

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

EQUINOIDEOS FÓSILES DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE CHIAPAS, MÉXICO

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (SISTEMÁTICA)

P R E S E N T A

BIÓL. ITZIA ERÉNDIRA NIETO LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. PEDRO GARCÍA BARRERA



MÉXICO, D.F.

2005

m. 349177



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.



Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez  
Director General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

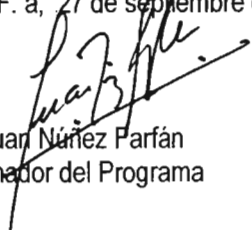
Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 30 de mayo del 2005, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática) del(a) alumno(a) **NIETO LOPEZ ITZIA ERENDIRA** con número de cuenta **86240378** con la tesis titulada: **Equinoideos fósiles del Cretácico Superior de Chiapas, México**, bajo la dirección del(a) **Dr. Pedro García Barrera**.

Presidente: Dr. Francisco Javier Vega Vera  
Vocal: Dr. Enrique Martínez Hernández  
Secretario: Dr. Pedro García Barrera  
Suplente: Dra. Rosaura Mayén Estrada  
Suplente: Dra. Elena Centeno García

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Itzia Erendira Nieto Lopez  
FECHA: 03-10-05  
FIRMA: [Firma]

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D.F. a, 27 de septiembre del 2005

  
Dr. Juan Núñez Parfán  
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

Se agradece a los miembros del Comité Tutorial:

Dr. Pedro García Barrera.

Dr. Francisco Javier Vega Vera.

Dra. Elena Centeno García.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por brindarme una educación, una formación y toda una vida.

A la DGAPA de la UNAM a través del Proyecto PAPIIT IN228803-2, el apoyo económico para llevar a cabo el trabajo de campo.

A mi Comité Tutorial:

Dr. Pedro García Barrera (Director de Tesis), Dr. Francisco Javier Vega Vera y Dra. Elena Centeno García; por evaluar el desarrollo del trabajo y sobre todo por el apoyo que siempre tuvieron a bien brindarme para realizar y culminar esta Tesis.

A la Dra. Rosaura Mayén Estrada, por la revisión del manuscrito, por las sugerencias y aportaciones que me ayudaron a mejorar y enriquecer esta Tesis.

Al Dr. Enrique Martínez Hernández, por la revisión del manuscrito, por sus enseñanzas y por compartir conmigo todas sus experiencias tanto en la docencia como en la investigación.

A la Dra. Sara A. Quiróz Barroso, al Dr. Pedro García Barrera, al Dr. Francisco Sour Tovar y al Biól. Daniel Navarro Santillán, personal del Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias, por el amplio apoyo que me han brindado en todo momento para la realización de este proyecto.

Al Instituto de Historia Natural de Chiapas por el préstamo del material fósil que se describió en esta tesis; en particular al M. en C. Javier Avendaño Gil curador de la colección paleontológica, por facilitarme el material mencionado.

A las autoridades del Instituto de Geología de la UNAM por permitirme el uso del Laboratorio de Palinología durante la elaboración de las laminillas que permitieron llevar a cabo la parte del análisis palinológico; en particular a al Dr. Enrique Martínez Hernández y a la Dra. Elia Ramírez Arriaga por sus asesorías y enseñanzas en el estudio de la palinología.

Al Dr. Pedro García Barrera por guiarme en el camino de la paleontología, por todo lo que me ha enseñado y por el tiempo dedicado a este proyecto.

Al Biól. Héctor Hernández Campos por la toma de todas las fotografías de equinoideos que se ilustran las láminas del trabajo.

A la M. en C. Claudia Carranza Sierra, a los biólogos Daniel Navarro Santillán y Leonora Martin Medrano por su asesoría en la realización de los mapas y tablas que forman parte de esta tesis.

## RESUMEN

Por su riqueza fosilífera, el estado de Chiapas ha aportado en años recientes una gran cantidad de especies tanto de plantas como animales. En el caso de los invertebrados marinos, los equinoideos cretácicos se encuentran en gran abundancia y diversidad.

En el presente trabajo se describen nueve especies para los afloramientos pertenecientes a la parte superior de la Formación Ocozocoautla: *Orthopsis millaris*, *Salenia (Salenia) nutrix*, *Goniopygus supremus*, *Noetlingaster paucituberculatus*, *Gomphechinus collignoni*, *Lanieria lanieri*, *Gitolampas tripolitanus*, *Lefortia delgadoi* y *Hemiaster* sp.

Las especies descritas se reportan por primera vez para el estado de Chiapas y también para México. Asimismo, la presencia de *Noetlingaster paucituberculatus* y *Gomphechinus collignoni* se reportan por primera vez para América.

El alcance estratigráfico del conjunto de equinoideos permitió confirmar una edad de Maastrichtiano temprano para las capas que portan a estos fósiles.

Se revisaron algunos aspectos tafonómicos tales como el grado de preservación de los ejemplares, el grado de transportación y el tipo de fosilización que presentan, entre otros. Además, se realizó un análisis del contenido de polen presente en las rocas de donde fueron recolectados los equinoideos, a fin de complementar la información sobre dicho ambiente.

La información obtenida a partir de la revisión tafonómica y del polen, permitió establecer que se trataba de un ambiente arrecifal lagunar cercano a la línea de costa, de aguas someras y cálidas.

## ABSTRACT

In recent years the State of Chiapas has provide a great number of plant and animal fossil species. Among marine invertebrates, the Cretaceous echinoids are diverse and abundant.

Here are described nine species from the upper portion of the Ocozocoautla Formation: *Orthopsis miliaris*, *Salenia (Salenia) nutrix*, *Goniopygus supremus*, *Noetlingaster paucituberculatus*, *Gomphechinus collignoni*, *Lanieria lanieri*, *Gitolampas tripolitanus*, *Lefortia delgadoi* y *Hemiaster* sp. These species are the first report for the state of Chiapas; meanwhile *Noetlingaster paucituberculatus* and *Gomphechinus collignoni* are the first record in the American Continent.

The stratigraphical range of the assemblage supports an Early Maastrichtian age for the outcrop. Some taphonomical issues were addressed such as the degree of fossil preservation, degree of transportation, and fossilization, among others. The pollen content of the sediments was analyzed as well. Information from the taphonomical review and the pollen lead to the conclusion that the depositional environment was a reef lagoon, close to the coast line with warm shallow water.

**INDICE**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b>	<b>9</b>
<b>III. OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>IV. METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
<b>V. UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	<b>13</b>
<b>VI. MARCO GEOLÓGICO</b>	<b>14</b>
<b>VII. EDAD DEL AFLORAMIENTO</b>	<b>18</b>
<b>VIII. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA</b>	<b>19</b>
<b>IX. DISTRIBUCIÓN</b>	<b>30</b>
<b>X. ASPECTOS TAFONÓMICOS</b>	<b>32</b>
<b>XI. PALEOAMBIENTE</b>	<b>38</b>
<b>XII. CONCLUSIONES</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO</b>	<b>48</b>
<b>LÁMINAS</b>	



# **I. INTRODUCCIÓN**

## **a) Los equinodermos.**

Los organismos pertenecientes al phylum Echinodermata son de los invertebrados más conocidos que habitan en las aguas de todo el mundo. Su hábitat es exclusivamente marino y es posible encontrarlos a diferentes profundidades, desde aguas someras hasta profundidades de 7 mil metros. Son bentónicos, sésiles o móviles. Pueden estar enterrados en el fango o lodo marino, aunque una gran parte de ellos prefieren vivir sobre las rocas o en los arrecifes coralinos, formando así parte importante de este tipo de comunidades (Benton y Harper, 1997).

Como cada grupo biológico poseen una serie de características propias, entre las cuales destacan: la simetría bilateral primaria, la simetría radial pentámera secundaria, el endoesqueleto calcáreo de origen mesodérmico formado por placas de calcita y, por último, lo que podría considerarse su carácter más distintivo: un complejo sistema de canales, conocido como sistema ambulacral acuífero (Benton y Harper, 1997).

La morfología de la testa de los equinoideos fósiles es una característica muy importante para su identificación y clasificación. Se conocen dos tipos: los equinoideos regulares y los equinoideos irregulares. A continuación se describen algunas de las características morfológicas que pueden ser mejor reconocidas en los ejemplares fósiles y que en ciertos casos permiten su determinación.

### **Equinoideos regulares.**

Tienen el periprocto en la región aboral situado en el centro del disco apical, por lo que actualmente reciben el nombre de endocíclicos; el peristoma está situado en la región oral. Presentan una marcada simetría pentarradial y un caparazón con el ámbito circular o ligeramente pentagonal. Uno de los elementos más importantes para su clasificación es su sistema apical

(Fig. 1). Por desgracia, este sistema apical es muy frágil, y es común que haya desaparecido en ejemplares fósiles.

La testa está conformada por una zona ambulacral y una zona interambulacral (Fig. 1). Los ambulacros son más angostos y se sitúan frente a las placas oculares; los interambulacros se localizan frente a las placas genitales (Fig. 2). Los ambulacros están formados por dos filas de placas, separadas entre sí por una sutura en zigzag; cada vértice de esta sutura forma un borde en V que marca la altura de la placa.

Generalmente cada placa presenta un par de poros (Fig. 1), aunque esto puede variar; dependiendo de ello, las placas reciben diferentes nombres. Las placas simples, con sólo un par de poros ambulacrales, se llaman unigeminadas. Si tienen dos pares de poros, procedentes de la unión de dos placas, se denominan bigeminadas. Las placas con los pares de poros procedentes de la unión de tres placas se denominan trigeminadas, y las que proceden de la unión de más de tres placas con sus correspondientes pares de poros se conocen como poligeminadas (Clarkson, 1993).

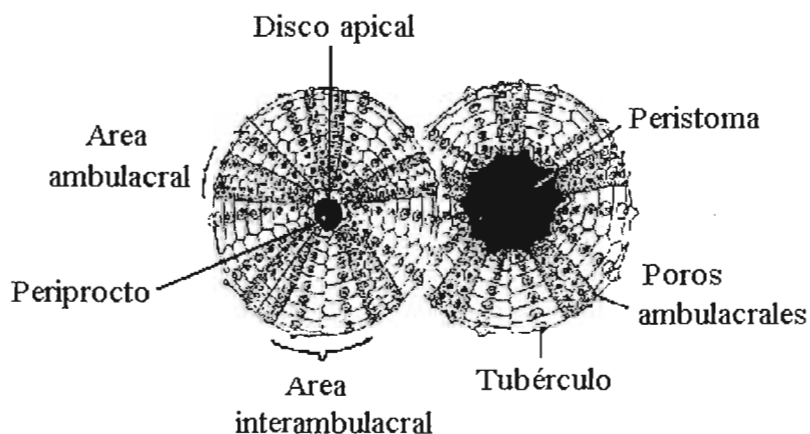
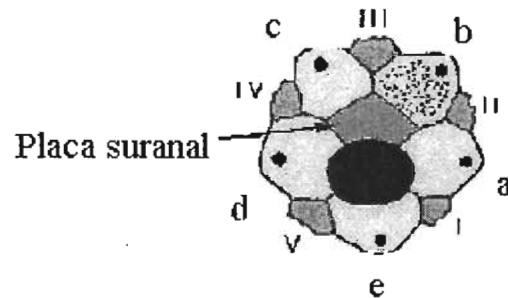


Figura 1. Se muestra la morfología general de los equinoideos regulares con sus principales estructuras (Modificado de Clarkson, 1993).

El sistema apical se conforma por cinco placas oculares y cinco placas genitales (Fig. 2). De las placas genitales, una es de mayor tamaño y se le da el nombre de placa madreporítica (Fig. 2b); en ella se alojan una serie de poros pequeños conocidos como madreporos. Algunas especies presentan una placa extra conocida como placa suranal.



**Figura 2. Sistema apical en equinoideos regulares. I-V placas oculares; a-e placas genitales.**  
(Modificado de [www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/echinoid-directory/MORPH/REGULARS/DISC MORP.jsp](http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/echinoid-directory/MORPH/REGULARS/DISC MORP.jsp)).

### Equinoideos irregulares

Presentan el periprocto fuera del sistema apical, por lo que reciben el nombre de exocíclicos; su ámbito es más o menos pentagonal o cordiforme. Las radiolas suelen ser flexibles, y están insertas en pequeños tubérculos que forman bandas diferenciadas llamadas fasciolas. Los ambulacros pueden adoptar una forma petaloide (se asemejan a los pétalos de una flor), alrededor del polo apical (Clarkson, 1993) (Fig. 3).

Al igual que los equinodermos regulares, el sistema apical es uno de los elementos más importantes para su clasificación, ya que permite establecer diferencias taxonómicas objetivas entre los diferentes géneros. El sistema apical consta de un conjunto de cinco placas oculares y

cuatro placas genitales, que son de mayor tamaño que las anteriores (Fig. 4). La disposición de las placas es un factor importante que ayuda a definir los diferentes tipos de sistemas apicales (Melville y Durham, 1966).

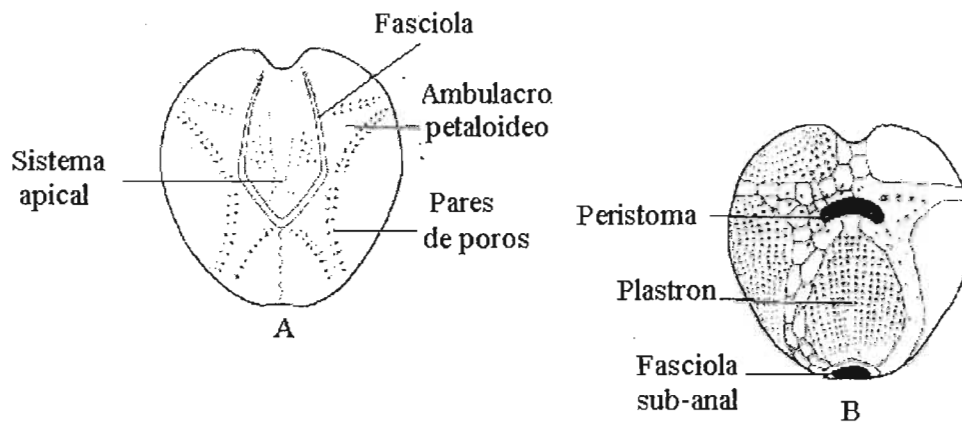


Figura 3. Morfología de equinoideos irregulares. (A) superficie aboral; (B) superficie adoral (Modificado de Clarkson, 1993)

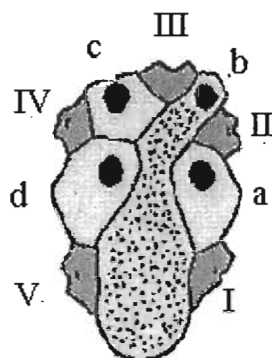


Figura 4. Sistema apical en equinoideos irregulares. I-V, placas oculares; a-d, placas genitales (Modificado de [www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/echinoid-directory/MORPH/HEARTS/DISC.jsp](http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/echinoid-directory/MORPH/HEARTS/DISC.jsp))

## **b) Principales hábitos de las familias de equinoideos encontradas en el lugar de estudio**

En la reconstrucción del ambiente de depósito de los organismos fósiles en general, deben tomarse en cuenta tanto el hábitat como los hábitos de los mismos; de estos factores dependen directamente el lugar y la manera en que los organismos puedan permanecer en el registro fósil. Por esta razón es necesario dar un antecedente de tales aspectos, apoyándonos en gran medida con el actualismo biológico.

Los holactipoides presentan una robusta linterna. El arreglo de sus tubérculos orales sugiere que pudieron haber sido excavadores y, por lo tanto, pudieron haber vivido enterrados en el sedimento. La falta de pies ambulacrales para respirar en la superficie aboral, indica que debieron estar restringidos a vivir dentro de un sustrato de grano medio a grueso. Tal vez vivían enterrados una parte del día, y salían a la superficie durante la noche para alimentarse.

Los Salenioida son generalistas omnívoros, y en la actualidad están restringidos a aguas poco profundas. Viven entre los 60 y los 3 mil metros de profundidad. Poseen espinas que les permiten defenderse de sus depredadores. Su dieta es mixta y bien podrían ser clasificados dentro de los excavadores y carroñeros.

Los arbacioides habitan en los arrecifes coralinos de manera solitaria, o bien, congregados en grupos de hasta cinco o más organismos, ya sea en sustratos rocosos o arenosos. Generalmente son herbívoros, aunque pueden alimentarse de esponjas, pólipos y hasta de otros equinoideos.

Los casiduloideos son un grupo que se presenta durante todo el Mesozoico, y alcanza su máximo desarrollo durante el Maastrichtiano.

Los espatangoideos se alimentan de los depósitos bentónicos; comúnmente son endobentónicos. Llegan a enterrarse de 15 a 20 cm. Sus fasciolas presentan densas bandas de espinas finas con glándulas que secretan un moco. Las fasciolas tienen dos funciones: primero, generar una circulación del agua cuando están enterrados; segundo, producir un moco que es

usado para cementar las paredes que los rodean cuando están enterrados y evitar así que el sedimento caiga entre las espinas.

### **c) Tafonomía en equinoideos**

Los estudios tafonómicos en equinodermos pueden proveer información adicional sobre las condiciones sedimentológicas antes, durante y después del enterramiento de estos organismos.

Uno de los aspectos más importantes que ha de considerarse en un estudio tafonómico en equinoideos, es la desarticulación de los ejemplares, ya que el grado de conservación de la testa nos permite reconocer si los organismos se fosilizaron *in situ*, o bien, si estuvieron expuestos al transporte, y en este último caso, determinar de manera cualitativa el tiempo de exposición al ambiente antes de ser finalmente depositados en el sedimento (Brett y Harper, 1997).

Utilizando los datos de diversos estudios realizados en equinodermos recientes respecto al tiempo de exposición después de la muerte, la arquitectura y composición mineral de la testa, los efectos del oxígeno y la temperatura del ambiente, entre otros aspectos (Flessa y Brown, 1983; Meyer y Meyer, 1986; Kidwell y Baumiller, 1990), es posible inferir si los fósiles de equinodermos encontrados en un afloramiento habitaron en el lugar en el que fueron sepultados o, en caso contrario, establecer cuán lejos de su ambiente original pudieron fosilizarse.

Brett *et al.* (1997), desarrollan una tabla que resume estos estudios, que incluye datos obtenidos por dicho autor para determinar, considerando el grado de fragmentación de las testas, el tiempo durante el cual estuvieron expuestas al transporte.

Bajo condiciones aeróbicas normales, la desarticulación completa de equinodermos a fragmentos aislados usualmente tarda entre una y tres semanas (Meyer, 1971; Donovan, 1991). Mediante estudios de laboratorio se ha podido determinar el orden en el que los elementos de la testa se van desarticulando en los esqueletos de equinoideos. Lo primero que se observa es el

desprendimiento de las radiolas, y cuando esto sucede, comienza la descomposición de la membrana del peristoma y del periprocto; posteriormente, el desprendimiento del disco apical, seguido de la desarticulación de la linterna y después el rompimiento de la corona (Schäfer, 1972; Greenstein, 1991; Kidwell and Baumiller, 1990) (Fig. 5).

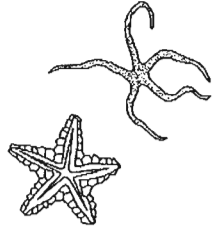



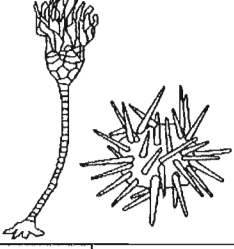
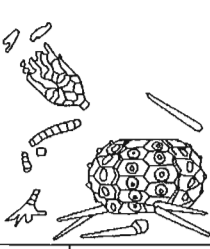


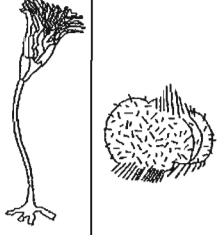
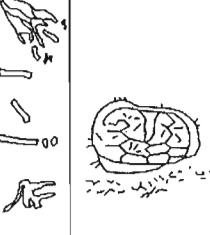
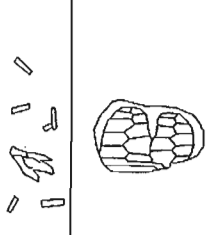
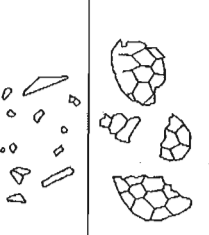
CATEGORÍA Ejemplos	TIEMPO DE DESARTICULACIÓN			
	Horas a 1 día	1 día a 2 semanas	2 semanas a 1 año	Más de 1 año
<b>TIPO 1</b> Ofiuroides, asteroideos, carpoideos, paleoequinoideos, eocrinoideos, edrioasteroideos				
<b>TIPO 2</b> La mayoría de los crinoideos, cistoideos, equinoideos regulares				
<b>TIPO 3</b> Camerados robustos, microcrinoideos, blastoideos, equinoideos irregulares				

Figura 5. Grado de fragmentación de la testa vs tiempo de exposición en el ambiente (Modificado de Brett *et al.*, 1997).

Estos datos experimentales y de observación proveen de antecedentes necesarios para el estudio de la tafonomía comparativa de restos fósiles de equinodermos. Algunos puntos importantes que deben considerarse son los siguientes:

- i) Las radiolas articuladas y apéndices (como radios y brazos) y las columnas en los crinoideos se desprenden muy fácilmente de testas o tecas.
- ii) En un período corto de tiempo después de la muerte (no más de dos horas), las testas de los equinodermos permanecen un tanto resistentes a la desarticulación, para posteriormente, en algunos casos, ser transportados a distancias considerables por las corrientes. Sin embargo, muchos estudios tafonómicos de ambientes marinos (Powell *et al.*, 1989 y Callender *et al.*, 1992) demuestran que la mayoría de esqueletos de todo tipo tienden a acumularse a unos pocos metros de los sitios donde vivieron. En períodos posteriores a la muerte, las partes más delicadas de los esqueletos de equinodermos son fácilmente desarticuladas incluso por corrientes menores o por la bioturbación.
- iii) El tiempo requerido para la desarticulación completa de los esqueletos de equinodermos varía sustancialmente dependiendo de la morfología intrínseca de cada esqueleto en particular y de las condiciones ambientales. Algunas partes de la testa de equinoideos, como el disco, pueden resistir la desarticulación por períodos de hasta un par de meses, siempre y cuando se encuentren en ambientes de aguas tranquilas.
- iv) Las temperaturas templadas y las condiciones de baja energía favorecen la preservación intacta y/o la no desarticulación de las radiolas.
- v) La tasa de destrucción del tejido blando por acción bacteriana es un poco menor en condiciones anaerobias. La anoxia puede propiciar la preservación intacta, siempre y cuando no existan organismos carroñeros en el ambiente de enterramiento.



## II. ANTECEDENTES

El primer reporte que se tiene sobre equinoideos fósiles para México fue hecho en 1840 por Nyst y Galeotti, en el trabajo en que describen la fauna de invertebrados de Tehuacán, Puebla. A partir de ese momento, y después de 150 años, los trabajos que abordan el estudio de los equinoideos fósiles en México son muy escasos.

La mayoría de los reportes que se tienen sobre equinoideos fueron realizados durante los siglos XVIII y XIX, y provienen de trabajos con objetivos geológicos. La información que se da en ellos sobre este grupo es muy breve e imprecisa. Para finales del siglo XIX y principios del XX, toman auge los trabajos paleontológicos y los reportes de equinoideos son más completos y específicos (Nieto-López y García-Barrera, 2005).

Los géneros más estudiados y destacados han sido principalmente *Cidaris*, *Hemicidaris*, *Tetragramma*, *Phymosoma* y *Salenia* (Buitrón, 1968). Cabe mencionar que cerca del 80% de éstos provienen de rocas del Cretácico Inferior.

Los estudios sobre equinoideos del Cretácico Tardío de México son muy escasos: sólo se tienen dos reportes. En uno de ellos para el estado de Chiapas, se reportan *Conulus chiapasensis*, *C. cookei*, *C. lamberti*, *C. raulini* y *Globator* (Buitrón, 1974). En el otro trabajo, se reporta la presencia de *Phymosoma mortenseni*, *Rachiosoma mortoni*, *Orthopsis sanfilippoii*, *Holectypus* (*Caenholectypus*) sp., *Galeritas gigas*, *Hemiaster jackoni*, *H. mirabilis* y *H. ungula*, en el estado de Nuevo León; *Codiopsis stephensoni*, *H. humphrereysanus*, *Linthia paranoia*, *Proraster dalli*, *Micraster* sp. y *Spatangus* sp. en el estado de Guerrero y *Cassidulus aequoreus*, *H. trauthi*, *H. hexari*, *H. cholamensis*, *H. humphrereysanus*, *H. jackoni*, *H. lacunosus*, *H. oldami*, *H. stella*, *H. welleri*, *Micrester americanus* y *M. agenowi*, en el estado de San Luis Potosí (Sánchez, 1997). Para el resto de los estados de la República Mexicana, no se reportan equinoideos del Cretácico Tardío.

### **III. OBJETIVOS**

#### **General**

- Identificar y ubicar taxonómicamente las especies de equinoideos fósiles de una nueva localidad de la Formación Ocozocoautla, Chiapas.

#### **Particulares**

- Medir la columna estratigráfica correspondiente a la localidad donde se ha colectado el material y ubicar a los ejemplares dentro de ella.

- Determinar, con el alcance estratigráfico del conjunto de especies, la edad de las rocas que portan el material estudiado.

- Caracterizar el ambiente de depósito y determinar con ello las condiciones que se presentaron en el momento de sepultamiento de las especies de equinoideos a través de diversas líneas de evidencia.

### **IV. METODOLOGÍA**

#### **a) Campo**

##### **i) Descripción y ubicación de la columna (Estratigrafía local)**

El primer paso consistió en ubicar las capas estudiadas dentro de la columna general hecha por García-Barrera *et al.* (1998), para posteriormente describirlas con detalle. Para ello se recurrió al uso de la carta geológica correspondiente al área de Ocozocoautla, Chiapas.

Para el levantamiento de la columna estratigráfica local, se midieron los espesores con cinta métrica y brújula tipo Brunton. Al mismo tiempo se realizó la descripción detallada de cada una de las capas, la cual incluyó la composición y la textura de la roca que la conformaba, las estructuras primarias y la posición de los restos fósiles recolectados.

## **ii) Colecta del material fósil**

Un 30% del material estudiado fue recolectado rodado y otra parte se recolectó *in situ*; en este último caso se tomó en cuenta la posición que guardaban en las capas y el nivel en la sección. En el primer caso, el material se utilizó para apoyar la descripción de los ejemplares, principalmente; en el segundo caso se utilizó el material para el mismo fin y para el análisis tafonómico.

Todos los ejemplares se envolvieron en papel periódico y se etiquetaron para poder referir sus datos correspondientes tomados en la libreta de campo. Este último procedimiento se aplicó igual para el material rodado recolectado.

Se tomaron fotografías de la localidad, del afloramiento y de cada una de las capas de la columna.

## **ii) Recolecta de muestra para palinología**

Para realizar el estudio palinológico se tomaron muestras del sedimento en el cual fueron recolectados los equinoideos. Con ese fin se tomó la roca no intemperizada, para evitar cualquier contaminación externa. El sedimento se guardó en bolsas de plástico, las cuales se cerraron y se etiquetaron con los datos correspondientes.

## **b) Gabinete.**

### **i) Limpieza del material**

En el Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias se realizó la selección, limpieza y preparación del material fósil recolectado.

Se utilizaron principalmente métodos mecánicos, los cuales consistieron en el lavado y cepillado de cada ejemplar, a fin de quitar todo el sedimento posible. Los ejemplares cubiertos por

sedimento muy compactado y litificado fueron limpiados con la ayuda del *air scribe* Patco modelo PAS361 y del *sand blaster* S.S. White modelo K. Cuando el sedimento se encontraba cubriendo partes muy delicadas que no podrían ser limpiadas con los aparatos mencionados, se utilizó el limpiador ultrasónico Branson modelo 2510. En ocasiones fue necesario sumergir los ejemplares en ácido clorhídrico al 5% de 10 a 15 segundos, e inmediatamente enjuagarlas con abundante agua y cepillarlos hasta descubrir la testa.

## **ii) Determinación de ejemplares**

Para el análisis taxonómico se realizó una meticulosa revisión bibliográfica para comparar las especies y géneros ya descritos con los especímenes recolectados.

## **iii) Interpretación del ambiente de depósito**

Para determinar cuáles fueron las condiciones ambientales bajo las que se depositaron los sedimentos en los que se encontraron los equinodermos, se integraron los resultados obtenidos del análisis tafonómico, y los datos sobre los hábitos y el hábitat de los organismos en estudio. Además, se analizó el contenido de polen en las capas en las cuales se encontraron los equinoideos, para obtener datos que complementarían la reconstrucción de dicho ambiente.

Para el análisis tafonómico se observó cada uno de los ejemplares recolectados y se tomó en cuenta el grado de conservación de la testa, la presencia o ausencia de las radiolas, la preservación del disco apical y la posición con respecto al sustrato en la que fueron colectados. Estos datos fueron comparados con los resultados de trabajos realizados con equinoideos actuales, que tratan sobre el tiempo en que las testas de estos animales pueden preservarse articuladas. El objetivo de la comparación era conocer el posible transporte de los ejemplares

antes de ser depositados para su enterramiento final, para con ello determinar qué tan alejados o cercanos se encontraban del ambiente en el cual vivieron.

Para analizar el contenido de polen, se tomaron muestras de roca provenientes de la misma capa en donde se recolectaron los fósiles, y fueron procesadas en el Laboratorio de Palinología del Instituto de Geología de la UNAM y se les aplicó la técnica de extracción de palinomorfos fósiles estándar (véase anexo A). El análisis e identificación de los palinomorfos estuvieron supervisados y asesorados por el Dr. Enrique Martínez Hernández.

Las muestras para elaborar las laminillas quedaron registradas y depositadas en la colección palinológica de dicho Instituto, bajo las siglas Pb-9270 y Pb-9455. Se analizaron un total de 10 laminillas por muestra.

## **V. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El afloramiento se encuentra en el kilómetro 15 de la nueva autopista que conecta a los estados de Chiapas y Veracruz en su tramo Ocozocoautla-Cosoleacaque. Esta carretera se localiza a 22 km al sureste de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez y a 5 km al sureste del poblado de Ocozocoautla (Fig. 6).

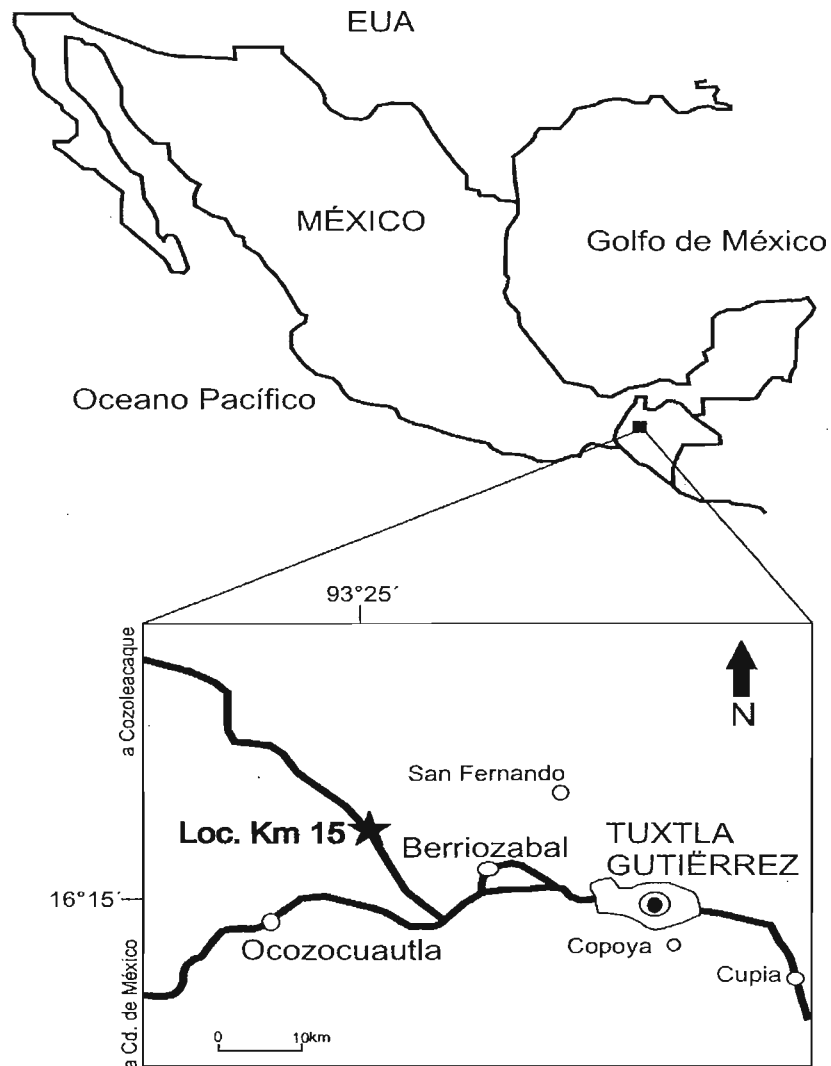


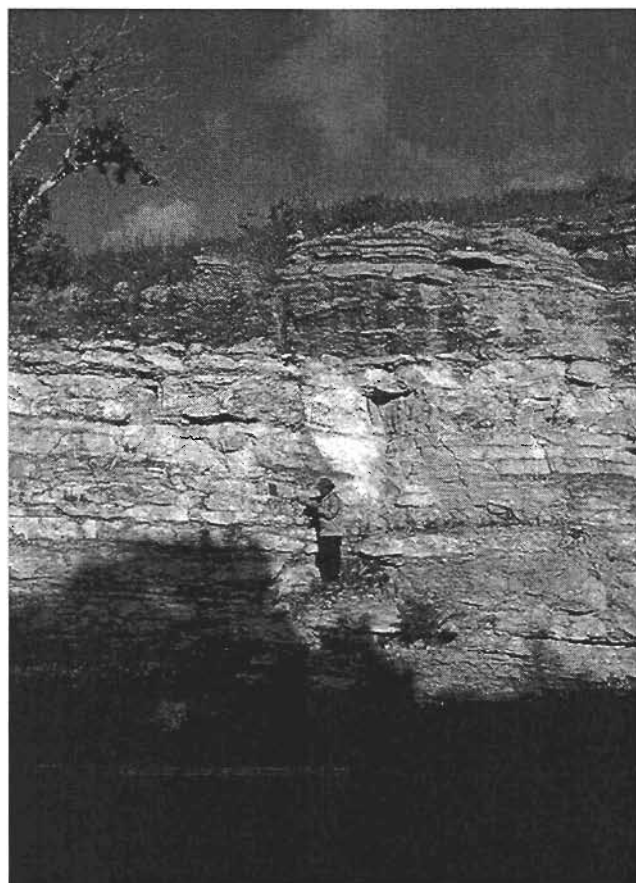
Figura 6. Mapa que muestra la ubicación de la localidad en donde se recolectó el material fósil.

## VI. MARCO GEOLÓGICO

### Geología regional

En Chiapas, las rocas sedimentarias de edad cretácica (generalmente calizas y dolomitas) son muy abundantes y extensas, y forman el homoclinal de la Sierra Madre del mismo estado. En el área de estudio, estas rocas fueron agrupadas en dos Formaciones: Caliza de la Sierra Madre (considerada como Cretácico Inferior) y otra denominada Ocozocoautla del Cretácico Superior (Gutiérrez-Gil, 1956).

Los organismos fósiles estudiados se recolectaron en capas pertenecientes a la parte superior de la Formación Ocozocoautla (Fig. 7), por lo que sólo se describe dicha Formación.



**Figura 7.** Se muestra una vista panorámica correspondiente a la parte superior de la Formación Ocozocoautla.

### **Formación Ocozocoautla**

Esta Formación fue definida informalmente en 1956 por Gutiérrez-Gil, y redefinida formalmente por Chubb (1959).

La sección tipo de la formación Ocozocoautla (Fig. 8 I) se encuentra localizada al noroeste del poblado que lleva el mismo nombre. Tiene un espesor de 800 m y se encuentra

aflorando en los alrededores de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, entre los poblados de Ocozocoautla y Cosoleacaque (Feldmann *et al.*, 1996).

La base de la Formación está en contacto discordante con la Formación Sierra Madre. La columna inicia con un conglomerado rojo con un espesor promedio de 80 m o más, que aflora entre el poblado de Ocozocoautla y la Presa Mal Paso. Sobreyaciendo al conglomerado se encuentran lutitas y margas con intercalaciones de caliza. Estas intercalaciones calcáreas tienen una abundante fauna de rudistas (*Macgilavia nicholasi*, *Titanosarcolites giganteus*, *Thyrastilon chubbi* y *Chiapasella* sp, entre otras), así como corales, gasterópodos y otros bivalvos. Por encima de estas capas existen más niveles de lutitas intercaladas con areniscas y calizas delgadas. Hacia la cima se presentan calizas grises de estratificación mediana a gruesa, intercaladas con margas de color amarillo. Las calizas contienen una considerable diversidad y abundancia de rudistas, corales, equinodermos, briozoarios, braquiópodos, dientes de tiburón y huesos de tortugas y cocodrilos (Feldmann *et al.*, 1996). En este nivel se recolectó el material del presente estudio.

La Formación Ocozocoautla está constituida por una secuencia de plataforma carbonatada (Feldmann *et al.*, 1996), de aguas cálidas, claras bien oxigenadas y de alta energía (Michaud, 1987).

### **Estratigrafía local**

#### *Localidad del Km 15*

La columna medida tiene un espesor de 13 m; la base está constituida por una alternancia de limolitas arenosas y areniscas finas con calizas de estratificación masiva. El espesor de los estratos de caliza es de 2 a 3.5 m, aunque en la parte superior su grosor disminuye hasta 1 m; el



color de estos estratos es gris claro; hacia la cima la estratificación cambia a delgada-mediana (Fig. 8 II).

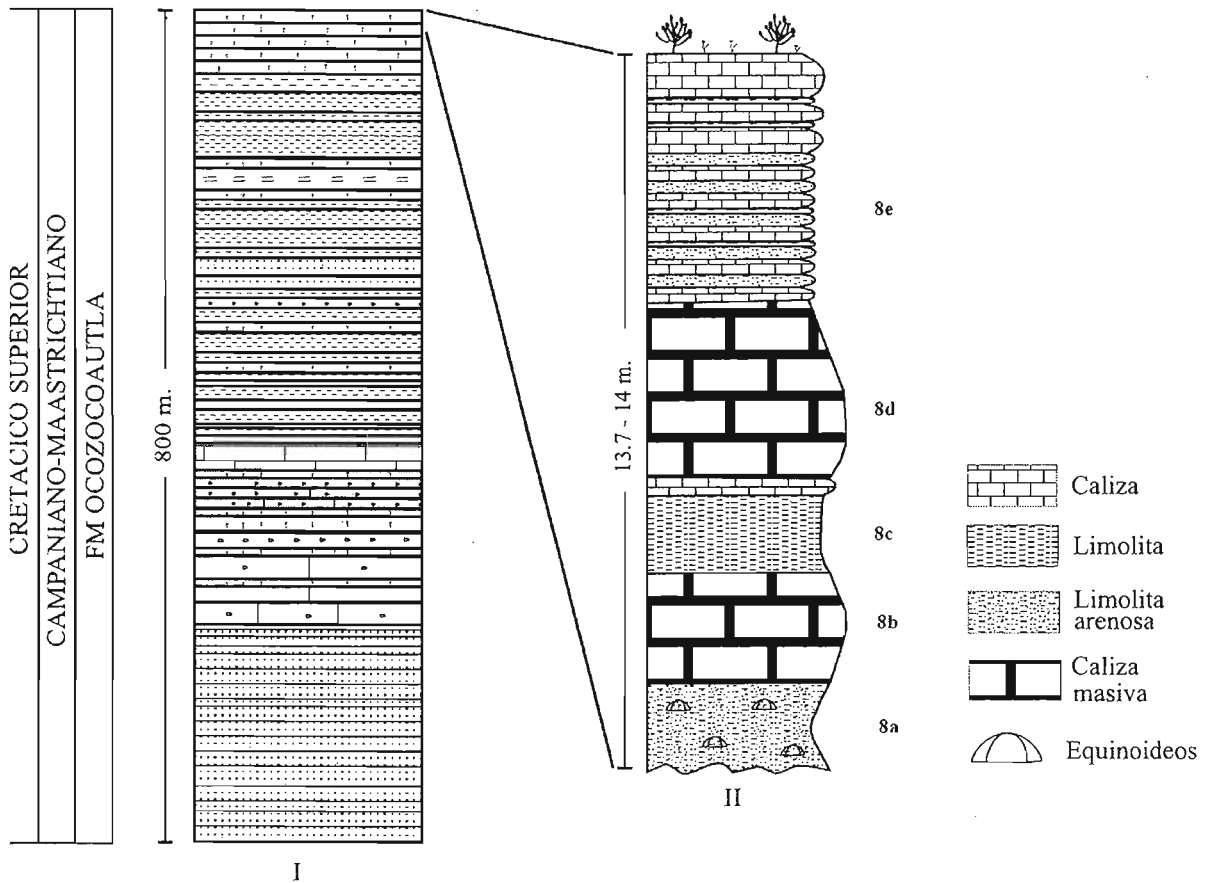


Figura 8. Ubicación de las columnas estratigráficas locales dentro de la Formación Ocozocoautla. (Tomado de García Barrera *et al*, 1998).

A continuación se describe cada uno de los estratos que componen la columna estratigráfica medida:

- 8a. Limolita arenosa fina de color gris, sin estratificación, de 1.7 m de espesor. En este estrato se colectaron además de los equinoideos para el estudio, braquiópodos, gasterópodos, pelecípodos y briozoarios, así como fragmentos de conchas de rudistas y corales (Fig. 7b).

- 8b. Caliza de color gris claro, de estratificación masiva, de 2.3 m de espesor. Contiene fragmentos de rudistas y gasterópodos.
- 8c. Limo arcilla compactada de color negro, de 1.5 m de espesor, con abundantes fósiles bien preservados de bivalvos y gasterópodos.
- 8d. Caliza de estratificación masiva, de 3.5 m de espesor, con fragmentos de rudistas, gasterópodos y corales.
- 8e. Alternancia de calizas gris claro con intercalaciones de limo arcilla. Las capas de caliza miden de 30 a 40 cm y contienen escasos fragmentos de rudistas. Las capas limo arcillosas tienen un espesor de 10 cm y contienen restos de vegetales carbonizados.

## VII. EDAD DEL AFLORAMIENTO

Omaña (1998), con base en un análisis micropaleontológico, en el cual reporta la presencia de foraminíferos como *Chubbina jamaicensis*, *Asterobis rooki*, *Vaughanina cubensis*, *Sulcoperculina dickersoni*, *S. vermunti*, *Lepidorbitoides minima* y *Homphalocyclus macroporus*, asigna una edad maastrichtiana para los depósitos de la Formación Ocozocoautla.

Según los resultados de Omaña (1998), esta parte de la Formación Ocozocoautla es del Maastrichtiano; pero con el resultado que se obtiene del análisis del alcance estratigráfico de la asociación de equinoideos aquí estudiada, se puede precisar aún más la edad.

*Orthopsis miliaris*, *Salenia (Salenia) nutrix*, *Gomphechinus collignoni*, *Lanieria lanieri*, *Gitolampas tripolitanus* presentan un alcance estratigráfico que abarca todo el Maastrichtiano (Smith, 1995; Sánchez Roig, 1949; Lambert, 1933; Sánchez Roig, 1949 y Sánchez Roig, 1949, respectivamente). *Goniopygus supremus* presenta un alcance que viene desde el Campaniano,

pero su última aparición llega hasta el Maastrichtiano temprano (Donovan, 1990). *Neotlingarster paucituberculatus* es de edad maastrichtiana temprana (Smith, 1995). *Lefortia delgadoi* presenta un alcance del Maastrichtiano temprano (Cooke, 1955). Estas dos últimas, especies por su corto alcance estratigráfico y su amplia distribución geográfica, pueden ser tomadas como fósiles índice.

Por lo tanto, tomando en cuenta las dos especies índice mencionadas y el momento de concurrencia del resto de las especies de la asociación, podemos precisar la edad como del Maastrichtiano temprano (Tabla 1).

**Tabla 1. Se muestra el alcance estratigráfico de las especies de equinoideos del afloramiento estudiado.**

	C R E T Á C I C O		
	Campaniano 83 – 71.3 m.a.	Maastrichtiano temprano 7.1- m.a.	Maastrichtiano tardío 66 m.a.
<i>Orthopsis miliaris</i>			
<i>Salenia (S) nutrix</i>			
<i>Goniopygus supremus</i>			
<i>Neotlingaster paucituberculatus</i>			
<i>Gomphechinus collignoni</i>			
<i>Lanieria lanieri</i>			
<i>Gitolampas tripolitanus</i>			
<i>Lefortia delgadoi</i>			

## VIII. PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

El material descrito se encuentra depositado en las siguientes colecciones:

Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias, UNAM (FCMP)

Instituto de Historia Natural de Chiapas (IHN)

Clase Echinoidea Leske, 1778

Orden Diadematoidea Duncan, 1889

Familia Diadematidae Peters, 1855

Género *Orthopsis* Cotteau, 1864

Especie tipo.- *Cidarites miliaris* d'Archiac, en d'Archiac y Haime, 1853, por designación original.

***Orthopsis miliaris*** (d'Archiac en d'Archiac and Haime, 1853)

Lámina 1, figura 1.

1853 *Cidarites miliaris* d'Archiac en d'Archiac y Haime, p. 179, lám. 11, fig. 8.

1864 *Orthopsis miliaris* d'Archiac; Cotteau, en Cotteau 1861-1867, p. 558, lám. 1131.

1881 *Orthopsis miliaris* d'Archiac; Peron y Gauthier, en Cotteau Peron y Gauthier, p. 169

1895 *Orthopsis morgani* Cotteau y Gauthier, p. 87, lám. 14, figs 6-9.

1897 *Orthopsis perlata* Noetling, p. 12, lám. 2, fig. 2.

1933 *Orthopsis sanfilippo* Checchia-Rispoli, p. 6, lám. 1, figs 5-15.

1935 *Orthopsis miliaris* d'Archiac; Smiser, p. 26, lám. 2, fig. 4.

1992 *Orthopsis miliaris* d'Archiac; Gallemí, p. 370, foto 21.

1993 *Orthopsis* sp. Donovan y Lewis, p. 189, fig. 1.

1995 *Orthopsis miliaris* d'Archiac; Smith, p. 136, lám. 2, figs 4-5; lám. 3, figs 1-9.

**Descripción:** Testa cilíndrica, de 20 mm de diámetro y 10 mm de alto, convexa, deprimida en la región oral. El disco apical es dicíclico, con la placa genital número 2 perforada y con el

gonoporo claramente visible. El área ambulacral es muy angosta, de la mitad del área interambulacral. Las placas ambulacrales son trigeminadas y con series de poros uniseriales. Estas placas se reducen en tamaño hacia la parte aboral; tienen tubérculos primarios poco prominentes y en series regulares. El área interambulacral presenta tubérculos primarios imperforados y rodeados de pequeños gránulos y tubérculos secundarios bien desarrollados.

**Discusión:** Este género difiere del resto de los géneros de la familia Orthopsidae y es fácilmente reconocible porque presenta, a todo lo largo de la zona ambulacral, la serie de poros estrictamente uniserial, rasgo que en el ejemplar descrito es claramente visible.

**Distribución:** Maastrichtiano de Holanda y Bélgica (Ham, 1987); Maastrichtiano temprano de Argelia (Cotteau y Gauthier, 1881) y Jamaica (Donovan y Lewis, 1993); Maastrichtiano de Baluchistán (Noetling, 1897), Emiratos Árabes Unidos (Smith, 1995), Irán (Cotteau y Gauthier, 1895), Cataluña (Gallemí, 1992), y Maastrichtiano tardío de Cuba (Sánchez Roig, 1949).

**Ejemplar:** 2790 IHN.

Subclase Endociclicloidea Bronn, 1906

Orden Calycina Gregory, 1900

Familia Saleniidae L. Agassiz, 1838

Subfamilia Saleniinae L. Agassiz, 1838

Género *Salenia* Gray, 1835

Especie tipo.- *Salenia scutigera* Goldfuss, 1829.

***Salenia (Salenia) nutrix*** Cotteau y Gauthier, 1881

Lámina 1, figura 2.

1881 *Salenia (Salenia) nutrix* Peron y Gauthier en Cotteau, Peron y Gauthier, p. 167, lám. 18, figs 4-10.

1895 *Salenia cossiae* Cotteau y Gauthier, p. 83, lám. 13, figs 13-19.

1921 *Salenia aegyptiaca* Checchia-Rispoli, p. 9, lám. 9, fig. 15.

1949 *Salenia alcadei* Sánchez Roig, p. 44, lám. 2, figs 14-17.

1967 *Salenia geometrica* Devriès, p. 167, lám. 1, fig. 1; lám 4, figs 1-3.

1995 *Salenia nutrix* Peron y Gauthier; Smith, p. 139, lám. 4, figs 7-9.

**Descripción:** La testa es de 16 mm de diámetro en el ámbito y 9 mm de altura. El disco apical es dicíclico y mide 13 mm de diámetro; la placa suranal es visible; las cinco placas genitales presentan perforaciones. Las placas oculares tienen un tamaño de poco menos de la mitad del de las placas genitales. El gonoporo no fue visible. El área ambulacral mide menos de la mitad del área interambulacral; las placas son bigeminadas; serie de 14 tubérculos primarios de un tamaño uniforme desde la superficie adoral hasta la aboral. Cada tubérculo primario con dos pares de poros; mamelón prominente, sin tubérculos internos. En el área interambulacral, son visibles los tubérculos y el mamelón (cinco pares por cada interambulacro); el tamaño de los tubérculos disminuye hacia el peristoma y el anillo escrobicular es visible.

**Discusión:** La presencia de un periprocto grande y el ancho contacto entre el periprocto y la placa ocular I, distinguen a esta especie de las otras. Sin embargo, esta forma coexiste con otras similares en las cuales la placa ocular I no está en contacto con el periprocto (como *S. geometrica*). La forma de las placas oculares y genitales es muy particular en cada especie y permite definir claramente a cada una de ellas.

**Distribución:** Cretácico Superior de Argelia (Cotteau *et al.*, 1881) y Cuba (Sánchez Roig, 1949); Maastrichtiano de Libia (Checchia-Rispoli, 1921) y Maastrichtiano medio de Emiratos Árabes Unidos (Smith, 1995).

**Ejemplar:** 2786 IHN.

Orden Arbacioida Gregory, 1900

Familia Arbaciidae Gray, 1855

Género *Goniopygus* L. Agassiz, 1838

Especie tipo.- *Goniopygus peltatus* Agassiz, 1838, por designación original.

***Goniopygus supremus*** Hawkins, 1924

Lámina 1, figura 3

1924 *Goniopygus supremus* Hawkins, p. 313, lám. 18, figs 1-2.

1927 *Goniopygus supremus* Hawkins; Arnold y Clark, p.12.

1931 *Goniopygus supremus* Hawkins; Lambert, p. 301.

1931 *Goniopygus sanchezi* Lambert, p.300, lám. 17, figs 17-18.

1934 *Goniopygus supremus* Hawkins; Weisbord, p. 16, lám. 1, figs 1-3.

1949 *Goniopygus supremus* Hawkins; Sánchez Roig, p. 50.

1949 *Goniopygus sanchezi* Lambert; Sánchez-Roig, p. 52.

1949 *Goniopygus madrugensis* Sánchez Roig, p. 53, lám. 2, figs 11-12.

1990 *Goniopygus supremus* Hawkins; Donovan, p. 205, lám. 1, figs 1-3.

1993 *Goniopygus supremus* Hawkins; Donovan, p. 97, fig. 7.

**Descripción:** La testa mide de 10 a 19 mm de diámetro en la región ambital. La altura de ésta es de 10 a 15 mm. El disco apical ocupa de 30 a 40% del diámetro de la testa. Las placas genitales forman un disco continuo dicíclico. El periprocto es de forma trigonal, bien definido, con tres tubérculos perianales. En el área ambulacral, las placas son trigeminadas de tipo Arbacioide, y de la mitad del tamaño de los interambulacros. Los tubérculos primarios ocupan más de la mitad de la placa y tienen mamelones muy prominentes que aparentemente no están perforados y que en la región ambital van aumentando de tamaño pero disminuyen hacia el peristoma y hacia el

periprocto. No hay tubérculos internos. En el área interambulacral, la cabecilla del mamelón es muy prominente y los tubérculos secundarios no presentan perforación.

**Discusión:** Su tuberculación es idéntica a la de *G. ameri*, pero difiere de ésta en que tiene las placas tetrageminadas a todo lo largo. Esta especie también se distingue fácilmente de *G. arabicus* por la falta de tubérculos secundarios interradales fuera de los tubérculos escrobiculares. En relación con esto, las placas genitales sobresalen fuertemente de las oculares.

**Distribución:** Maastrichtiano de Jamaica (Donovan, 1990) y Cuba (Sánchez Roig, 1949).

**Ejemplares:** 2887, 2888, 2889 y 2894 IHN.

Familia Stomechinidae Pomel, 1883

Género *Noetlingaster* Vredenburg, 1911

Especie tipo.- *Protechinus paucituberculatus* Noetling, 1897.

*Noetlingaster paucituberculatus* (Noetling, 1897)

Lámina 1, figura 4.

1897 *Protechinus paucituberculatus* Noetling, p. 16, lám. 2, fig. 3; lám. 3, fig. 1.

1898 *Noetlingia paucituberculatus* Noetling; Lambert, p. 126.

1901 *Noetlingia monteili* Gauthier, p. 191, lám. 3, figs 1-3.

1906 *Noetlingia boulei* Lambert, en Boule y Thévenin, p. 11, lám. 2, fig. 7.

1911 *Noetlingaster paucituberculata* Noetling; Vredenburg, p.46.

1930 *Noetlingaster millosevichi* Checchia-Rispoli, p. 14, lám. 2, figs 1-2; lám. 4, figs 3-4.

1930 *Noetlingaster sanfilippoi* Checchia Rispoli, p.6, lám. 1, fig. 1; lám. 3, fig. 2; lám. 4, fig. 2.

1930 *Noetlingaster lamberti* Checchia Rispoli, p. 20, lám. 1, fig.2.; lám. 3, fig. 1; lám. 4, fig.1.



**Descripción:** Se encuentra preservado sólo un fragmento de una testa, en el cual son bastante claras tanto el área ambulacral como la interambulacral. El área ambulacral está conformada por placas alargadas con 6-8 tubérculos primarios que se encuentran arreglados sobre una misma línea, además de estar imperforados. El arreglo de los tubérculos primarios en el área interambulacral es muy semejante a la ambulacral, pero la primera tiene una serie de tubérculos ligeramente más pequeños.

**Discusión:** Las especies de este género se separan entre sí con base en el número de tubérculos desarrollados en las placas interambulacrales. Para este ejemplar, en el que sólo se preserva un fragmento, se le pudo asignar el género e incluso la especie por lo característico del arreglo de los tubérculos en las placas.

**Distribución:** Maastrichtiano de Pakistán (Noetling, 1897), Argelia (Gauthier, 1901); Libia (Checchia-Rispoli, 1930), y Emiratos Árabes Unidos y Omán (Smith, 1995).

**Ejemplar:** Un solo fragmento. 2374 IHN.

Orden Phymosomatoida Mortensen, 1904

Familia Stomopneustidae Mortensen, 1904

Género *Gomphechinus* Pomel 1883

Especie tipo.- *Leiosoma selim* Peron and Gauthier, in Cotteau y Gauthier, 1881, por monotypia.

*Gomphechinus collignoni* Lambert, 1933

Lámina 2, figura 1.

1933 *Gomphechinus collignoni* Lambert, p. 15, lám. 2, figs 1-3.

**Descripción:** La testa está comprimida; mide 25 mm de diámetro en la parte del ámbito y 11 mm en la parte más alta. El disco apical mide 8 mm de diámetro; es grande y abierto en forma

pentagonal. No se encontraron preservadas las placas oculares ni las placas genitales. El área ambulacral presenta cuatro pares de poros por cada placa. Generalmente es poligeminado; las placas son uniseriales en el ámbito y biseriales hacia la parte aboral y oral. Los tubérculos son prominentes y ocupan la mitad de cada placa. En el área interambulacral, tiene tres tubérculos primarios por cada placa. La sutura perirradial se presenta en forma de zig zag y se encuentra bien marcada, formando una alternancia entre las placas. Los tubérculos primarios son prominentes e imperforados, y el peristoma abarca un diámetro de la mitad de la testa.

**Discusión:** Es muy similar a *Plistophyma cubense*, ya que presenta tres tubérculos primarios iguales en la placa ambital interambulacral; sin embargo, difiere en la estructura ambulacral, predominantemente tetrageminada en el ámbito y adoralmente trigeminada y con fuertes filodios. No obstante el número de tubérculos interambulacrales es como en *P. cubense*.

**Distribución:** Maastrichtiano de Madagascar (Lambert, 1933).

**Ejemplares:** 2794 y 2795 IHN.

Orden Holectypoida Duncan, 1889

Familia Holectypidae Lambert, 1900

Género *Lanieria* Duncan, 1889

Especie tipo.- *Echinoconus lanieri* Cotteau, 1881, por designación original.

***Lanieria lanieri*** (Cotteau, 1881)

Lámina 2, figura 2.

1881 *Echinoconus lanieri* Cotteau, p. 11, lám. 1, figs 7-13.

1889 *Lanieria lanieri* (Cotteau); Duncan, p. 158.

1897 *Echinoconus lanieri* (Cotteau); Egozcue, p. 19, lám. 2, figs 7-13.

1913 *Lanieria lanieri* (Cotteau); Hawkins, p. 200.

1922 *Lanieria lanieri* (Cotteau); Jackson, p. 28, lám. 2, figs 2-5.

1926 *Lanieria lanieri* (Cotteau); Sánchez Roig, p.45

1949 *Lanieria lanieri* (Cotteau); Sánchez Roig, p. 61.

**Descripción:** La testa es pequeña y, aunque es esférica, es ligeramente más ancha que larga. Alcanza 12 mm de diámetro en el ámbito y de altura llega hasta los 10 mm. El disco apical está desgastado, pero el gonoporo es visible. El área ambulacral es más pequeña que la interambulacral; midiendo por lo general, mide menos de la mitad de esta área. Los pares de poros que presenta son uniseriales. Las placas son compuestas de tipo pirinoide. El área interambulacral tiene pequeños tubérculos que están imperforados. El periprocto no está preservado debido a una fractura del ejemplar, y, pese a que éste es un elemento diagnóstico se puede identificar la especie gracias a sus placas ambulacrales tan particulares.

**Discusión:** *Lanieria* se parece a *Coenholectypus*, pero tiene una placa pirinoide extendida aboralmente casi hacia el ápice. Podría estar más estrechamente relacionada con *Discooides* que a *Coenholectypus* pero carece de estructuras internas para establecer estas afinidades. Duncan (1889) lo eleva a género por la presencia de las placas pirinoides.

**Distribución:** Maastrichtiano de Cuba (Cotteau, 1881).

**Ejemplar:** 3774 IHN.

Orden Cassiduloida Claus, 1880

Familia Echinolampidae Gray, 1851

*Gitolampas* Gauthier, 1889

Especie tipo.- *Pliolampas tunetana* Gauthier, 1889, por designación original.

***Gitolampas tripolitanus*** (Krumbeck, 1906)

Lámina 2, figura 4.

1906 *Pygorhynchus tripolitanus* Krumbeck, p. 89, lám. 7, fig. 5.

1921 *Botriopygus tripolitanus* (Krumbeck); Checchia-Rispoli, p. 303, lám. 1, figs 4-5.

1933 *Gitolamas lamberti* Checchia-Rispoli, p. 17, lám. 2, figs 13-16.

1939 *Gitolamas lamberti* Checchia-Rispoli, Airaghi, p. 260.

?1949 *Procassidulus minutus* Sánchez Roig, p. 133, lám. 17, figs 8-11.

**Descripción:** La testa es de contorno ovalado y es más larga que ancha; su altura es de 10 a 15 mm y el ancho es de 9 a 12 mm; es subcónica; la superficie aboral está ligeramente aplanada. El ambulacro III es ligeramente más largo que el resto de los pétalos y éstos son de forma ligeramente ovalada, dispuestos hasta a un tercio de distancia del ámbito. El peristoma anterior es de forma pentagonal. Los filodios son ligeramente ovalados y presentan una serie de 12 poros externos y una serie interna de tres poros.

**Discusión:** Es muy similar a *G. oblongus* en apariencia, pero difiere en la posición del peristoma; además, presenta los filodios bien desarrollados y más arqueados.

**Distribución:** Cretácico Superior de Loma Cantabria, Cienfuegos y Barrio de Agua, Cuba (Sánchez Roig, 1949).

**Ejemplares:** 2916, 2917, 2919 y 2920 IHN.

Familia Faujasiidae Lambert, 1905

Género *Lefortia* Cossmann, 1901

Especie tipo.- *Pomelia delgadoi* de Loriol, 1873, por designación original.

*Lefortia delgadoi* Cossmann 1901

Lámina 2, figura 3

1901 *Lefortia delgadoi* Cossmann, p.58.

1901 *Pomeliopsis delgadoi* de Lorient, p. 45.

**Descripción:** La testa mide 20 mm; presenta una forma pentagonal con el ápice alto. El sistema apical es tetrabasal y está ligeramente dirigido hacia la región anterior de la testa. Los pétalos llegan hasta la región ambital y se abren a la mitad de su longitud, pero terminan cerrándose al final. El floscele se encuentra dirigido más hacia la parte anterior. Los burreletes son muy prominentes. Presenta los filodios muy marcados, con 8 a 10 poros muy visibles. El periprocto es marginal y longitudinal

**Discusión:** Difiere de las especies de *Faujasia* porque tienen el periprocto ligeramente alargado. Es muy similar a *Gitolampas tripolitanus* en su forma pero difiere de esta especie porque tiene mucho más desarrollados los pétalos y los anteriores son más cortos que los pétalos posteriores, además de que presenta una forma más redondeada de la testa.

**Distribución:** Maastrichtiano temprano de Mississippi, USA (Cooke, 1955).

**Ejemplares:** 1057 IHN.

Orden Spatangoida Claus, 1876

Suborden Hemiasterina Fischer, in Moore, 1966

Familia Hemiasteridae Clark, 1917

Género *Hemiaster* Agassiz, in Desor, 1847

Especie tipo.- *Spatangus bufo* Brogniart, en Cuvier, 1822,

***Hemiaster* sp**

Lámina 3, figura 1.

**Diagnosis:** Testa de ovalada a circular, ligeramente globular. Los ambulacros son impares en la región aboral. Pétalos ambulacrales pareados, ligeramente curvados y paralelos. Sistema apical

entomofracto, en una posición de 45-65% de margen anterior de la testa. Peristoma en posición de 20-25% del margen anterior. Fasciola peripetálica fuertemente mellada entre los pétalos.

**Descripción:** Testa de 15 a 22 mm de largo, ligeramente truncada en la región posterior; forma semicircular a ovalada. El disco apical se encuentra muy deteriorado y solo se distinguen los poros genitales. Los pétalos I y V están pareados y son de la misma longitud, ligeramente curvados y paralelos, de casi la mitad de los pétalos II y IV, que son a su vez pareados y ligeramente más cortos que los del pétalo III. El peristoma es pequeño, en posición anterior. El periprocto es grande y ligeramente ovalado; se encuentra situado en el ámbito en la región posterior.

**Discusión:** Por la forma de la testa y por el tamaño y la forma de los pétalos, es posible la asignación al género *Heteraster* de los ejemplares descritos, pero la falta de disco apical no permite la asignación de la especie.

**Distribución:** Ese género tiene una distribución cosmopolita durante el Cretácico Tardío.

**Ejemplares:** 2789 y 2792 IHN.

## IX. DISTRIBUCIÓN DE LA FAUNA

Los géneros *Noetlingaster*, *Gomphechinus*, *Gitolampas* y *Lefortia* se reportan por primera vez para México; éstos previamente se habían reportado para el Cretácico de Norteamérica, Europa y Asia (Buitrón, 1968). Los géneros *Orthopsis*, *Salenia*, *Goniopygus*, *Lanieria* y *Heteraster* ya habían sido reportados anteriormente para México (Maldonado-Koerdell, 1950; Schlüter, 1883; Jones, 1938; Cotteau, 1890; y Adkins, 1928, respectivamente), y se encuentran distribuidos en todo el Cretácico de Norteamérica, Europa y Asia.

Buitrón (1974) realizó un trabajo en el que reporta dos especies de la familia Conulidae en la Formación Ocozocoautla. Desde entonces no se había reportado ningún nuevo hallazgo de

equinoideos, por lo que todas las especies descritas en el presente trabajo se reportan por primera vez para México. Cabe resaltar que la especie *Noetlingaster paucituberculatos* sólo se había reportado para Asia (Noetling, 1897; Checchia Rispoli, 1930; y Smith, 1995); el presente reporte es el primero de esta especie para América.

A nivel específico, la fauna de equinoideos de la Formación Ocozocoautla descrita en este trabajo, presenta una distribución restringida al Cretácico Tardío de la Subprovincia Caribeña del Dominio del Tethys, que comprende el Sur de México, América Central y las Islas del Caribe (Alencáster, 1990) (Fig. 9).

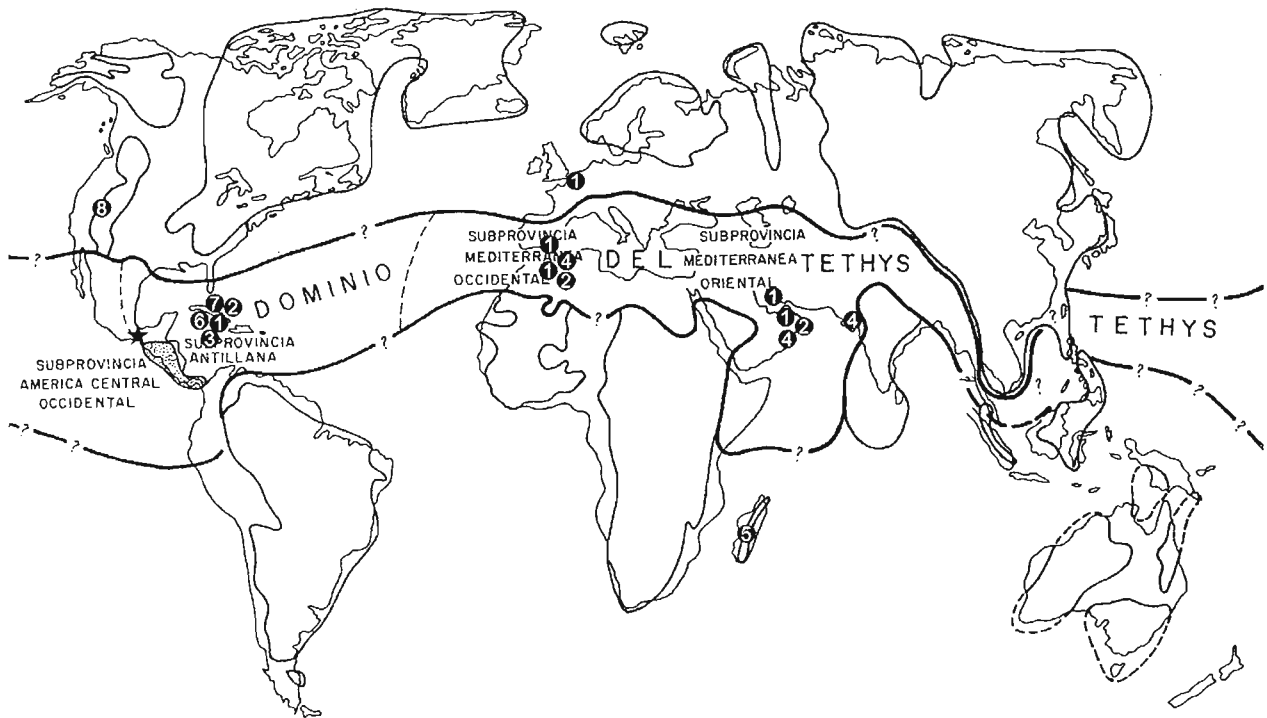


Figura 9. Mapa que muestra el Dominio del Tethys durante el Cretácico y la distribución de las especies de equinoideos. (1) *Orthopsis miliaris*; (2) *Salenia (S) nutrix*; (3) *Goniopygus supremus*; (4) *Noetlingaster paucituberculatus*; (5) *Gomphechinus collignoni*; (6) *Lanieria lanieri*; (7) *Gitolampas tripolitanus*; (8) *Lefortia delgadoi* (Modificado de Alencáster, 1990).

## X. ASPECTOS TAFONÓMICOS

Los resultados del análisis tafonómico de los ejemplares recolectados fueron integrados en la tabla 2, en la que se resumen los principales parámetros que se tomaron en cuenta para dicho fin. A continuación se muestra dicha tabla.

Tabla 2. Resultados tafonómicos. (C) completa; (F) fragmentada; (P) presente; (A) ausente.

Especie	Número de ejemplares	Concha		Radiolas		Disco apical		Posición con respecto al sustrato	Grado de conservación
		C	F	P	A	P	A		
<i>Orthopsis miliaris</i>	1	*			*	*		rodado	excelente
<i>Salenia (Salenia) nutrix</i>	4	*			*	*		100% Boca horizontal al sustrato	Excelente
<i>Goniopygus supremus</i>	6	*			*	*		100% Boca no horizontal al sustrato	Excelente
<i>Noetlingaster paucituberculatus</i>	1	*			*		*	rodado	distorsionado
<i>Gomphechinus collignoni</i>	1	*			*	*		50% Boca no horizontal al sustrato y 50% boca horizontal al sustrato	Excelente
<i>Lanieria lanieri</i>	6	*			*	*		100% Boca horizontal al sustrato	Excelente
<i>Gitolampas tripolitanus</i>	20	*			*	*		85% Boca horizontal al sustrato	Excelente
<i>Lefortia delgadoi</i>	1	*			*	*		100% Boca horizontal al sustrato	Excelente
<i>Heteraster</i> sp.	2	*			*	*		rodados	malo



Los resultados mostrados en la tabla 2 nos permitirán reconocer cuáles de los ejemplares encontrados pueden ser autóctonos y cuáles pueden ser alóctonos, y con ello, determinar si la asociación en estudio se encuentra fosilizada *in situ* o sufrió algún tipo de transporte antes de su fosilización.

Al analizar estos datos, podemos discutir que en *Salenia (Salenia) nutrix* y *Goniopygus supremus* cuyo estilo de vida era epibentónico, se reduce la posibilidad de una fosilización *in situ*. Se puede determinar en este caso que los ejemplares de estas dos especies sufrieron transporte y que no están fosilizadas *in situ*. Pero la buena preservación de su testa y sobre todo el hecho de que en todos los ejemplares se encuentre intacto y muy bien preservado su disco apical, indican que el grado de transportación fue muy escaso. Cabe recordar que una de las partes más frágiles y que primero se pierde en los equinoideos es este disco apical. De igual manera, para *Orthopsis miliaris* también se infiere poca transportación.

Para el caso de *Gitolampas tripolitanus*, que es una especie que presenta un hábito de tipo endobentónico, la posibilidad que tiene de fosilizarse *in situ* es mayor en relación con las otras especies epibentónicas. En este caso, el 100% de los ejemplares que se colectaron directamente de las capas fueron hallados con el peristoma hacia abajo y paralelo a la base de las capas, lo que nos permite sugerir que mantuvieron su posición de vida y, por consiguiente, es posible que se encuentren fosilizados en el mismo lugar en el que vivieron. Aunque el hecho de encontrarlos sin radiolas podría indicarnos una transportación, la posición de vida en que se encontraron y el perfecto estado de conservación de la testa, sugieren que el transporte fue muy escaso. Un dato más que aporta el hecho de no estar eleccionados por tamaños, es que muy probablemente se estén presentando varios estadios de desarrollo de esta especie, lo que brinda la posibilidad de tener reflejada una parte la población.

Los resultados de estado de preservación, diversidad de tamaño y posición de los ejemplares con respecto a las capas que presenta la especie *Lanieria lanieri*, son muy semejantes a *G. tripolitanus*, y es muy probable que esta especie también se encuentre fosilizada en el mismo lugar en el que vivió. Sin embargo, la posibilidad de esto es un poco menor a la especie anterior, debido a que *L. lanieri* vivía sólo parcialmente enterrada en el sedimento.

Otra de las especies en la que también se puede proponer una fosilización *in situ* es *Lefortia delgadoi*, por presentar hábito endobentónico, además de encontrarse en posición de vida y excelente estado de conservación de su testa.

*Neotlingaster paucituberculatus* es el único ejemplar que presenta una deformación muy grande de su testa, pero esta se encuentra completa. Carece de radiolas y disco apical, y está incompleta, por lo que se puede sugerir un grado de transportación muy grande con respecto a los ejemplares del resto de la asociación.

#### **a) Tipo de asociación**

Existen importantes evidencias tafonómicas, como el excelente estado de conservación de la testa y su preservación en posición de vida, que nos indican que especies como *G. tripolitanus* y *Lefortia delgadoi* están fosilizadas *in situ*. Esta idea puede ser reforzada si tomamos en cuenta el hábito endobentónico, que les da una posibilidad aún mayor al encontrarse de antemano dentro del sedimento. Además, se han realizado trabajos en equinoideos irregulares actuales en los que se demuestra la importancia que tienen las modificaciones de las áreas ambulacrales e interambulacrales para poder habitar un cierto tipo de sustrato y así determinar con mayor certeza si están fosilizados *in situ* o si son transportados (Kanazawa, 1995; Carter, 1997).

El reflejo de estas modificaciones de los pies se denota claramente en la testa por medio de los pares de poros, los cuales son más bien ovalados en el caso de aquellos equinoideos que

tienen preferencia por un sustrato en el cual el tipo de grano corresponde a un sedimento arenoso (McKenney, 1988), como es el caso de los Cassiduloideos a los que pertenecen *G. tripolitanus* y *Lefortia delgadoi*. De este modo, el tipo de sustrato arenoso que estas especies prefieren coincide con el tipo de roca en el cual fueron encontradas, por lo cual es mayor la posibilidad de una fosilización *in situ*.

En el caso de especies como *Salenia (Salenia) nutrix*, *Goniopygus supremus*, *Lanieria lanieri*, *Orthopsis miliaris*, *Noetlingaster paucituberculatus* y *Gomphechinus collignoni*, la evidencia tafonómica nos indica que se trata de ejemplares alóctonos. Esto se refuerza con los hábitos epibentónicos que presentan, lo cual reduce las posibilidades de fosilizarse *in situ*.

Analizando lo anterior, observamos que la asociación estudiada está conformada por elementos autóctonos y elementos alóctonos, por lo que se podría considerar como una asociación indígena (Raup y Stanley, 1978).

Adecuando los resultados de los ejemplares en estudio con los datos que se han obtenido en estudios con equinoideos recientes (Brett *et al.*, 1997), podemos decir que la asociación de fósiles encontrada está representada en la categoría de tipo 2 para el caso de los equinoideos regulares (Fig. 9), en el que se observan testas completas sin ninguna fragmentación, y en la de tipo 3 de desarticulación para los equinoideos irregulares (Fig. 9) por la preservación completa de su testa. Estos datos sugieren la posibilidad de que el tiempo que tardaron en depositarse los organismos estudiados en este trabajo fue de 1 día a dos semanas como máximo. Esto indica que, aun cuando existe transporte de una parte del material, éste no debió haber sido muy grande y, por lo tanto, los organismos se fosilizaron muy próximos al ambiente en el que originalmente vivieron.

## **b) Aspectos palinológicos**

Un factor que consideramos importante para complementar la información sobre el ambiente de depósito, fue el análisis de palinomorfos contenido en las rocas de donde provenían los equinoideos estudiados, ya que la presencia de éstos en los sedimentos puede contribuir a un mejor y más completo análisis de los mismos (Tyson, 1993). Aunque son diversas y complejas las variables que intervienen en la formación de los sedimentos, con un adecuado muestreo, una buena cuantificación y determinación de los palinomorfos, es posible determinar, entre otras cosas, la magnitud y localización del aporte de terrígenos, así como caracterizar el ambiente de depósito en términos de salinidad, oxigenación, productividad y estabilidad de la columna de agua.

Los resultados de este análisis muestran una fuerte influencia de terrígenos, reflejada en un alto contenido de materia orgánica (kerógeno) y de esporomorfos (Fig. 10). Esto nos indica una proximidad al lugar en donde se produjeron los palinomorfos (Tyson, 1993).

La asociación, al estar particularmente dominada por esporomorfos y a los altos porcentajes de éstos, puede indicar la posibilidad de un ambiente de baja energía y una relación con áreas de alta productividad primaria (Tyson, 1993).

Uno de los esporomorfos más abundantes en las muestras es el grano asignable al género *Classopollis*. Estos tipos de granos son anemófilos y se pueden depositar cerca de la planta que los produce (Srivastava, 1976) (Fig. 11).

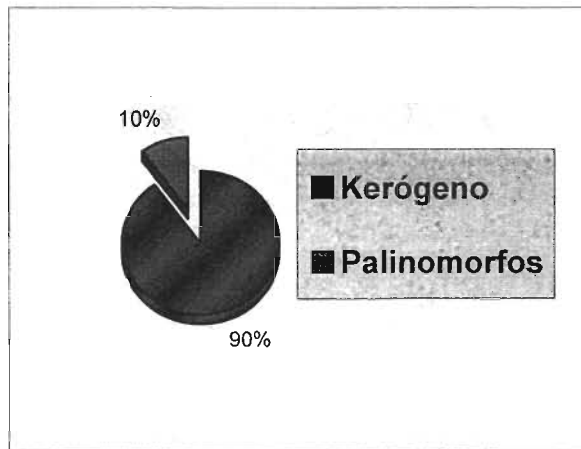


Figura 10. Se muestra el porcentaje de kerógeno vs palinomorfos encontrados en el sedimento.

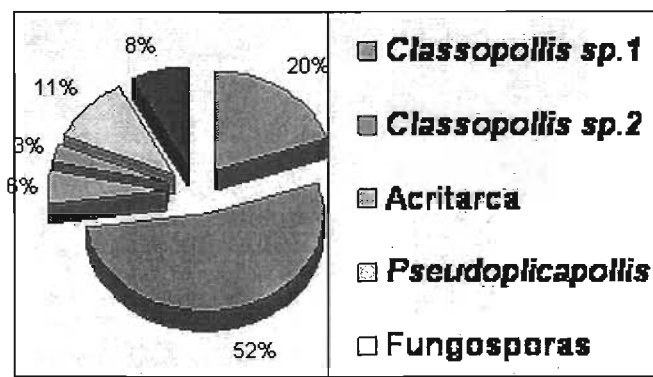


Figura 11. Porcentaje de *Classopollis* con respecto al resto de palinomorfos encontrados en el sedimento.

Además, la naturaleza del grano de *Classopollis* (Lámina 3, Fig. 2) no es la adecuada para ser transportada a grandes distancias, por lo que es de suponer que las plantas que producen este tipo de grano se encuentran en un ambiente costero (Wall, 1965). Las plantas que produjeron *Classopollis* están dentro del grupo de las Cheirolepidaceae (coníferas), que se distribuyen

ampliamente durante el Mesozoico y se extinguen a finales del Cretácico. Este grupo de plantas ocupaba el mismo nicho ecológico que ocupan actualmente los manglares, (esto es, en la línea de costa), lo que refuerza la idea del depósito cercano a este ambiente (Srivastava, 1976).

La asociación aquí encontrada es una asociación mixta compuesta por elementos marinos, como acritarcas y dinoflagelados, y por elementos continentales tales como esporas, polen, fitoclastos y fragmentos de anteras.

Debe considerarse que los palinomorfos, debido a la densidad que presentan, al grosor de sus paredes y a la forma de su grano, actúan hidrodinámicamente de forma semejante a los granos de tamaño medio de limo, por lo que se pueden depositar en facies arcillosas, limosas y arenas finas.

Con los elementos anteriores se puede indicar que se trata de un ambiente marino cercano a la línea de costa, de baja energía y bien oxigenado.

## **XI. PALEOAMBIENTE**

La Formación Ocozocoautla había sido definida como un depósito de plataforma (Chubb, 1959). El tipo de sedimentos y los organismos encontrados en estas capas aparentemente contradicen lo propuesto por este autor. Sin embargo al realizar una prospección por los lugares aledaños y relativamente cercanos al área de estudio (15-20 km), pudimos percatarnos de estos arrecifes, que están conformados principalmente por rudistas, además de otros moluscos y corales. Pero el tamaño y forma de éstos no son propios de un verdadero arrecife, se trata en realidad de manchones de gran tamaño bien establecidos, y no de una verdadera plataforma. En la localidad del kilómetro 15, este parche arrecifal se pierde totalmente, y hay un cambio de facies en donde hay un gran aporte de sedimentos terrígenos y que permiten el establecimiento de

organismos con hábitos bentónicos. Tal es el caso de los equinoideos, que se encuentran asociados a otro tipo de organismos, como braquiópodos y moluscos.

Utilizando como base los aspectos sobre preferencias del sustrato que tienen algunos equinoideos, sus hábitos, el análisis tafonómico y palinológico, proponemos que algunas de las características del ambiente de depósito son:

- a) Al encontrarse elementos autóctonos y alóctonos, se sugiere una asociación indígena.
- b) Tomando en cuenta los granos de polen referidos al género *Classopollis*, podemos inferir una cercanía a la línea de costa, que se confirma con la presencia de especies como *Salenia*, *Goniopygus* y *Gomphechinus*, las cuales se encontraban habitando en lugares muy próximos a la costa.
- c) Considerando que la preservación de las testas de equinoideos depende directamente de la temperatura del agua, se sugiere que ésta debió estar alrededor de los 23°C, ya que en este tipo de aguas las testas tienen mayores probabilidades de conservarse articuladas, como es el caso de todos los ejemplares aquí encontrados.
- d) Asimismo, por el análisis de los palinomorfos en general, el ambiente de depósito era de baja energía, bien oxigenado y con una alta productividad primaria.

## XII. CONCLUSIONES

- El estudio realizado da como resultado un total de 9 especies pertenecientes a los órdenes Diadematoida, representado por la familia Diadematidae donde se ubica la especie *Orthopsis miliaris*. El Orden Calycina con la familia Seleniidae en donde se ubica la especie *Salenia (Salenia) nutrix*. En el orden Arbacioida representado con la familia Arbaciidae en donde se ubica a las especies *Goniopygus supremus* y *Noetlingaster paucituberculatus*. El orden Phymosomatoida con la familia Stomopneustidae en donde se encuentra la especie *Gomphechinus collignoni*. El orden Holoctypoida con la familia Holoctypidae en donde se encuentra la especie *Laineria laineri*. El orden Cassiduloida representado por las familias Nucleolitidae y Echinolampidae en donde se encuentra las especies *Gitolampas tripolitanus*, y *Lefortia delgadoi*. Y finalmente el orden Spatangoida con la familia Hemiasteridae en donde se ubica el género *Hemiaster*.
- La asociación de equinodermos permite confirmar la edad del afloramiento para el Maastrichtiano temprano.
- Todas las especies aquí descritas son reportadas por primera vez para México.
- Se reporta por primera vez a para América la presencia de *Noetlingaster paucituberculatus* y *Gomphechinus collignoni*.
- Los elementos palinológicos, aunados a los elementos morfológicos y biológicos de los organismos nos permiten decir que el ambiente de depósito se encontraba en un mar cálido, somero de baja energía cercano a la línea de costa.
- El conjunto de especies tiene una distribución Tethysiana y en particular dentro de la Subprovincia Caribeña.
- La asociación encontrada puede ser clasificada como una asociación de tipo indígena.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agassiz, L. 1838. Monographies d' Echinodermes vivans et fossils. Première monographie: des Salénies. Neuchâtel, 32pp., 5 pls.
- Adkins, W.S. 1928. Handbook on the Cretaceous fossils. *Texas University Bulletin*, 2838: 385, 37 pls.
- Airagui, C. 1934. Echinidi Paleogenici Della Sirtica e del Fezzan Orientale. *Missione Scientifica Della Reale Accademia d'Italia a Cufra*, 3: 61-81, pl. 5.
- Alencáster, G. 1990. Los rudistas: origen, diversificación, provincialismo en Eurasia y en América y extinción. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 3: 47-65.
- Archiac, V.D'and Haime, J. 1853. Description des animaux fossiles du groupe nummulitique de l'Inde. *Paris, Gide & Baudry*, 373 pp., 36 pls.
- Arnold, B.W. and Clark, H.L. Jamaican fósil Echini. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology, Harvard Collage*, 50: 1-84, pls. 1-22.
- Benton, M and D. Harper. 1997. Basic Palaeontology. Longman Ed. Inglaterra. 342 pp.
- Brett, C.E., A.M. Heather and W. Taylor. 1997. Echinoderm Taphonomy, Taphofacies, and Largestätten. *Paleontological Society Papers* 3:147-190.
- Bronn, 1906. *Lethaea geognostica*, 3<sup>e</sup> édit., t. II, p.144, pl. XVII, fig. 7, 1851.
- Buitrón, S.B. 1968. Catálogo de equinoides fósiles de México. *Paleontología Mexicana*, 26. 50 pp.
- Buitrón, S.B. 1974. Algunas especies de la Familia Conulidae Lambert, 1911 (Echinoidea) del Cretácico Superior de Chiapas. *Paleontología Mexicana*, 39: 5-27.
- Carter, D.E. 1997. Inferring substrate preferences from test morphology in echinoids, and interpreting spatial and temporal patterns of diversity. *Paleontological Society Papers*, 3:121-145.
- Callerder, W.R., E.N. Powell, G.M. Staff, and D.J. Davies. 1992. Distinguishing autochthony, parautochthony and allochthony using taphofacies analysis: can cold seep assemblages be discriminated from assemblages of the nearshore and continental shelf. *Palaios*, 7: 409-421.
- Checchia-Rispoli, G. 1921. Fauna del Neocretacico della Tripolitania: Echinidi. *Memorie per Servire alla Descrizione della Carta Geologica d'Italia*, 2:1-31, pls. 7-9.

- Checchia-Rispoli, G. 1930. Sul genere 'Noetlingaster' Vredenburg. *Bolletino del Reale Ufficio Geologico d'Italia*, 10: 1-24, pls. 1-4.
- Checchia-Rispoli, G. 1933. Echinidi Cretacei della Tripolitania. *Bollettino del Reale Ufficio Geologico d'Italia*, 9: 1-14, pls 1-2.
- Chubb, L. J. 1959. Upper Cretaceous of Central Chiapas, Mexico. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 53:725-756.
- Clark, H. L. 1917. Hawaiian and other Pacific Echini. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology*, 2:81-284, pls. 144-161.
- Clarkson, E.N.K. 1993. Invertebrate Palaeontology and Evolution. Chapman and Hall, London. 434 pp.
- Claus, C. F. W. 1876-1880. Grundzüge der Zoologie. N.G. Elwert, Marburg and Leipzig. 3<sup>rd</sup> edition, 1254 pp. (1876): 4<sup>th</sup> edition, 2, 522pp. (1880)
- Cooke, C. W. 1955. American Upper Cretaceous Echinoids from the Americas. *Professional Papers of the United States Geological Survey*, 264-E: 87-112.
- Cotteau, G. 1861-1867. Paléontologie Française. Terrains crétacés. Tome VII, Échinides. Paris, Masson, 892 pp., pls. 1007-1204.
- Cotteau, G. 1866. Échinides nouveaux ou peu connus. *Revue et Magazin de Zoologie*. Series 2, 18:201-209.
- Cotteau, G. 1881. Description des échinides fossiles d'île de Cuba. *Annales de la Société Géologique Belgique*, 9:1-49, pl 1-4.
- Cotteau, G. 1890. Note sur quelques échinides du terrain crétacé de Mexique. *Bulletin de la Société Géologique de France, Paris*, sér. 3, 18: 292-299, pls. 1-2.
- Cotteau, G. and Gauthiere, V. 1895. Mission scientifique en Perse par J.de Morgan, tome 3. Etudes géologiques, partie 2-paléontologie: Première partie. Échinides fossiles. E. Leroux, Paris, 142 pp., 16 pls.
- Cotteau, G., Peron, P.A. and Gauthier, V. 1881. Échinides fossiles de l'Algérie: Fascicule 7: Étage Sénonien. *Masson, Paris*: 1-197, pls 1-20.
- Couvier, G.L.C.F.D. and Brongniart, A. 1822. Description géologique des environs de Paris. *Paris*, 428 pp., 16 pls.
- Desor, E. 1847. Sur quelques oursins fossiles de la Patagonie. *Bulletin de la Société Géologique de France, Paris*, 2:4.

- Devries, A. 1967. Études sur des échinides fossiles de Turquie. *Travaux de l'Institut de Géologie et d'Anthropologie Préhistorique de la Faculté des Sciences de Poitiers*, 8: 161-200, pls. 1-6.
- Donovan, S.K. 1990. Jamaican Cretaceous Echinoidea. 2. *Goniopygus supremus* Hawkins, 1924, *Heterosalenia occidentalis* Hawkins, 1923, and a comment on *Trochalosoma chondra* (Arnold & Clark, 1927). *Mesozoic Research*, 2: 205-217, 3 pls.
- Donovan, S.K. 1991. The taphonomy of echinoderms: calcareous multi-element skeletons in marine environment, In S.K. Donovan (ed.), *The Processes of Fossilization*. Belhaven Press, London. p. 241-269.
- Donovan, S.K. and Lewis, D.N. 1993. The H. L. Hawkins Collection of Caribbean fossil echinoids: Annotated catalogue of rediscovered specimens from the University of Reading, England. *Caribbean Journal of Science*, 29:186-201.
- Duncan, P.M. 1889. A revision of the genera and great groups of the Echinoidea. *Journal of Linnean Society of London; Zoology*, 23:1-311.
- Egozcue, J. 1897. Descripción de los equinoides fósiles de la isla de Cuba. Compilación Mapa Geológico. *Boletín de España*, 22: 1-99.
- Feldmann, R., F. Vega, A.B. Tucker, P. García-Barrera, and J. Avendaño. 1996. The oldest record of Lophoranina (Decapoda: Ranninidae) from the Late Cretaceous of Chiapas, Southeastern Mexico. *Journal of Paleontology*, 70(2): 296-303.
- Flessa, K. W. and T. J. Brown. 1983. Selective dissolution of macrovertebrate calcareous hard parts. *Lethaia*, 16: 193-205.
- Gallemi, J. 1992. Los yacimientos con equinidos del Cretácico Superior del Prepirineo de la provincia de Lleida. Tesis Doctoral Inédita, Universitat Autònoma de Barcelona, 429 pp.
- García-Barrera, P., J. Avendaño, L. Omaña and G. Alencáster, 1998. *Antillocaprina trilobata* no. sp. and Upper Cretaceous associated fauna from Chiapas, Southeast Mexico. *Geobios*, 22: 125-135.
- Gauthier, V. 1889. Description des Échinides fossiles recueillis en 1885 et 1886 dans la région sud des Hautes-Plateaux de la Tunisie par M. Philippe Thomas. Exploration scientifique de la Tunisie. Imprimerie Nationale, Paris, 116 pp., 32 pls.
- Gauthier, V. 1901. Contribution à l'étude des échinides fossiles, VI. Genre *Noetlingia*, Lambert, 1898. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 4th series, 1: 189-192, pl. 3.

- Goldfuss, G.A. 1829. Petrefacta Germaniae tam ea quae in Museo Universitatis Regiae Borussicae Friderisiae Rhenanae servantur quam alia quaequumque in Museis Hoeninghusiano aliisque extant Iconibus et Descriptionibus illustrata. 1. Arnz and Co., Düsseldorf, 252 pp., 71 pls.
- Gray, 1835. On the Genera distinguishable in *Echinus*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, III.
- Gray, J. E. 1851. New genera and species of Scutellidae and Echinolampidae. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 19: 34-38.
- Gray, J. E. 1855. Catalogue of the Recent Echinida, or sea eggs, in the collection of the British Museum 1: Echinida Irregularia. Woodfall & Kinder, London, 69 pp., 6 pls.
- Greenstein, B. J. 1991. An integrated study of echinoid taphonomy: predictions for the fossil record of four echinoid families. *Palaios*, 6: 519-540.
- Gutiérrez-Gil, R. 1956. Geología del Mesozoico y Estratigrafía Pérmica del Estado de Chiapas, p. 15-25. En Excursión C-15 del Congreso Geológico Internacional. México.
- Gregory, J. W. 1900. The Maltese fossil Echinoidea and their evidence on the correlation of the Maltese Rocks. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 55:585-639, pls 1-2.
- Ham, R.W.J.M. van Der. 1987. Echinoids from Early Palaeocene (Danian) of the Maastricht area (NE Belgium, SE Netherlands): preliminary results. *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie*, 25:127-161, 9 pls.
- Hawkins, H. L. 1913. The anterior ambulacrum of *Echinocardium cordatum* Penn. and the origin of compound plates in Echinoids. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1913: 169-181, 1 pl.
- Hawkins, H. L. 1924. Notes on the new collection of the fossil Echinoidea from Jamaica. *Geological Magazine*, 61:312-324, pl. 6-7.
- Jackson, R.T. 1922. Fossil Echinidi of the West Indies: contribution to the geology and paleontology of the West Indian. *Publication of the Carnegie Institute, Washington*, 306: 1-103, pls. 1-18.
- Jones, T.S. 1938. Geology of Sierra de la Peña and paleontology of the Indura Formation, Coahuila, Mexico. *Geological Society American Bulletin*, 1: 69-150, pls. 1-3.
- Kanazawa, K. 1995. How spatangoids produce their traces: relationships between burrowing mechanism and trace structure. *Lethaia*, 28:211-219.

- Kidwell, S. M. and T. Baumiller. 1990. Experimental desintegration of regular echinoids: roles of temperature, oxygen, and decay thresholds. *Paleobiology*, 16: 247-271.
- Krumbek, L. 1906. Beitrage zur Geologie und Palaeontologie von Tripolis. *Palaeontographica*, 53:51-136, pls. 7-9.
- Lambert, J. 1900. Echinides de la faune coralligène du Vésulien de Saint-Gaultier. *Bulletin de la Société Géologique de France, Paris*, 3:28.
- Lambert, J. 1905. Echinides du Sud de la Tunisie (environs de Tataouine). *Bulletin de la Société Géologique de France, Paris*, 4: 5.
- Lambert, J. 1931. Note sur le groupe des Oligopygus, la nouvelle famille des Haimeidae et sur quelques Échinides fossiles de Cuba. *Bulletin de la Société Géologique de France, Series 5*, 1: 289-304, pl. 17.
- Lambert, J. 1933. Supplément a la révision des échinides fossiles de la Catalogne. *Bulletin de la Institucio Catalana d' Historia Natural*, 33:183-195, pl. 4.
- Leske, N. G. 1778. Jacobi Theodori Klein Naturalis dispositi Echinodermatum. Additamenta ad I.T. Klein naturalem dispositiomen Echinodermatum. Officina Gleditschiana, Lipsis, xxii+278 pp., 54 pls.
- Loriol, P. De. 1873. Échinologie Helvétique: descriptions des oursins fossils de la Suisse 2: Échinides de la période crétacée. *H. Georg, Geneva*, 398 pp., 33pls.
- Loriol, P. 1901. Notes pour servir à l'étude des Echinodermes. *Revue Suisse Zoologie*, 9: 3-45.
- McKinney, M.L. 1988. Roles of allometry and ecology in echinoid evolution, *In* A.B. Smith and C.R.C. Paul (eds.), *Echinoderm Phylogeny and Evolutionary Biology*. Clarendon Press, Oxford. p. 165-173.
- Maldonado-Koerdell, M. 1950. Los equinoides regulares del Mesozoico de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 7:15-44.
- Melville, R.V. and Durham, J.W. 1966. Skeletal Morphology. *In* Moore R.C. (ed). *Treatise on invertebrate Paleontology, Part U, Echinodermata 3*. New York Geological Society of America, Inc. U220-256
- Meyer, D. L. 1971. Post mortem desintegration of Recent crinoids and ophiuroids under natural conditions. *Geological Society of American Abstracts with programs*, 3: 645-646.
- Meyer, D. L. and K. B. Meyer. 1986. Biostratinomy of Recent crinoids (Echinodermata) at Lizard Island, Great Barrier Reef, Australia. *Palaios*, 1:294-302.

- Michaud, F. 1987. Stratigraphie et Paleontographie du Mesozoique du Chiapas (Sud Est du Mexique). Tesis Doctoral. Universidad de Paris. 298 p.
- Moore, R. C. 1966. Treatise on Invertebrate Paleontology, Part U. Echinodermata 3, 2 volumes. The Geological Society of America. Boulder, and University of Kansas Press, Lawrence, 695 pp.
- Mortensen, T. 1904. The Danish expedition to Siam, 1899-1900. II. Echinoidea (1): [K] Danske Vidensk. Selsk. Skrift., ser. 7, v. 1, p. 1-124, pl. 1-7, 1 map.
- Nieto-López, I. and P. García-Barrera. 2005. Cretaceous Echinoids of Mexico. *In Studies on Mexican Paleontology*, Vega, F.J.; T.G. Nayborg; M.C. Perrilliat; M. Montellano; S. Cevallos and S. Quiroz. (eds.), The Netherlands.
- Noetling, F. 1897. Fauna of Baluchistan 1 (part 3). Fauna of the upper Cretaceous (Maëstrichtien) beds of the Mari Hills. *Paleontologia Indica*, 16<sup>th</sup> Series 1(3), 1-79, pls 1-23.
- Nyst, H. y Galeotti, H. 1840. Description de quelques fossiles du calcaire jurassique de Tehuacán, Mexique. *Academic Sciences of Bruxelles*, p. 218.
- Omaña, P. L. 1998. Late Cretaceous (Maastrichtian) foraminifers from the *Inoceranus* beds, Ocozocoautla Formation, Central Chiapas SE México. *Publicación Especial de la Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, Pag. 77.
- Pomel, A. 1883. Classification méthodique et genera des échinides vivants et fossils. Adolphe Jourdan, Alger, 131 pp., 1 pl.
- Powell, E. N., G. M. Staff, D. J., Davies, and W. R. Callender. 1989. Macrobenthic death assemblages in modern marine environments: Formation, interpretation and application. *Critical Reviews in Aquatic Sciences*, 1:559-589.
- Raup, D.M. and Stanley, S.M. 1978. Principios de Paleontología. Editorial Ariel. España. 455 pp.
- Sánchez Roig, M. 1926. Contribución a la paleontología cubana: los equinodermos fósiles de cuba. *Boletín de Minas*, 10:1-179.
- Sánchez-Roig, M. 1949. Los equinodermos fósiles de Cuba. *Paleontología Cubana*, 1: 330 pp., 50 pls.

- Sánchez, R. M. A. 1997. Paleobiogeografía de equinoideos del Cretácico Superior (Maastrichtiano) de Nuevo León, San Luis Potosí y Guerrero, con algunas implicaciones paleoambientales. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 88 pp.
- Schäfer, W. 1972. Ecology and Palaeoecology of Marine Environments. University of Chicago Press, Chicago, 558 pp.
- Schüler, C. 1883. Die Regulären Echiniden der norddeutschen Kreide. I, Glyphosoma. *Abhandlungen der Geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten*, 4: 1-72, pls 1-7.
- Smiser, J.S. 1935. A revision of the echinoid genus *Echinocorys* in the Senonian of Belgium. *Mémoires du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, 67: 1-52, 2 pls.
- Smith, A.B. 1995. Late Campanian-Maastrichtian echinoids from the United Arab Emirates-Oman border region. *Bulletin of the Natural History Museum, London (Geology)*, 51, 121-240, pls 1-34.
- Srivastava, S. 1976. The fossil pollen genus *Classopollis*. *Lethaia*, 9:437-457.
- Tyson, R.V., 1993. Kluwer Academic Publishers. *Applied Micropaleontology*, 153-191.
- Vredenburg, E. 1911. Rectification of nomenclature: *Noetlingaster* nom. Mut. *Records of the Geological Survey of Indian*: 41.
- Wall, D. 1965. Microplankton, pollen, and spores from the Lower Jurassic in Britain. *Micropaleontology*, 11:151-190.
- Weisbord, N.E. 1934. Some Cretaceous and Tertiary echinoids from Cuba. *Bulletins of American Paleontology*, 20: 165-270, 9 pls.

## ANEXO

### **Técnica de extracción de palinomorfos.**

1° Se trituró en un mortero metálico una porción de la muestra hasta obtener porciones de alrededor de 5 milímetros cúbicos.

2° Se colocó 30 gramos de cada muestra en un vaso de precipitados de plástico y se le agraga ácido clorhídrico al 10% . Se dejó reposar por 24 horas.

3° Se decantó el contenido del vaso y se lavó para neutralizar el ácido y hasta que la muestra tuvo un pH de 7.

4° Se agregó ácido fluorhídrico químicamente puro, dejándose reposar por 24 horas con el fin de disolver los silicatos. Se cuidó que la muestra no sobrepasara una temperatura de 70 grados Celsius.

5° Se repitió el tercer paso.

6° Se repartió la muestra en tubos para centrífuga y se centrifugó a 1200 revoluciones por minuto durante 5 minutos.

7° Se tiró el sobrenadante y se agregó hidróxido de potasio al 5%. Se dejó reposar esto durante 4 a 7 minutos.

8° Se lavó la muestra y de nuevo se centrifugó durante 5 minutos a 1200 revoluciones por minuto.

9° Se realizó la técnica de acetólisis, agregando 9 partes de anhídrido acético y una parte de ácido sulfúrico . Se dejó de 7 a 10 minutos, se lavó y centrifugó igual que en el paso 6.

10° La reacción se detuvo con ácido acético comercial.

11° De cada muestra se tomó una alícuota y se colocó sobre un cubreobjetos y se distribuyó homogéneamente con un palillo limpio sobre toda la superficie.

12° Se colocaron los cubreobjetos sobre una parrilla hasta que el exceso de agua se evaporó.



13° Se montaron los cubreobjetos con las muestras con básamo de Canadá.

14° Las laminillas se etiquetaron con un número correspondiente a la colección palinológica del Instituto de Geología de la UNAM, "Pb" para finalmente ser colocadas en un horno a una temperatura de 70° C durante 2 semanas.

Una vez realizada la técnica anterior se observa cada laminilla al microscopio para identificar los palinomorfos, en este caso se empleó un microscópio óptico Carl Zeiss y las técnicas de iluminación Köeler y contraste de fase.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

## LÁMINA 1

Fig. 1 *Orthopsis miliaris*. **a**, se ilustra el ambulacro e interambulacro en la región ambital. **b**, se ilustra el disco apical. **c**, se observa la superficie aboral.

Fig. 2. *Salenia (Salenia) nutrix*. **a**, se ilustra el disco apical. **b**, se observa la superficie adoral.

Fig. 3. *Gonyopigus supremus*. **a**, se ilustra el disco apical. **b**, se observa la superficie aboral.

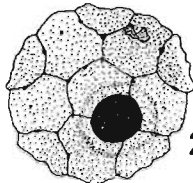
Fig. 4. *Noetlingaster paucituberculatus*. **a**, se ilustra el ambulacro de la zona ambital. **b**, se ilustra el interambulacro de la zona ambital. **c**. se observa un fragmento de la zona ambulacral e interambulacral.

LÁMINA 1

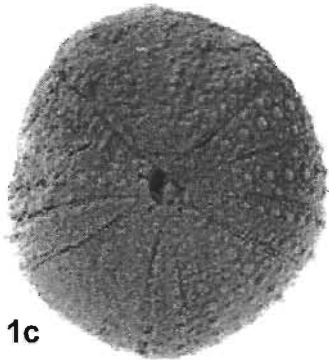


1b

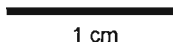
1a



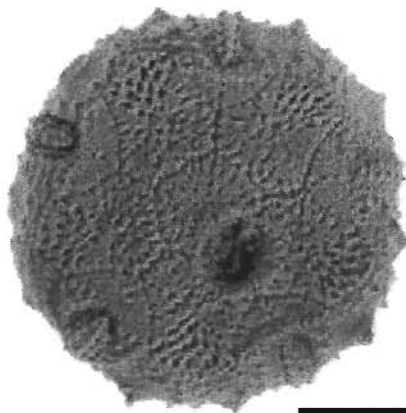
2a



1c



1 cm



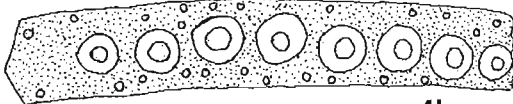
2b



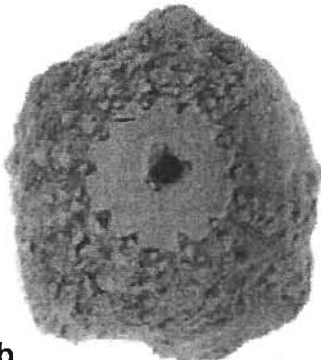
1 cm



3a



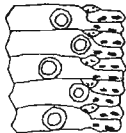
4b



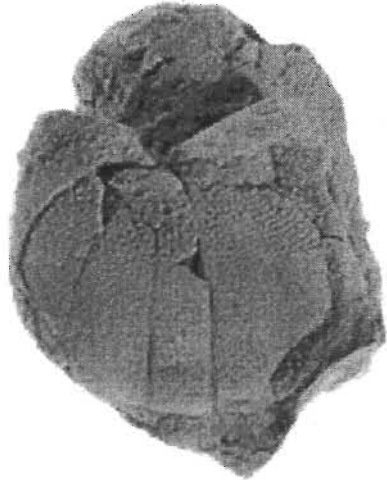
3b



1 cm



4a



4c



1 cm

## LÁMINA 2

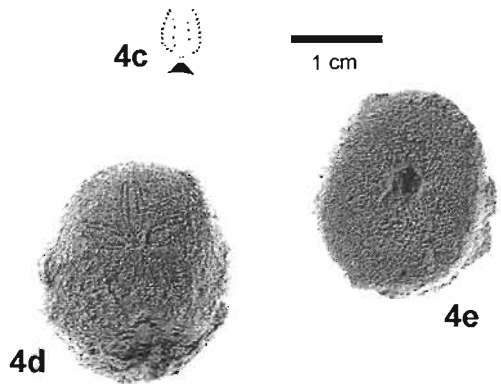
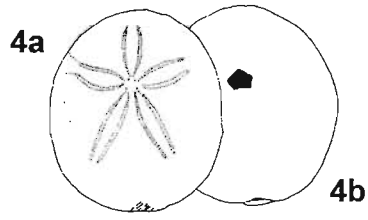
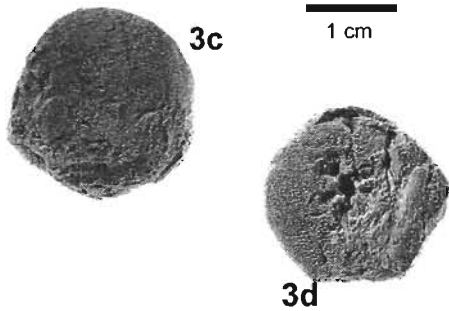
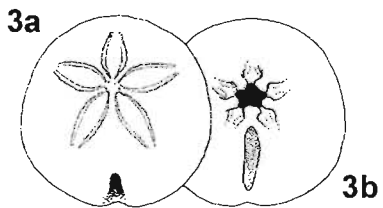
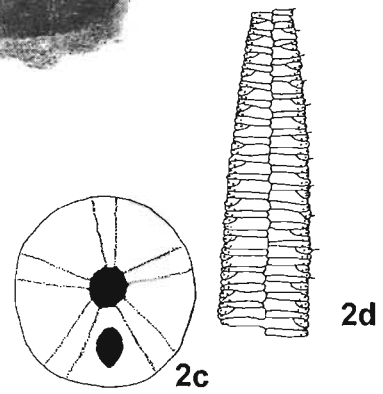
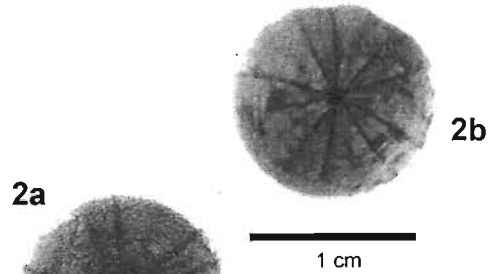
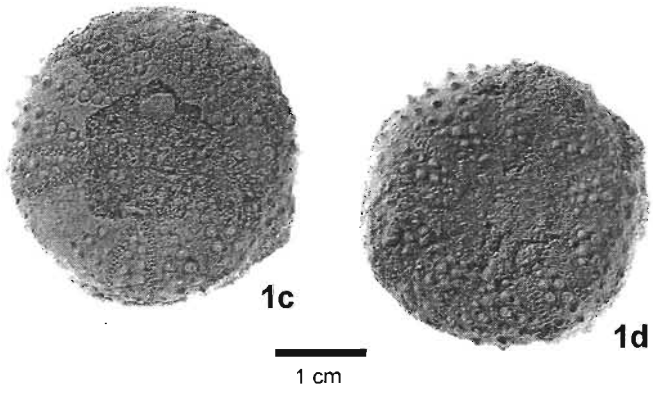
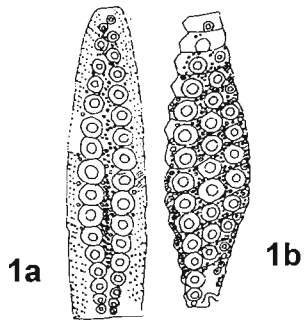
Fig. 1. *Gomphechinus collignoni*. **a**, se ilustra la zona ambulacral. **b**, se ilustra la zona interambulacral. **c**, se observa la superficie adoral. **d**, se observa la superficie aboral.

Fig. 2. *Laniera lanieri*. **a**, se observa la superficie adoral. **b**, se observa la superficie aboral. **c**, se ilustra la superficie adoral. **d**, se ilustra la zona ambulacral.

Fig. 3. *Lefortia delgadoi*. **a**, se ilustra la superficie aboral. **b**, se ilustra la superficie adoral. **c**, se observa la superficie aboral. **d**, se observa la superficie adoral.

Fig. 4. *Gitolampas tripolinatus*. **a**, se ilustra la superficie aboral. **b**, se ilustra la superficie adoral. **c**, se ilustra el filodio. **d**, se observa la superficie aboral. **e**, se observa la superficie adoral.

LÁMINA 2

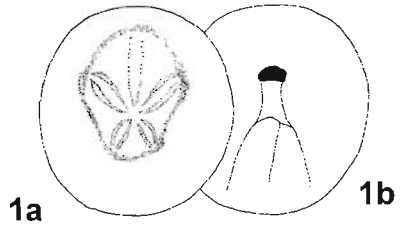


### LÁMINA 3

Fig. 1. *Hemiaster* sp. **a**, se ilustra la superficie aboral. **b**, se ilustra la superficie adoral. **c**, se observa la superficie aboral.

Fig. 2. *Classopollis*. 34 micras.

LÁMINA 3



1 cm

