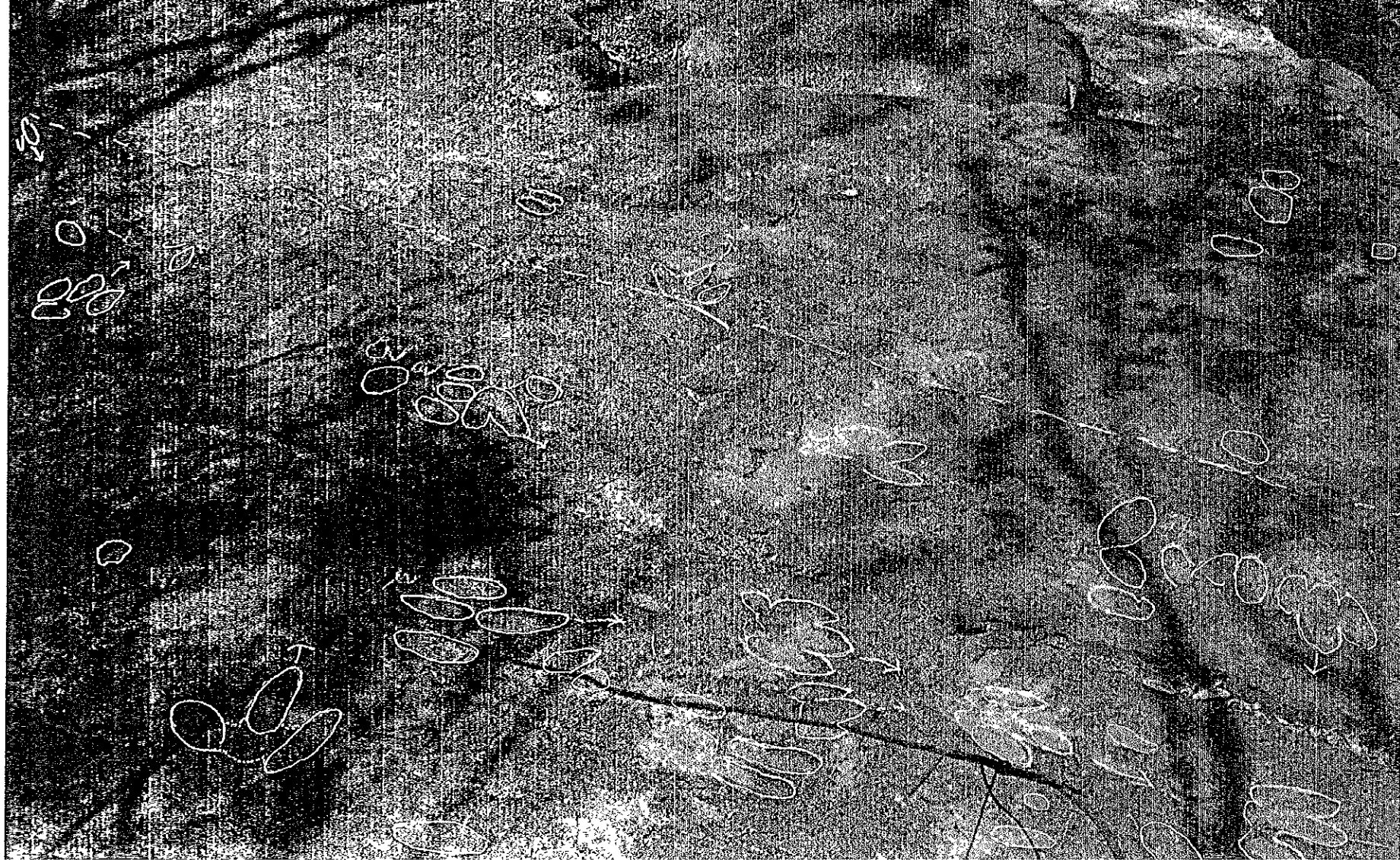
Figura 11 Anatomía podal diagnóstica de la Familia Dromaeosauridae





### LÁMINA I. AFLORAMIENTO PRINCIPAL.

El afloramiento principal es un plano de estratificación expuesto a la erosión sobre el cauce del Río El salto. Se observan algunas huellas claramente reconocibles delineadas con gis



## LÁMINA II. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y DIVERSIDAD DE LAS ICNITAS.

Plano de estratificación que muestra de manera parcial la distribución espacial y diversidad de las icnitas descritas para el afloramiento principal (ver figuras 7, 8 y 9) Las flechas adjuntas a cada huella denotan la dirección de la marcha de los organismos. La línea punteada longitudinal indica la dirección N-S

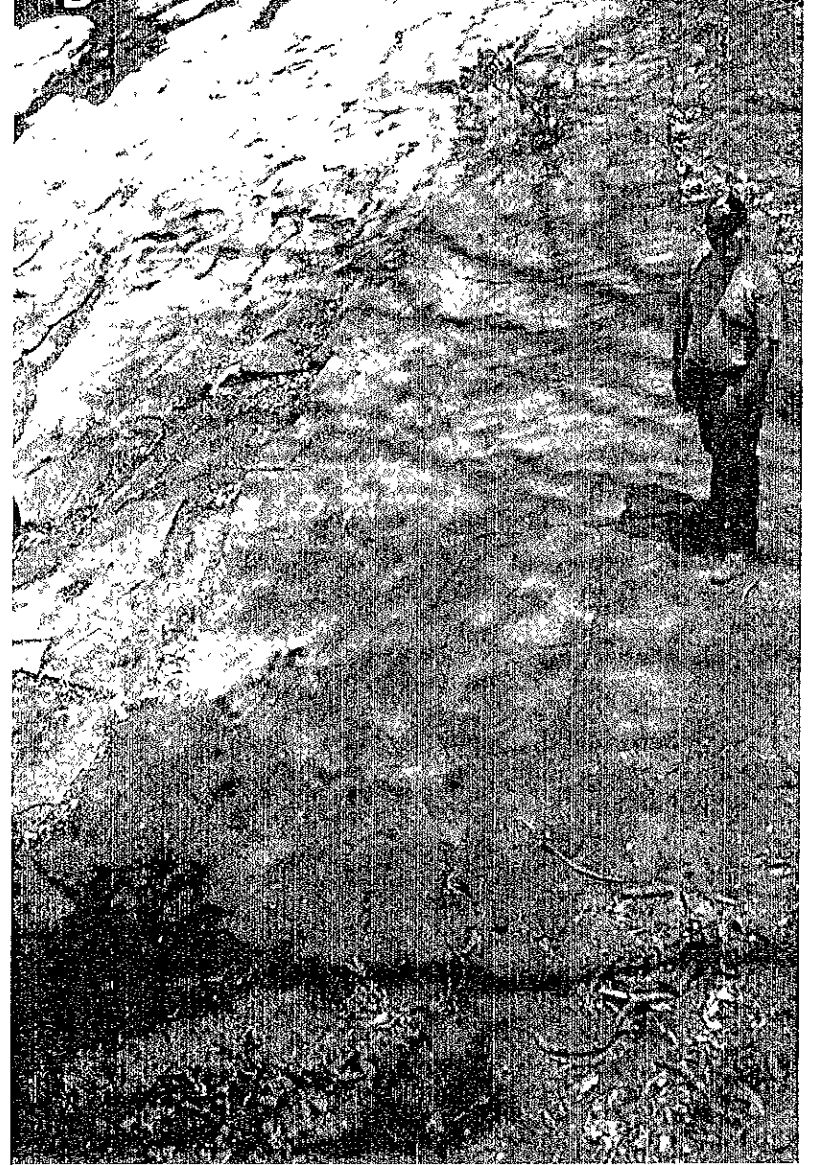
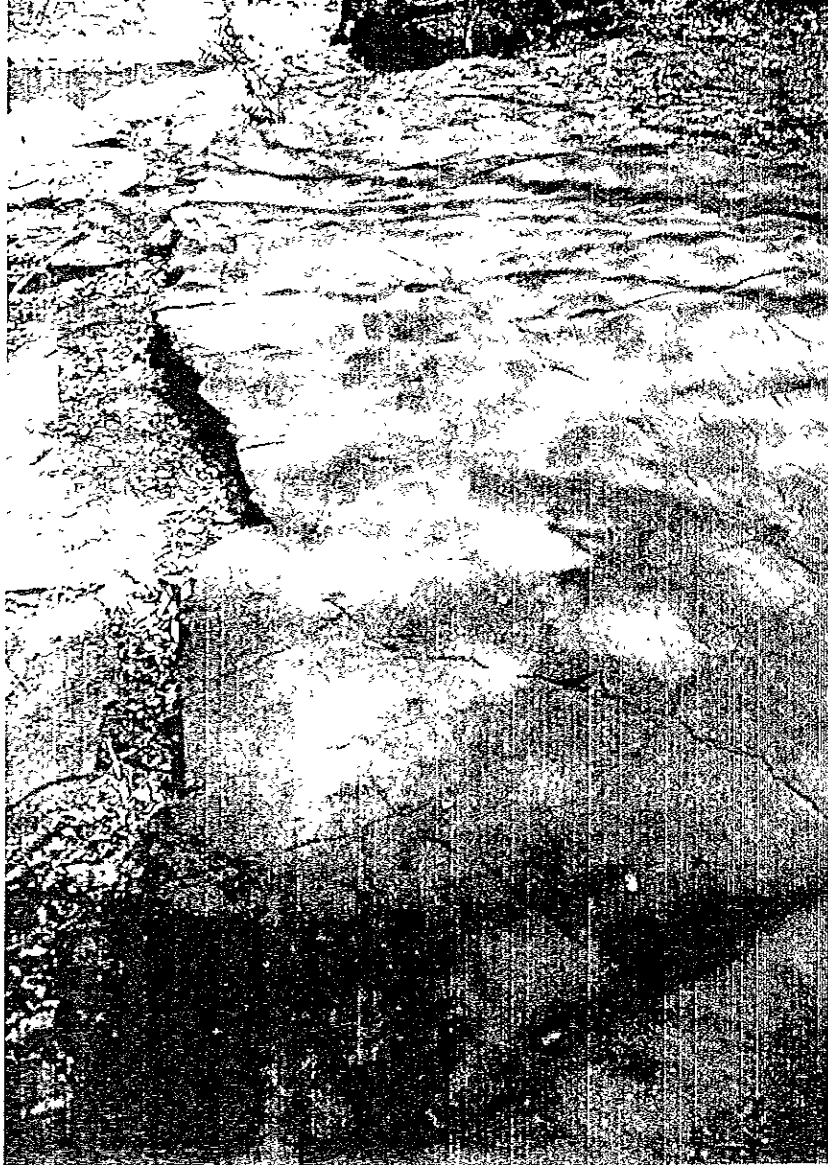


**LÁMINA III. MORFOTIPO A, EXPRESIONES MÓRFICAS  $\alpha$  Y  $\beta$  : TYRANNOSAURIDAE.**

Fig. A. Impresión individual referible a un tyranosáurido de gran talla, correspondiente a la Expresión Mórfica 33 $\alpha$  (vid. figuras 7, 8, 9 y Lámina II); Es la icnita de mayores dimensiones registrada para esta localidad; esta caracterizada por tres cojinetes dactilares ovoidales bien definidas y un margen posterior parcial (escala 10 cm)

Fig. B. Huella terópodica individualizada referente a la Expresión Mórfica 31 $\beta$  (vid. figuras 7, 8, 9 y Lámina II). La impresión parcial del dígito I (hallux), dirigido posterolateralmente, es el rasgo más característico de esta icnita; la impresión de dicha estructura es poco frecuente.



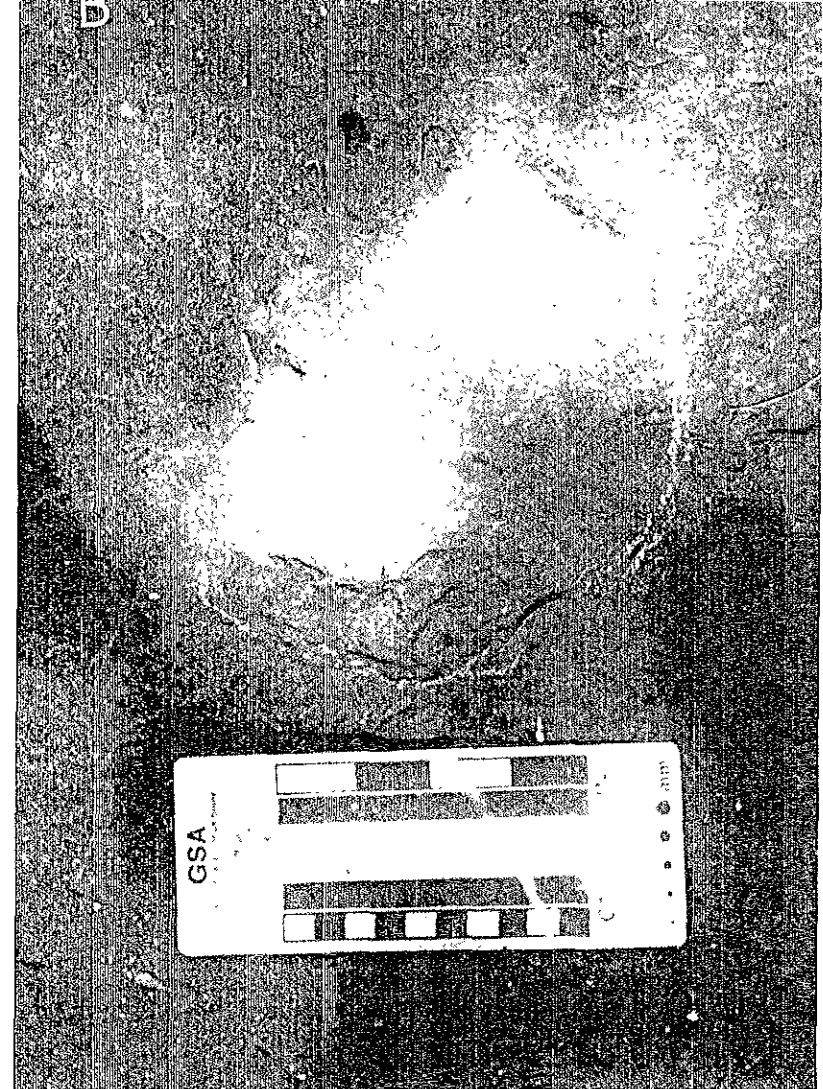


**LÁMINA IV. MORFOTIPO B, EXPRESIÓN MÓRFICA ÚNICA: ORNITHOMIMIDAE.**

- Fig. A. Plano de estratificación del afloramiento B, con un grado de dinoturbación tal que sólo se observa un gran número de impresiones dactilares.
- Fig. B. Vista general del afloramiento B donde se observa cierta divergencia en la orientación de las improntas; un grupo se dirige al SE mientras que el otro al SW (*vid* Figura 10)



PLÁMINA V. MORFOTIPO B. EXPRESIÓN MÓRFICA ÚNICA: ORNITHOMIMIDAE.  
Detalle del afloramiento B donde se observa claramente la morfología de estas renitas



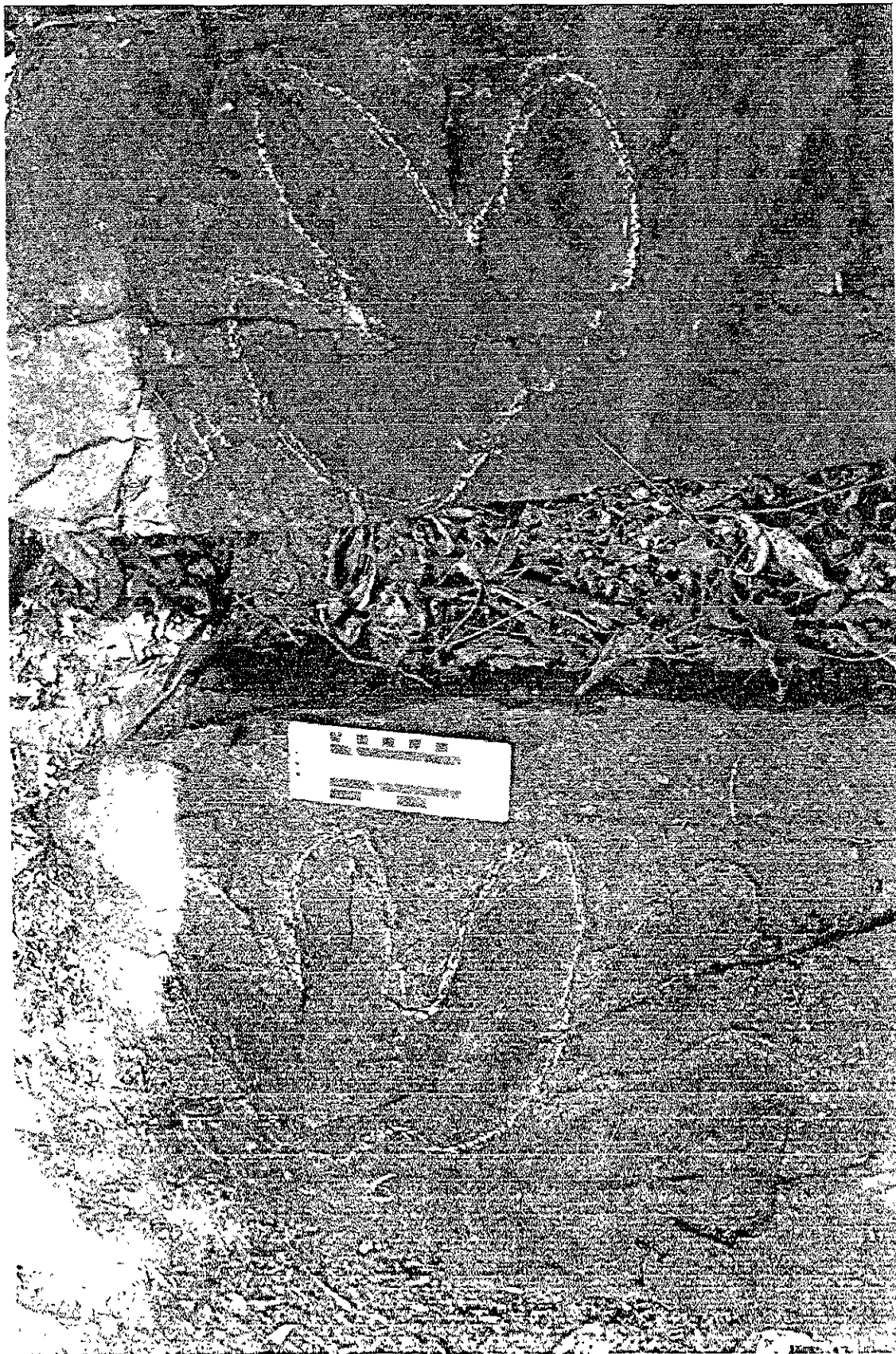
**LÁMINA VII. MORFOTIPO D, EXPRESIONES MÓRFICAS  $\gamma$  Y  $\eta$  : HADROSAURIDAE.**

Fig. A. La huella numero 3, representada por tres cojinetes digitales y uno plantar, corresponde a la Expresión Mórfrica  $\gamma$  del Morfotipo D (ver figuras 7, 8, 9 y Lámina II), la flecha que se encuentra arriba denota la dirección de marcha del ornitópedo que la formó.

La impresion podial adjunta, probablemente se refiere al Morfotipo C.

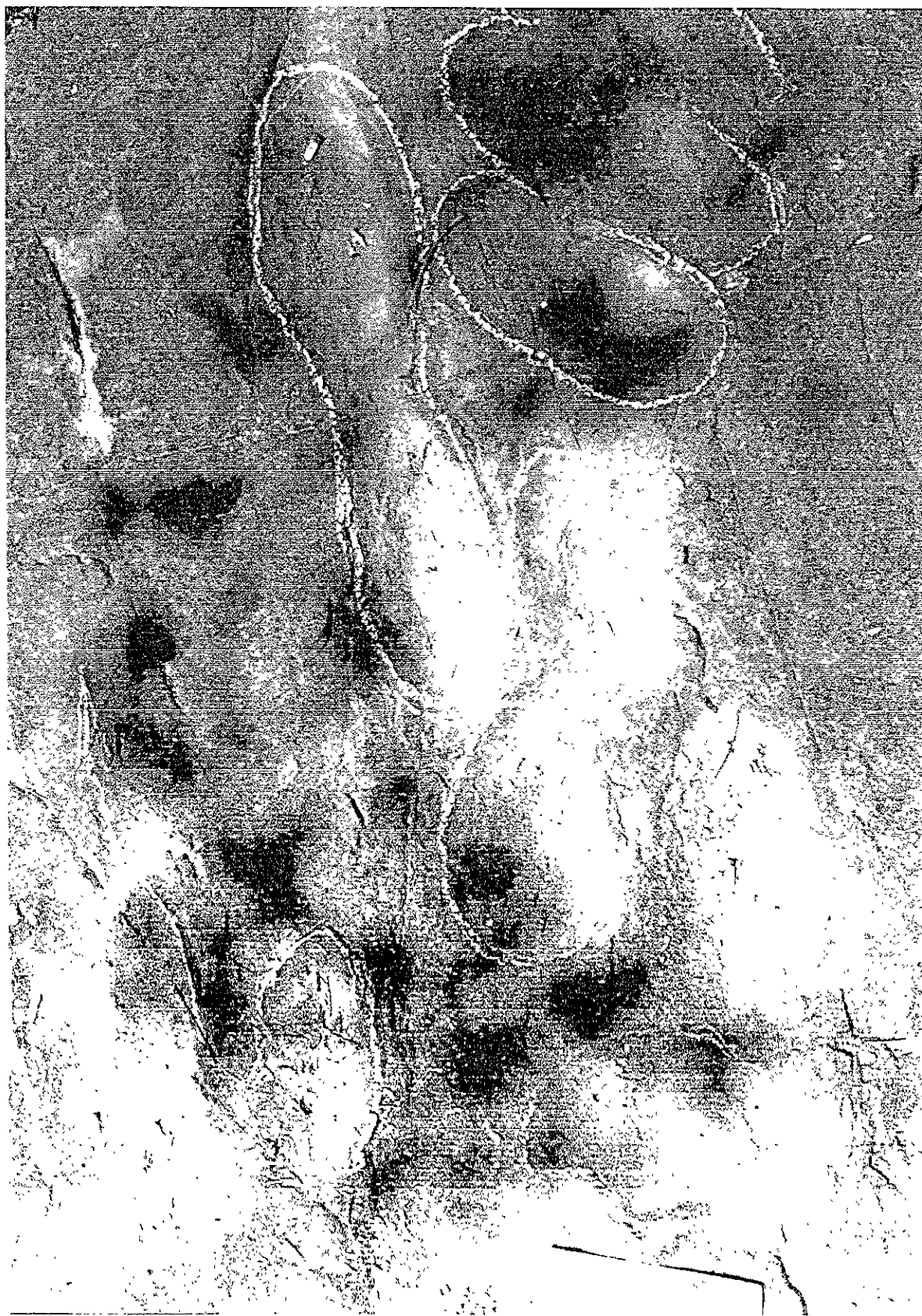
Fig. B. Huella individualizada probablemente referente a un hadrosaurio juvenil. Representa la Expresión Mórfrica  $34\eta$  del Morfotipo D (ver figuras 7, 8 y 9)





**MINA VIII. MORFOTIPO D, EXPRESIÓN MÓRFICA  $\Phi$  : HADROSAURIDAE.**

La Arenisca Aguililla muestra huellas de dinosaurio en varios niveles estratigráficos. Las huellas que se veían (números 6 x 6A -42 $\Phi$  y 41 $\Phi$ ) se encuentran en una capa situada 60 cm arriba del plano de estratificación expuesto en el cauce del Río El Salto (Alforamiento Principal). La configuración de ambas huellas, hace referibles a las Expresiones Mórficas del Morfotipo D (*vid.* figuras 7, 8 x 9).



#### FIGURA IX. MORFOTIPO E. EXPRESIÓN MÓRFICA 1: ?SAURISCIIA U ORNITISCIIA.

huellas individualizadas referentes a las expresiones morficas 441, 451, 461 y 481 del Morfotipo E (*vid.* figuras 7, 8 y 9). Estas huellas referibles a este Morfotipo, comparten una configuración distintiva y una pequeña talla. La naturaleza anómala de estas huellas hace difícil precisar la identidad taxonomica de los organismos generadores (texto pag. 34). En esta figura también pueden apreciarse huellas tanto teropodicas referibles al Morfotipo C (margen inferior izquierdo) como huellas referibles al Morfotipo D (margen superior y margen inferior derechos).





**LÁMINA X. MORFOTIPO E. EXPRESIÓN MÓRFICA (v.º: ?SAURISCHIA U ORNITISCHIA).**

Impresiones individuales referentes a las Expresiones Mórificas 9º (margen superior derecho) y 10º (margen inferior izquierdo) v.º. Figuras 7, 8 y 9.