

ESPONJAS PERFORANTES DE MOLUSCOS DEL CRETÁCICO TEMPRANO EN LA REGIÓN CENTROOCCIDENTAL DE MÉXICO

Blanca Estela Buitrón-Sánchez* y
Jerjes Pantoja-Alor*

RESUMEN

En la región de Huetamo, en los límites de los estados de Michoacán y Guerrero, se recolectó, en capas de las Formaciones El Cajón (Aptiano) y Mal Paso (Albiano), numerosos ejemplares de nerineidos, casiópodos, pectínidos, ostreidos y rudistas, que presentan múltiples perforaciones causadas por un organismo bioerosionador. Los orificios tienen contornos circulares y hexagonales, con diámetros desde 1.0 hasta 1.5 mm, que atraviesan la concha a profundidades de 0.45 hasta 0.90 mm, formando galerías semicirculares. Por estas características, la actividad perforadora se atribuye a esponjas cliónidas de la icnoespecie *Entobia cretacea* Portlock, 1843.

La paleocomunidad del Aptiano-Albiano de esta región se desarrolló en una plataforma interna de tipo lagunar con facies limoarenosas, donde predominaron los gasterópodos nerineidos (*Nerinea*, *Cossmanea* y *Adiozoptyxis*), y facies carbonatadas de mediana a alta energía, con bancos de rudistas caprinidos (*Praeacprina?*, *Caprina* y *Requienia*) indicadoras de mares someros de la región tropical.

Palabras clave: Bioerosión, Porífera, *Entobia cretacea*, Aptiano-Albiano, región centrooccidental, México.

ABSTRACT

In the Huetamo region, located at the limit of the states of Michoacán and Guerrero, numerous specimens of nerineids, pectinids, ostreids and rudists, with multiple perforations made by bioeroding organisms, were collected in beds of the El Cajón (Aptian) and Mal Paso (Albian) Formations.

The borings have circular and hexagonal outlines, with diameters ranging from 1.0 to 1.5 mm, and depths ranging from 0.45 to 0.9 mm, the holes form semicircular galleries. On the basis of these characteristics, the boring activity is attributed to clionid sponges of the ichnospecies *Entobia* sp. and *E. cretacea* Portlock, 1843.

The Aptian-Albian paleocommunity of this region developed on an inner platform in a lagoon environment consisting of a silty-sand facies dominated by nerineid gastropods (*Nerinea*, *Cossmanea* and *Adiozoptyxis*). A mid- to high-energy carbonated facies with caprinid rudist banks (*Praeacprina?*, *Caprina* and *Requienia*) indicates shallow tropical seas in the Tethyan domain.

Key words: Bioerosion, Porifera, *Entobia cretacea*, Aptian-Albian, west-central Mexico.

INTRODUCCIÓN

Durante las investigaciones de campo realizadas por los autores en la región centrooccidental de México, entre Michoacán y Guerrero, se recolectó abundantes ejemplares de gasterópodos nerineidos, casiópodos y de bivalvos ostreidos, pectínidos y rudistas, cuyas conchas presentan numerosas perforaciones o cavidades pequeñas que son evidencias de la actividad de organismos bioerosionadores; por sus características, se deduce que fueron causadas por esponjas cliónidas.

Las huellas de bioerosión sobre cualquier sustrato—madera, conchas, corales, rocas, etc.—en el pasado geológico, son consideradas como icnofósiles. La interpretación de esta actividad tiene aplicaciones, ya que aporta datos sobre la morfología y los hábitos del organismo que la produjo, sobre los diferentes tipos de asociaciones faunísticas que existían y el entorno ecológico que habitaron, e inclusive sobre el entendimiento de los microambientes en que se desarrollaron.

El conocimiento integral de la composición de una biocenosis resulta del análisis de todos los elementos biológicos que la constituyen y de sus interrelaciones. En el caso de una

tanatocenosis, se tomará en cuenta la existencia de evidencias directas, como los restos de organismos, y las evidencias indirectas, que son el resultado de la bioerosión de ciertos organismos sobre determinados sustratos, por lo que el objeto de este artículo es dar a conocer la existencia de organismos perforadores y su asociación con moluscos fósiles—gasterópodos y bivalvos—contribuir a la interpretación del ambiente en que vivieron y hacer énfasis en su intervención en los procesos sedimentológicos.

ESTUDIOS PREVIOS

Las investigaciones sobre la actividad de organismos bioerosionadores—perforación, incrustación y fractura—son abundantes a partir de los últimos 30 años; entre ellas, destacan los estudios de Boekschoten (1966), Bromley (1978), Kelly y Bromley (1984) y Martinell (1989). Acerca de las esponjas perforantes, se cuenta con una amplia bibliografía y quizá sean los organismos más citados. Las investigaciones de Bromley (1970), Bromley y D'Alessandro (1984) y Martinell (1989) son básicas en el estudio de este proceso.

Con excepción de una comunicación breve (Buitrón *et al.*, 1991), en México no se ha publicado trabajo alguno sobre la función bioerosiva en sustratos calcáreos fósiles.

*Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 D.F., México.

LOCALIZACIÓN Y ACCESO

La región de Huetamo, conocida como "Tierra Caliente", se localiza en los límites de los estados de Guerrero y Michoacán, al poniente del río Cutzamala y al norte del río Balsas, en la región centrooccidental de México. El material fosilífero objeto de esta investigación fue recolectado en dos afloramientos. El primero se encuentra en los cortes del arroyo La Laja, en el municipio de Cutzamala, Guerrero, cuyas coordenadas geográficas corresponden a $104^{\circ}43'30''\text{W}$ y $18^{\circ}41'57''\text{N}$ (Figura 1). El segundo afloramiento se localiza en la loma de Las Latas, cerca del poblado de Chumbítaro, en el límite entre los estados de Michoacán y Guerrero, con coordenadas geográficas de $100^{\circ}45'16''\text{W}$ y $18^{\circ}25'43''\text{N}$ (Figura 1).

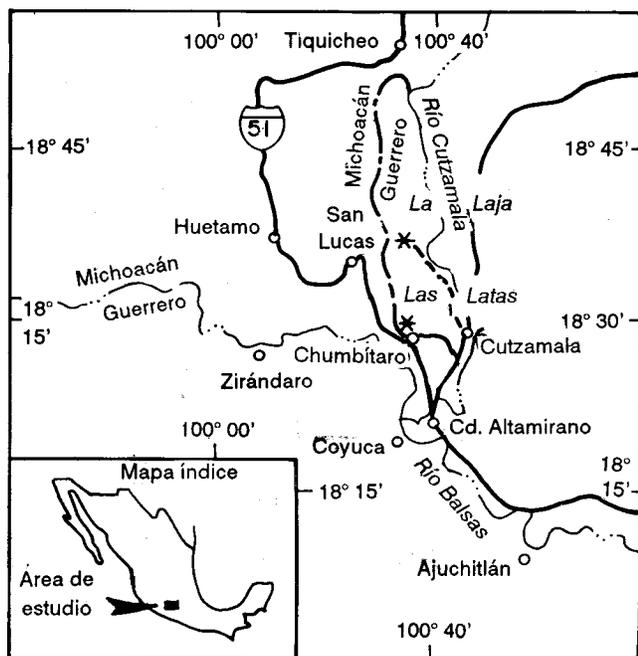


Figura 1.- Localización geográfica de La Laja ($104^{\circ}43'30''\text{W}$ y $18^{\circ}41'57''\text{N}$), municipio de Cutzamala, Estado de Guerrero y de Las Latas ($100^{\circ}45'16''\text{W}$ y $18^{\circ}25'43''\text{N}$), Chumbítaro, estados de Michoacán y Guerrero.

PROCESOS BIOEROSIVOS

El término bioerosión fue propuesto por Neumann (1966) para describir la remoción por organismos de las capas duras de un sustrato, considerando dentro de este último caliza, conchas de calcita o aragonita, arrecifes de coral, bancos de rudistas y también caparazones de otros taxa del piso marino. La actividad perforante de muchos invertebrados—esponjas, braquiópodos articulados, moluscos litófagos, equinodermos, briozoarios y vermes, entre otros—fue documentada desde mediados del siglo pasado (Portlock, 1843). Este proceso se realiza por acción mecánica, por acción química o por la combinación de ambas.

Tal como lo describen Eckdale y colaboradores (1984), entre los organismos bioerosionadores existe una amplia gama de hábitos: los que producen limaduras, astillas, raspaduras e

impresiones superficiales—epilíticos—y los que perforan o taladran vaciando el sustrato—endolíticos. La acción destructiva se desarrolla simplemente al horadar el sustrato sólido, lo cual debilita la roca y permite una acción desgastante mayor que la de las olas y de las corrientes marinas.

Los efectos bioerosivos en arrecifes coralinos han sido descritos desde el principio de este siglo por Gardiner (1902, 1903) y ampliados por Goreau y Hartman (1963). También este fenómeno fue observado en los bancos de rudistas (Zapfe, 1973) y en sustrato duro de algunas plataformas calcáreas. Son conocidas las perforaciones o cavidades producidas por esponjas desde el Cámbrico (Kobluk, 1981) y son abundantes las estructuras que asemejan a las actuales en el Cretácico y en el Terciario.

Warne (1977) supone que casi todos los sustratos calcáreos sometidos a la acción de organismos perforadores, con el tiempo, serán reducidos a limo o lodo calcáreo, a menos que la bioerosión sea detenida, ya sea por costrificación, sepultamiento o por la acción depredadora de otro organismo sobre el agente perforante.

Algunos investigadores enfatizan la importancia de aquellos organismos que ejercen la acción bioerosiva por medio de agentes químicos, retornando el carbonato de calcio al agua marina, como es el caso de las algas perforantes (Ginsburg, 1957). Otros resaltan la actividad desintegradora de ciertos organismos, como el de las esponjas (Goreau, 1965; Neumann, 1966).

Entre los numerosos grupos taxonómicos relacionados con los procesos de bioerosión, no cabe la menor duda que el más importante corresponde al de las esponjas perforadoras. Para algunos autores (Neumann, 1966; Moore y Shedd, 1977), los grandes volúmenes de sedimento—limos de astillas—de mares tropicales son el resultado de la acción perforante de esponjas, que también producen clastos grandes al socavar químicamente las partes frontales y posteriores de las estructuras arrecifales.

TÉCNICAS Y MÉTODOS DE ESTUDIO

Las técnicas utilizadas para el estudio de las perforaciones—icnofósiles—producidas por el cliónido *Entobia cretacea* Portlock, en los invertebrados cretácicos que son descritos en esta ocasión, fueron las siguientes: El primer paso consistió en la limpieza y preparación de la muestra para su identificación y clasificación adecuadas. Se utilizó posteriormente el microscopio óptico, con el objeto de observar el tamaño y las características de las perforaciones; además, se hizo cortes seriados para conocer la profundidad y las diferentes fases de la actividad cavadora. Para estudiar con mayor precisión la morfología en las zonas afectadas, se utilizó el microscopio electrónico.

También, fueron elaboradas impresiones en películas de acetato (*peels*), con la finalidad de obtener la morfología interna de los gasterópodos y la profundidad de las galerías produ-

cidas por *Cliona*, y así utilizarse como negativo en algunas de las fotografías que se muestra en este artículo.

Para la clasificación de las perforaciones, fueron seguidas las recomendaciones de Bromley y D'Alessandro (1984); entre ellas, las dimensiones de las aberturas, la presencia y morfología de las cámaras, de los canales aperturales y de los canales intercamerales, el desarrollo ontogenético y la profundidad de penetración en el sustrato.

LAS ESPONJAS PERFORANTES COMO IMPORTANTES PRODUCTORAS DE SEDIMENTO

La interpretación de la actividad perforadora de cualquier invertebrado fósil se complementa con la observación directa de aquellos grupos que tienen representantes actuales, ya sea en un acuario o en un ambiente natural. En el estudio de los invertebrados, este último método ha dado buenos resultados (Mitchell *et al.*, 1986).

Las investigaciones realizadas con algunas esponjas (Acker y Risk, 1985), principalmente sobre la especie actual *Cliona caribbaea*, la cual es abundante en las aguas tropicales del Caribe, permiten conocer los procesos y la cuantificación del resultado de sus hábitos perforantes. La mayor infestación de *C. caribbaea* alcanza 10% de la superficie total a una profundidad a menos de 2 m, y 9% a menos de 7 m. En promedio, cubre el 5% de la superficie total de la terraza que forma el sustrato. La profundidad de penetración en el sustrato calcáreo varía entre 0.41 y 1.37 cm y la cantidad del material removido es altamente variable, fluctuando entre el 13 y 32% por peso (Acker y Risk, 1985, p. 708).

Según Rutzler y Reiger (1973), los niveles de remoción o producción de astillas de las esponjas clionidas son iguales al nivel de producción de sedimentos, puesto que el organismo disuelve únicamente menos del 2% del sustrato carbonatado.

A muy poca profundidad, dominan las esponjas claras y aproximadamente entre los 3 y 6 m, predominan las esponjas oscuras, en relación con el tipo de alga que esté en simbiosis con ellas. *Cliona caribbaea* es muy abundante en la zona baja de las terrazas marinas actuales de la costa meridional y sudoccidental de la isla Gran Caimán. Los corales forman facies acrecionarias en la zona frontal del arrecife y, contrariamente en la parte interior costera, la acción perforante de *Cliona* constituye facies erosivas. La esponja ocupa normalmente un 5% del total del área superficial, extendiéndose a una velocidad de 4 cm por año y removiendo aproximadamente un 20% del sustrato coralino. Se calcula que el sedimento removido alcance los 8 kg / m² al año, constituyendo un limo de astillas, el cual es transportado pendiente abajo de los flancos de la estructura (Acker y Risk, 1985).

GEOLOGÍA LOCAL

Los primeros nerineidos, casiópodos, ostreidos y rudistas que muestran la actividad perforante de *Entobia* fueron reco-

lectados en la localidad de La Laja, dentro de las capas de la Formación El Cajón, de edad aptiana (Figura 2). El segundo material se localizó en las capas albianas de la Formación Mal Paso, expuestas en la loma de Las Latas cerca del poblado de Chumbitaro (Figura 3).

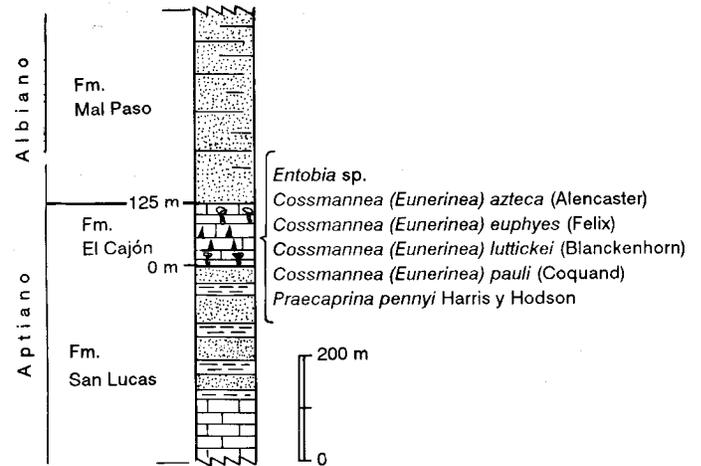


Figura 2.- Columna estratigráfica de la localidad de La Laja, Guerrero, donde se ubican los invertebrados aptianos.

Los afloramientos donde fue recolectada la fauna de la localidad de La Laja constituyen una estructura carbonatada de carácter arrecifal—biostroma—desarrollada dentro de la Formación El Cajón (Pantoja-Alor, 1990), cuyo conjunto faunístico indica una edad aptiana. Junto con la Formación San Lucas, sobre la que yace, y la Formación Mal Paso, que la cubre, constituye el flanco oriental del anticlinal de La Laja.

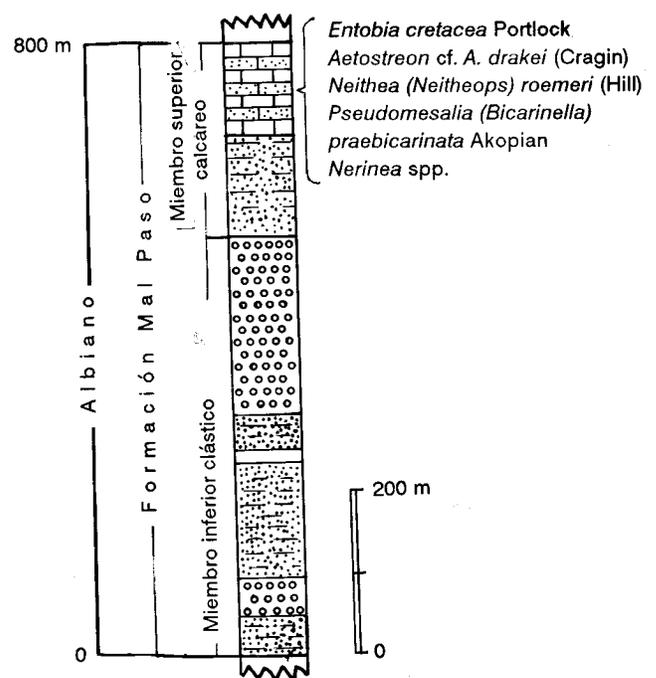


Figura 3.- Columna estratigráfica de la localidad de Las Latas, estados de Michoacán y Guerrero, donde se ubican los invertebrados albianos.

Las rocas más antiguas de esta estructura arrecifal afloran en el núcleo erosionado del anticlinal; estas rocas corresponden a la Formación San Lucas, la cual fue dividida en dos miembros: El miembro inferior, "Terreno Prieto", que está formado por caliza arrecifal de estratificación masiva—*packstone* y *wackestone* biogénicos—con abundantes rudistas, nerineas y casiópodos; y el miembro superior, "Las Fraguas", que consiste en una secuencia gruesa de arenisca feldespática—grauvaca a subgrauvaca—conglomerado volcániclastico e intercalaciones de derrames de lava andesítica. El conjunto faunístico de toda la unidad indica una edad que abarca del Barremiano al Aptiano.

De manera concordante y en forma transicional, se pasa hacia arriba a las rocas de la Formación El Cajón (Pantoja-Alor, 1990), que en esta localidad está constituida por arenisca calcárea feldespática, marga y estructuras carbonatadas arrecifales—*packstone* y *wackestone* biogénicos con intercalaciones de *boundstone*—con abundantes nerineas, casiópodos y rudistas; la mayoría de los fósiles presenta la concha con perforaciones atribuidas a esponjas cliónidas.

A la Formación El Cajón la cubre de manera concordante y transicional una secuencia de aproximadamente 1,000 m de espesor de rocas clásticas marinas de la Formación Mal Paso (Albiano). Esta unidad se caracteriza por tener una composición clástica de arenisca feldespática, conglomerado fino a grueso, intercalaciones de caliza con pedernal y marga abundante en ejemplares y especies de nerineidos, tilostómidos y naticidos.

La segunda localidad fosilífera, conocida como la loma de Las Latas, se localiza en el extremo meridional del sinclinal de Mal Paso; en esta estructura afloran rocas de las Formaciones San Lucas, El Cajón, Mal Paso y Cutzamala.

El sustrato afectado corresponde a la parte superior de la Formación Mal Paso (Pantoja-Alor, 1959, 1990, 1992, 1993), cuyas capas aflorantes consisten en estratos delgados a medianos de caliza micrítica y lodo calcáreo—*mudstone* biógeno—de color gris claro en superficies expuestas y gris oscuro o negro en superficies frescas; por efecto de la meteorización, están presentes como bolas o fragmentos rudíticos, que pasan transicionalmente hacia abajo a una secuencia rítmica de capas de lutita, separadas por caliza delgada, que en conjunto forman bancos de espesor considerable. Toda la secuencia, de más de 200 m de espesor, está cubierta en contacto transicional por arenisca feldespática de color amarillo. Hacia la cima se observa bancos gruesos, de longitud corta, de caliza arrecifal—*packstone* a *boundstone*—con rudistas coalcománidos de gran tamaño y algunos corales.

La Formación Mal Paso está caracterizada por presentar una fuerte variación litológica, tanto en dirección vertical como horizontal, ocasionada por una intensa inestabilidad tectónica durante el tiempo de su depósito. Lo anterior originó notables cambios de facies, aun en distancias muy cortas, tal como se puede observar en la sección estratigráfica de la Figura 3.

LA PALEOCOMUNIDAD DE LA LAJA Y SU SIGNIFICADO ECOLÓGICO

La comunidad fósil de la Laja está formada principalmente por la asociación de gasterópodos nerineidos, casiópodos, rudistas, esponjas perforantes y, en menor proporción, por corales. La población de nerineidos es numerosa en individuos y en diversidad de especies, entre las que fueron identificadas *Nerinella dayi* Blanckenhorn, *Cossmannea (Eunerinea) ephyes* (Félix), *Cossmannea (Eunerinea) luttickei* (Blanckenhorn), *Cossmannea (Eunerinea) pauli* (Coquand) y *Adiozoptyxis coquandiana* (d'Orbigny).

Los gasterópodos nerineidos tuvieron una amplia distribución durante el Cretácico en la región tropical y subtropical del dominio del Tethys. Vivieron en las plataformas continentales, en lagunas arrecifales y aun en la zona prelitoral, en donde los mares fueron someros, de agua cálida, libre de cieno y con salinidad normal. Formaron parte importante de la fauna bentónica, siendo en su mayoría epifaunales y excepcionalmente semi-infaunales como el caso de la Familia Nerinellidae (Vaughan, 1989), cuyas especies vivieron semisumergidas, fijas o con ligeros desplazamientos en busca de plantas de las que se alimentaban.

Los nutrientes debieron ser abundantes para propiciar el exuberante desarrollo de la fauna, el cual se manifiesta por la gran cantidad de ejemplares que formaron bancos, así como por la diversidad de especies.

El tamaño y grosor de las conchas de *Adiozoptyxis* y *Cossmannea* (Buitrón y Rivera, 1985) son indicadores de hábitos epifaunales en fondos firmes. *Nerinella* tiene la concha delgada y esbelta; probablemente vivió semienterrada en el fondo arenoso del mar.

La mayoría de las conchas de los nerineidos presenta perforaciones en la superficie expuesta; en algunos cortes tangenciales se observó que éstas penetran hasta la cavidad de las vueltas. Tanto las cavidades como las perforaciones están rellenas con el mismo sedimento (Figuras 3 y 4), de tal manera que se considera como una población autóctona (Fisher, 1990).

Otro grupo que forma parte de esta comunidad es el de los gasterópodos casiópodos, con las especies *Diglaucania bilineata* (Goldfuss), *Triglaucania kleinpelli* (Allison) y *Mesoglaucania (Mesoglaucania) burnsi* (Stanton).

Los casiópodos fueron característicos de facies someras en mares epicontinentales de la región tropical del mundo durante el Cretácico (Mennessier, 1989); en La Laja, están en menor proporción que los nerineidos. La ornamentación profusa de sus conchas está bien conservada, lo que denota un depósito *in situ* o muy cercano a su nicho ecológico.

Formando parte de esta paleocomunidad, existen pequeñas colonias de hexacorales, cuyos representantes actuales son eurihalinos, típicos de mares someros, con agua transparente y rica en nutrientes. Se infiere que las condiciones en que vivieron los organismos de esta formación hayan sido semejantes.

En la mayoría de las conchas de nerineidos y, en menor proporción, en otros componentes de la comunidad fósil, están presentes perforaciones con las características de las producidas actualmente por esponjas cliónidas. Éstas viven en los mares tropicales con salinidad normal, son organismos perforantes de sustratos calcáreos y forman parte de las biocenosis infralitorales.

Martinell y Domenech (1981) consideran que los factores que influyen en la selección del sustrato calcáreo por parte de los epibiontes son la composición mineralógica, la microestructura de la concha y las condiciones ecológicas del ambiente.

En el caso particular de La Laja, las conchas de los casiópodos, los corales y las algas están escasamente perforadas, por lo que hubo una selección del sustrato calcáreo en relación con las características del exoesqueleto de los hospederos.

En la facies arrecifal carbonatada de esta localidad, son comunes los bancos de rudistas caprínicos poseedores de grandes conchas de paredes gruesas, con las dos valvas conservadas. En ellas, se aprecia numerosos orificios que, en algunos casos, prácticamente han destruido la pared externa de la concha. La población de *Praecaprina?* es predominante en esta localidad.

Las características litológicas y faunísticas de La Laja, indican que la comunidad biótica se desarrolló durante el Aptiano temprano en una plataforma interna de bajo ángulo, dentro de una dinámica de mediana a alta energía, con bancos de rudistas de poca extensión, y fluctuaciones a ambientes lagunares que tenían aportaciones de arcilla fina y material volcánico propicio para el desarrollo de alternancia de bancos de nerineidos.

LA PALEOCOMUNIDAD DE LAS LATAS Y SU SIGNIFICADO ECOLÓGICO

La comunidad fósil de Las Latas está formada por una gran diversidad de invertebrados; entre ellos: moluscos, corales, crustáceos, esponjas y equinoides, y por carpetas de algas.

Los gasterópodos predominaron en la facies limoarenosa (Buitrón y Pantoja-Alor, 1992). Están presentes especies de naticidos (*Tylostoma aguilerai* Alencaster, *T. punctatum* Sharpe, *T. globosum* Sharpe y *Natica gaultina* d'Orbigny); casiópodos (*Diglaucania biliniata* [Goldfuss], *Mesoglaucania* [*Mesoglaucania*] *burnsi* [Stanton], *Triglaucania floresi* [Alencaster], *Gymnentome zebra* [Gabb], *G. paluxiensis* [Stanton] y *Pseudomesalia* [*Bicarinnella*] *praebicarinnata* [Akopian]); pseudomelánidos (*Microschiza* [*Cloughtonia*] *scalaris* [Conrad]); nerinélidos (*Nerinella dayi* Blanckenhorn); nerineidos (*Plesioptyxis prefleuriaui* [Delpy], *Cossmannia* [*Eunerinea*] *azteca* [Alencaster], *C. [E.] titania* [Felix]); itiéridos (*Peruvilla dolium* [Roemer]) y acteonélidos (*Trochacteon* [*Neocylindrites*] *cumminsi* Stanton).

Asociados a estos fósiles se encontró corales solitarios y coloniales, crustáceos-malacostráceos, pectínidos (*Neithea*

[*Neitheops*] *roemeri* Hill); ostreidos (*Aetostreon* sp. cf. *A. drakei* [Cragin]) y equinoides endocíclicos (*Phymosoma mexicanum* [Boese], *Tetragramma malbosii* [Agassiz], *T. streeruwitzi* [Cragin], *T. variolare* [Brongniart]) y exocíclicos (*Heteraster mexicanus* [Cotteau], *H. obliquatus* [Clark], *H. wenonensis* [Adkins] y *Washitaster bravoensis* [Boese]); amonites (*Anisoceras* e *Hypocanthoplites plesiotypicus* [Fritel]).

Las conchas de nerineidos, pectínidos, ostreidos y rudistas, y de algunos casiópodos, en su mayoría están perforadas por la actividad bioerosiva de esponjas cliónidas.

El análisis ecológico de los nerineidos y casiópodos, ya discutido anteriormente, aunado al que presentan los itiéridos (Kollmann y Sohl, 1979), tilostómidos y acteonélidos, indica que estuvieron asociados a mares someros de la región tropical.

Los equinoides hemidáridos y espatangoides de Las Latas están bien conservados y dado que estos últimos viven enterrados en el sustrato, hasta varios centímetros de profundidad, se puede deducir que básicamente la comunidad se encuentra *in situ*. Los equinodermos son eurihalinos y el tipo de alimentación de los hemidáridos, que consiste en la ingestión de sedimentos con nutrientes orgánicos de origen animal y vegetal, permite deducir que se desarrollaron en mares someros por la captación de la luz solar que las plantas necesitaron para efectuar la fotosíntesis (García-Barrera y Pantoja-Alor, 1991).

Se considera a los amonites—nectónicos—como elementos alóctonos del depósito.

En la facies calcárea predomina la paleocomunidad de los rudistas *Caprina* y *Requienia*.

Las características litológicas y el tipo de fauna de la paleocomunidad de Las Latas permiten deducir que ésta se desarrolló en una plataforma interna de tipo lagunar, con facies limoarenosas con abundantes gasterópodos y equinoides, y facies carbonatadas propias para el desarrollo de rudistas.

CONSIDERACIONES TAXONÓMICAS

El material estudiado se encuentra depositado en el Museo de Paleontología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, con los números de catálogo del IGM-6351 al IGM-6361.

Icnogénero *Entobia* Bronn, 1837

Entobia cretacea Portlock

(Lámina 1, figura 5; Lámina 2, figuras 1-6; Lámina 3, figuras 1-5)

Entobia cretacea Portlock, Bromley y D'Alessandro, 1984, p. 237 (sinonimia extensa).

Descripción—Las perforaciones se encuentran distribuidas ampliamente, cubriendo un 90% de la superficie de las

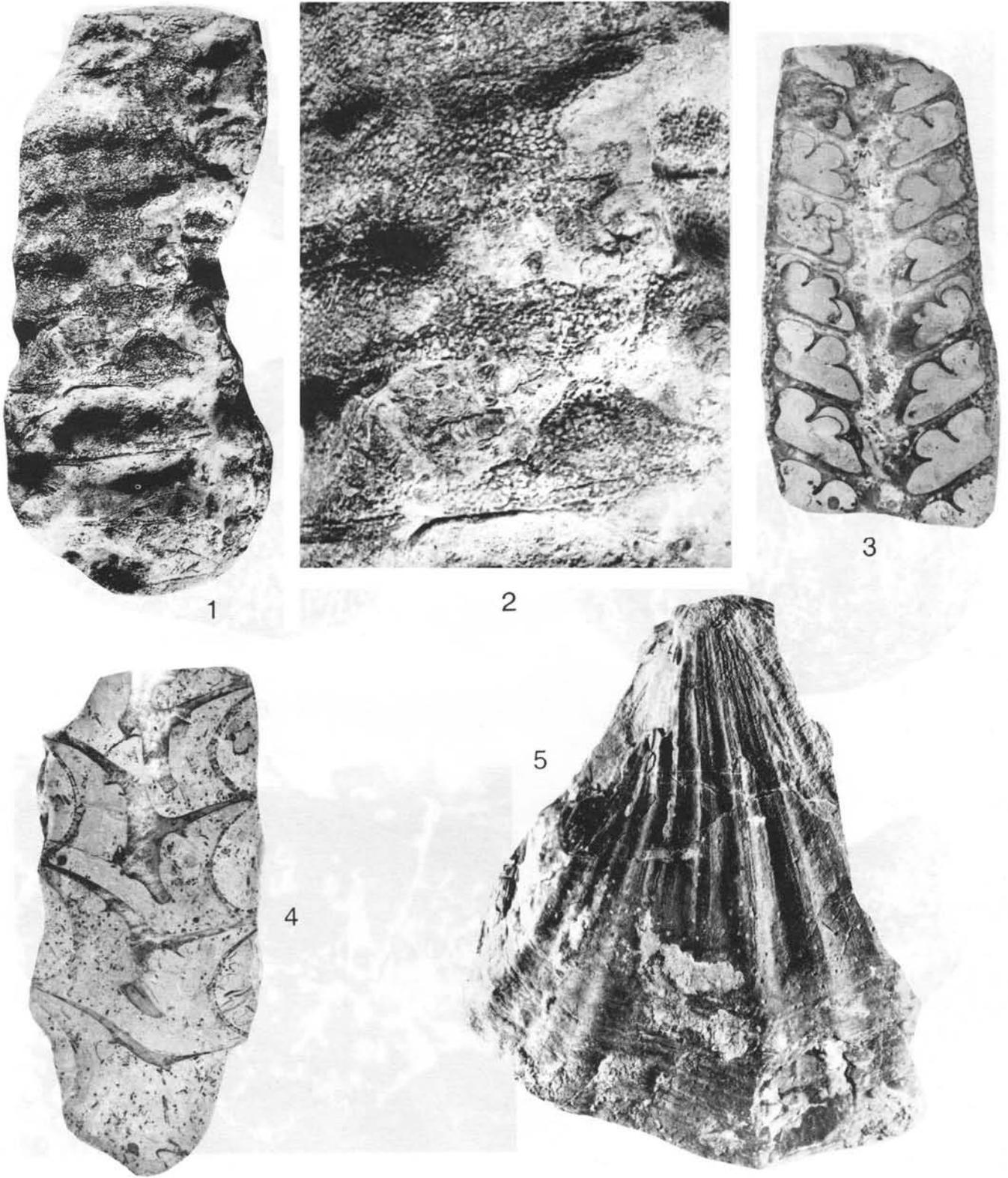


Lámina 1.- Figura 1. *Cossmanea (Eunerinea) azteca* (Alencaster); ejemplar IGM-6351 (x0.75); vista externa de la concha, donde se observa numerosas perforaciones de *Entobia* sp. Figura 2. El mismo ejemplar (x2). Figura 3. *Cossmanea (Eunerinea) azteca* (Alencaster); ejemplar IGM-6352 (x1); corte longitudinal-medio de la concha en el que se ve las perforaciones de *Entobia* sp.; además, se observa la morfología del plegamiento interno, característico del gasterópodo. Figura 4. *Cossmanea (Eunerinea) pauli* (Coquand); ejemplar IGM-6353 (x1), corte longitudinal-medio de la concha con perforaciones de *Entobia* sp. Figura 5. *Neitheia (Neitheops) roemeri* (Hill); ejemplar IGM-6354 (x0.76) con orificios de *Entobia cretacea* Portlock.

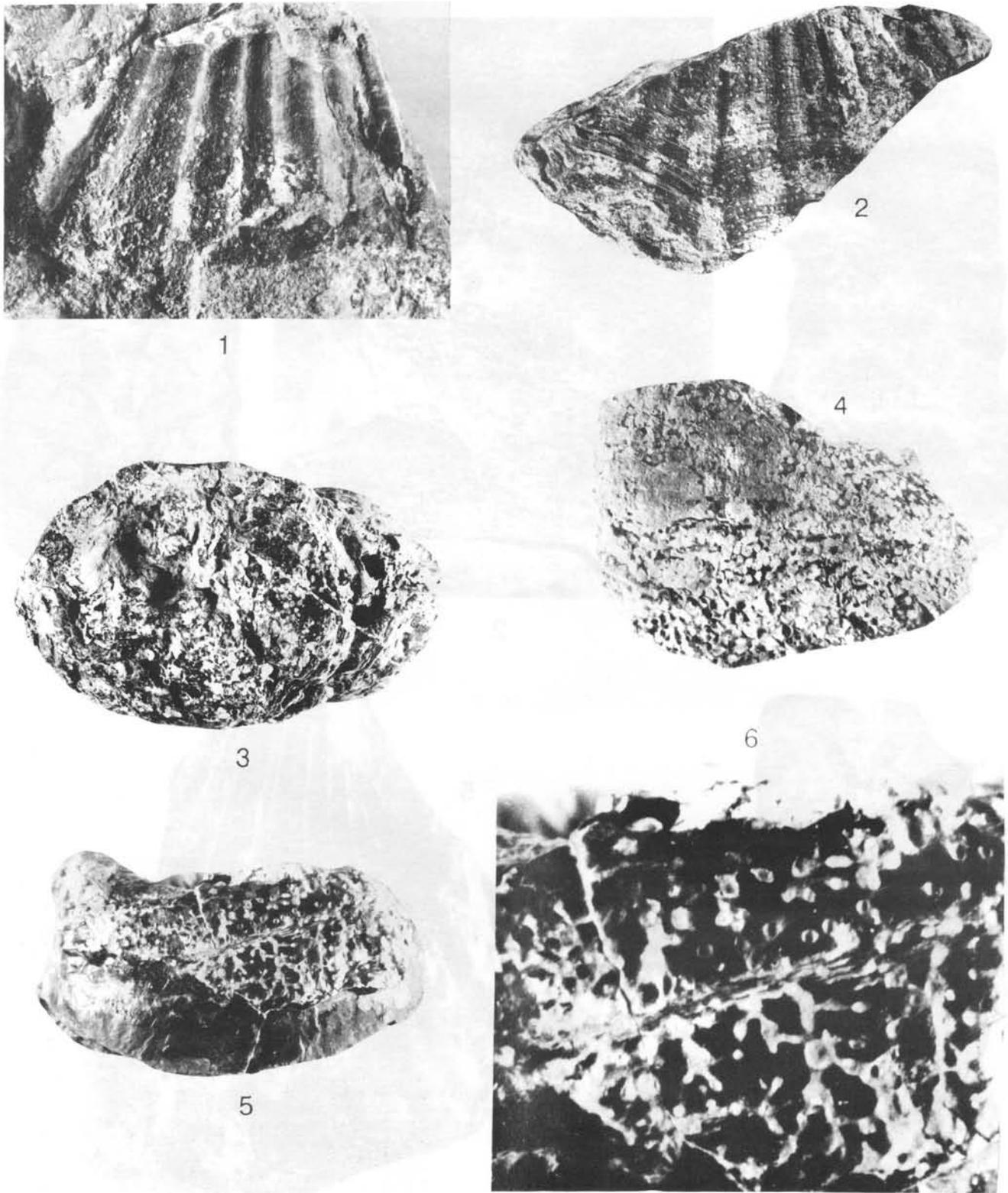


Lámina 2.- Figura 1. *Neithea (Neitheops) roemeri* (Hill); ejemplar IGM-6355 (x1); fragmento de la concha con efectos de bioerosión causados por *Entobia cretacea*. Figura 2. *Neithea (Neitheops) roemeri* (Hill); ejemplar IGM-6356 (x0.50), con perforaciones de *Entobia cretacea* Portlock. Figuras 3-6. *Aetostreon* cf. *A. drakei* (Cragin); ejemplar IGM-6357 (x0.80), en el que se observa la actividad de epibiontes cavadores. Figura 4. Ejemplar IGM-6358 (x1), con orificios causados por *Entobia cretacea*. Figura 5. Ejemplar IGM-6359 (x1), con la superficie de la concha desgastada donde se aprecia orificios circulares que comunican con cámaras y, entre ellas, los canales intercamerales de *E. cretacea*. Figura 6. Ampliación del mismo ejemplar (x1.5).

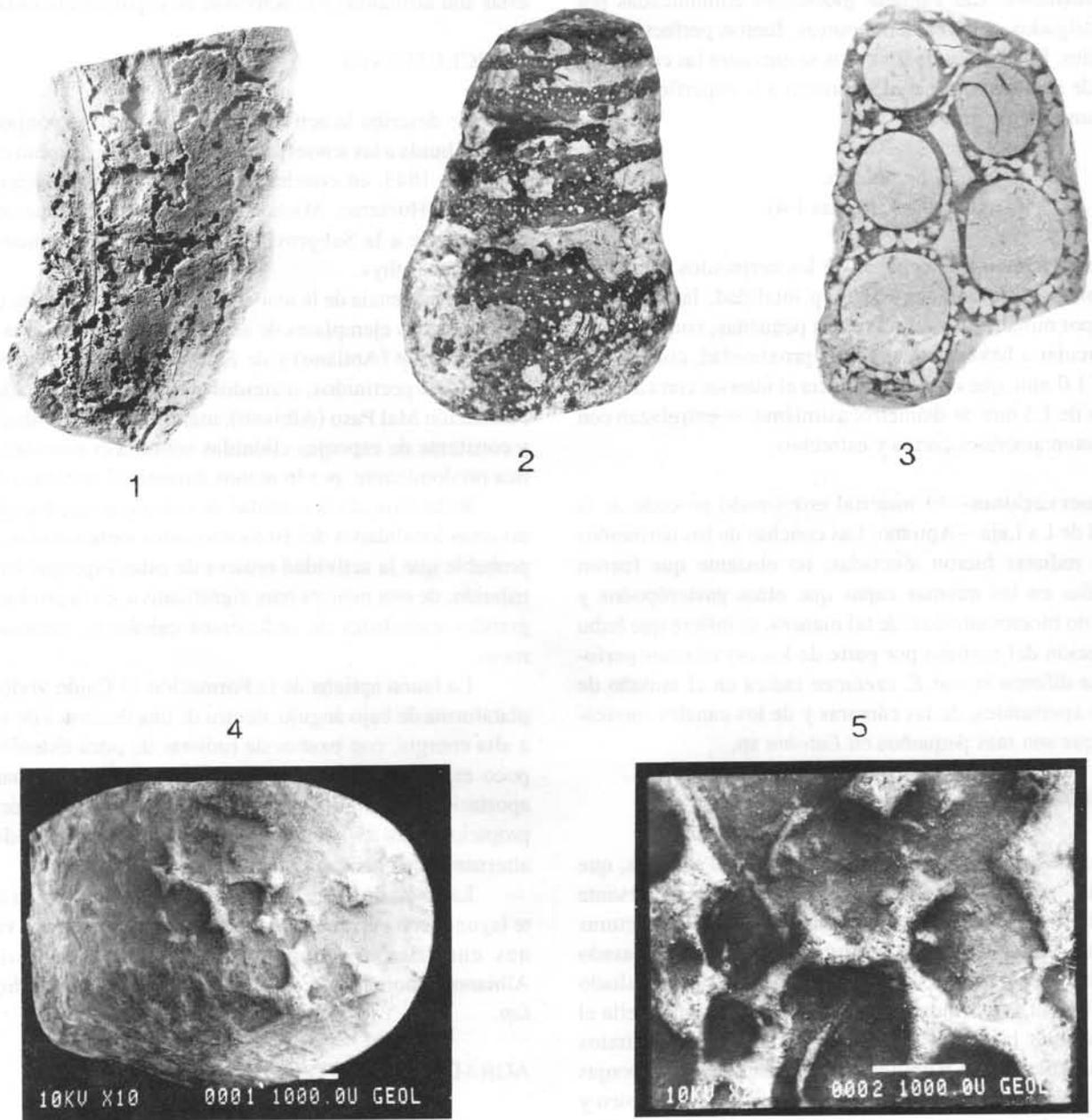


Lámina 3.- Figura 1. *Praeacprina pennyi* Harris y Hodson; ejemplar IGM-6360 (x1); valva izquierda con perforaciones de epibiontes. Figuras 2-5. *Pseudomesalia (Bicarinella) praevicarinata* Akopian; ejemplar IGM-6361; Figuras 2 y 3 (x1.8), partes externa e interna de la concha, que muestran la acción de *Entobia cretacea*; Figuras 4 y 5 (x10 y x24, respectivamente), ampliación de las perforaciones.

conchas afectadas. Tienen el contorno circular, el diámetro de 1.5 mm y atraviesan la pared del sustrato calcáreo a una profundidad de 0.45 hasta 0.90 mm; en el interior forman cámaras semicirculares con un diámetro de 3.0 mm, comunicados por canales intercamerales, subcilíndricos y estrechos, cuya longitud se estima en 2 mm.

Observaciones—Los moluscos procedentes de los afloramientos de Las Latas—Albiano—están afectados por la actividad bioerosiva de esponjas cliónidas en un 65%, aproximadamente. Las cámaras globulares comunicadas por canales delgados, relativamente cortos, fueron perfectamente observables. En algunos de los casos se encontró las cavidades rellenas de sedimento, lo cual imprimió a la superficie de las conchas un aspecto granular.

Entobia sp.

(Lámina 1, figuras 1-4)

Descripción—Las conchas de los nerineidos y rudistas bioerosionados presentan, casi en su totalidad, la superficie cubierta por numerosas perforaciones pequeñas, contiguas, de forma circular a hexagonal, según la proximidad, con un diámetro de 1.0 mm, que comunican hacia el interior con cámaras pequeñas de 1.5 mm de diámetro; asimismo, se entrelazan con canales intercamerales cortos y estrechos.

Observaciones—El material erosionado procede de la localidad de La Laja—Aptiano. Las conchas de los nerineidos y de los rudistas fueron afectadas, no obstante que fueron encontradas en las mismas capas que otros gasterópodos y bivalvos no bioerosionados; de tal manera, se infiere que hubo una selección del sustrato por parte de los organismos perforantes. La diferencia con *E. cretacea* radica en el tamaño de los poros aperturales, de las cámaras y de los canales intercamerales que son más pequeños en *Entobia* sp.

DISCUSIÓN

El conocimiento de las esponjas cliónidas actuales, que producen horadaciones en diferentes sustratos, es interesante por ser aplicable para el entendimiento de las estructuras producidas por bioerosión en sustratos calcáreos en el pasado geológico. En esto último, se utiliza icnotaxa para el resultado de tal actividad, en virtud de no encontrarse asociado a ella el organismo que la causó. Las perforaciones sobre sustratos duros, particularmente atribuidas a representantes de esponjas cliónidas, son abundantes en el registro fósil del Mesozoico y el Terciario. *Entobia cretacea*, anteriormente conocida como *Cliona cretacea*, se encuentra ampliamente distribuida en sustratos de calcita y aragonita—corales, moluscos y equinodermos, entre otros organismos—y en capas de caliza que comprenden del Turoniano al Maastrichtiano de Europa (Bromley, 1970).

Bromley (*op. cit.*), en su excelente artículo sobre las perforaciones fósiles, redefine al icnogénero *Entobia* y su icnoespecie tipo *E. cretacea* Portlock, 1843, como traza o huella fósil y determina más de 22 sinonimias desde la primera descripción de la icnoespecie. Este autor propone como localidad tipo los afloramientos de White Limestone, de probable edad campaniana, localizados en Magilligan Co., Londonderry, en el norte de Irlanda.

Con base en el análisis de las características peculiares de las perforaciones en las conchas fósiles de "Tierra Caliente", éstas son atribuidas a la actividad de esponjas cliónidas.

CONCLUSIONES

Se describe la actividad perforadora de esponjas cliónidas, atribuida a las icnoespecies *Entobia* sp. y *Entobia cretacea* Portlock, 1843, en conchas de invertebrados cretácicos de la región de Huetamo, Michoacán, y Cutzamala, Guerrero, que corresponde a la Subprovincia Mexicana del Dominio Occidental del Tethys.

La presencia de la icnoespecie *Entobia* sp. en las conchas de numerosos ejemplares de nerineidos y rudistas de la Formación El Cajón (Aptiano) y de *Entobia cretacea* en nerineidos, casiópodos, pectínidos, ostreidos y rudistas recolectados en la Formación Mal Paso (Albiano), manifiesta la actividad normal y constante de esponjas cliónidas sobre la comunidad faunística predominante, por lo menos durante 17 millones de años.

Relacionando la cantidad de sedimento producido en las diversas localidades del Holoceno antes mencionadas, es muy probable que la actividad erosiva de estas esponjas haya contribuido, de una manera muy significativa, en la producción de grandes cantidades de sedimentos calcáreos, formadores de rocas.

La fauna aptiana de la Formación El Cajón vivió en una plataforma de bajo ángulo, dentro de una dinámica de mediana a alta energía, con bancos de rudistas de poca extensión y de poco espesor, con fluctuaciones a ambientes lagunares con aportaciones de arcilla calcárea fina y material volcánico, propicios para el desarrollo de bancos de nerineidos, que alternaron con las capas de caliza.

La fauna de la Formación Mal Paso existió en un ambiente lagunar con barreras arrecifales correspondientes a variaciones eustáticas producidas por la tectónica activa del Albiano-Cenomaniano, con facies características *onlap* y *off-lap*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores hacen patente un amplio agradecimiento al doctor Jordi Martinell de la Universidad de Barcelona, España, por sus valiosas sugerencias para la realización de esta investigación, y al doctor Adolf Seilacher de la Universidad de Tübingen, Alemania, por la revisión crítica del manuscrito. Asimismo, le dan las gracias a la M. en C. Barbara Martiny por

la corrección del resumen en inglés y a la M. en C. Margarita Reyes-Salas por haber tomado las imágenes en el microscopio electrónico.

Los gastos de campo del segundo autor fueron sufragados gracias a la subvención económica D112-903504, otorgada por el CONACYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acker, K.L., y Risk, M.J., 1985, Substrate destruction and sediment production by the boring sponge *Cliona caribbaea* on Grand Cayman Island: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 55, p. 705-711.
- Boekschoten, G.J., 1966, Shell borings of sessile epibiontic organisms as palaeoecological guides, with examples from Dutch coast: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 2, p. 333-379.
- Bromley, R.G., 1970, Boring as trace fossils and *Entobia cretacea* Portlock, as an example, in Crimes, T.P., y Harper, I.C., eds., Trace fossils: *Geological Journal Special Issue* 3, p. 49-90.
- 1978, Bioerosion of Bermuda reefs: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 27, p. 169-197.
- Bromley, R.G., y D'Alessandro, A., 1984, The ichnogenus *Entobia* from the Miocene, Pliocene and Pleistocene of southern Italy: *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, v. 90, p. 227-296.
- Buitrón, B.E., y Rivera, C.E., 1985, Nerineidos (Gastropoda-Nerineidae) cretácicos de la región de Huetamo-San Lucas, Michoacán: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 46, p. 65-78.
- Buitrón, B.E.; Pantoja-Alor, Jerjes; y Mergold, V.C., 1991, Actividad perforante de epibiontes en nerineidos cretácicos de La Laja, Estado de Michoacán, in Rubinovich, Raúl, y Carreño, A.L., eds., Convención sobre la evolución geológica de México y Primer Congreso Mexicano de Mineralogía: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Universidad Autónoma de Hidalgo, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra; Sociedad Mexicana de Mineralogía; Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, Pachuca, Hidalgo, Memoria, p. 18-20 (resumen).
- Buitrón, B.E., y Pantoja-Alor, Jerjes, 1992, Los gasterópodos albianos del sinclinal de Mal Paso, Estado de Michoacán, México: *Sociedad Geológica Mexicana, Convención Nacional*, 11, Investigación y tecnología geológica de los recursos naturales y su impacto en el medio ambiente, Libro de Resúmenes, p. 39.
- Ekdale, A.; Bromley, R.G.; y Puberton, S., 1984, Ichnology—trace fossils in sedimentology and stratigraphy: *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Short course* 15, 317 p.
- Fischer, Rudolf, 1990, Significado paleoecológico y geológico de perforaciones fósiles de bivalvos: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, v. 3, núm. 1, p. 79-95.
- García-Barrera, Pedro, y Pantoja-Alor, Jerjes, 1991, Equinoides del Albiano tardío de la Formación Mal Paso, de la región de Chumbitaro, estados de Guerrero y Michoacán, México: *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, v. 4, p. 23-41.
- Gardiner, J.S., 1902, The action of boring and sand-feeding organisms, in Gardiner, J. S., ed., *The fauna and geography of the Maldive and Laccadive Archipelagoes*: v. 1, n. 3, 333 p.
- 1903, The origin of coral reefs as shown by the Maldives: *American Journal of Science*, v. 4, núm. 16, 203 p.
- Ginsburg, R.N., 1957, Early diagenesis and lithification of shallow-water carbonate sediments in South Florida, in *Regional aspects of carbonate deposition: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publ.*, v. 5, 80 p.
- Goreau, T.F., 1965, Fore-reef slope of Jamaica—structure, sediment and community relationships: *Geological Society of America Special Paper* 82, 76 p.
- Goreau, T.F., y Hartman, W.D., 1963, Boring sponges as controlling factors in the formation and maintenance of coral reefs, in Sognnaes, R. F., ed., *Mechanisms of hard tissue destruction: American Association for the Advancement of Science, Special Publication* 75, p. 79-84.
- Kelly, S.R.A., y Bromley, R.G., 1984, Ichnological nomenclature of clavate borings: *Paleontology*, v. 27, p. 793-807.
- Kitchell, J.A.; Boggs, C.H.; Rice, J.A.; y Martinell, J., 1986, Anomalies in naticid predatory behavior—critical and experimental observations: *Malacología*, v. 27, núm. 2, p. 291-298.
- Kobluk, D.R., 1981, Lower Cambrian cavity-dwelling endolithic (boring) sponges: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 18, p. 972-980.
- Kollmann, H.A., y Sohl, N.F., 1979, Western Hemisphere Cretaceous Itieriidae gastropods: *U.S. Geological Survey Professional Paper* 1125-A, p. A1-A15.
- Martinell, Jordi, 1989, Interacción organismos/sustrato duro—la bioerosión y sus implicaciones, in *Paleontología: Aguirre, E., ed., Colección "Nuevas Tendencias"*, p. 205-222.
- Martinell, Jordi, y Domenech, T., 1981, Boring activity of epibionts in an early molluscan fauna of Spanish Catalunya: *Acta Geológica Hispánica*, v. 16, núm. 3, p. 145-150.
- Mennessier, Guy, 1989, Révision des gastéropodes appartenant à la Famille des Cassiopiidae Kollmann (=Glauconiidae, Ptechelintsev): *Francia, Travaux du Département de Géologie de l'Université de Picardie*, 190 p., 17 láms.
- Moore, C.H., Jr., y Shedd, W.W., 1977, Effective rates of sponge bioerosion as a function of carbonate production, in Taylor, D.L., ed.: *International Coral Reef Symposium*, 3, Proceedings, v. 3, p. 499-505.
- Neumann, A.C., 1966, Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the sponge *Cliona lampa*: *Limnology and Oceanography*, v. 11, p. 92-108.
- Pantoja-Alor, Jerjes, 1959, Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Estado de Michoacán: Consejo de Recursos Naturales no Renovables, *Boletín* 50, 63 p.
- 1990, Redefinición de las unidades estratigráficas de la secuencia mesozoica de la región de Huetamo-Ciudad Altamirano, Estados de Michoacán y Guerrero: *Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional*, 10, Veracruz, Ver., Resúmenes, p. 66 (resumen).
- 1992, La Formación Mal Paso y su importancia en la estratigrafía del sur de México: *Sociedad Geológica Mexicana, Convención Geológica Nacional*, 11, Veracruz, Ver., p. 121-123 (resumen).
- 1993, Description of the localities visited in the field trip B, in Pantoja-Alor, Jerjes; Alencaster, Gloria; and Gómez-Caballero, Arturo, eds., *Geology and rudist communities of the Huetamo region, State of Michoacán, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, International Conference on Rudists*, 3, Mexico, D.F., Guidebook of field trip B, p. 11-40.
- Portlock, J.E., 1843, Report on the geology of the county of Londonderry and parts of Tyrone and Fermanagh: Her Majesty's Stationery Office, 748 p.
- Rützler, K., y Reiger, G., 1973, Sponge burrowing—fine structure of *Cliona lampa* penetrating calcareous substrate: *Marine Biology*, v. 12, p. 144-162.
- Vaughan, P.G., 1988, Cretaceous nerineacean gastropods: Systematics affinities and palaeoecology: *Manchester Open University, disertación doctoral*, 263 p. (inédita).
- Warne, J.E., 1977, Carbonate bores—their role in reef ecology and preservation, in Frost, S.H.; Weiss, M.P.; y Saunders, J. B., eds., *Reef and related carbonates—ecology and sedimentology: American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology* 4, p. 261-279.
- Zapfe, H., 1973, Palaontologische Untersuchungen an Hippuritenvorkommen der nordalpine Gosauschichten: *Verh. Zool. Ges.* 86-87, p. 73-74.

Manuscrito presentado: 5 de enero de 1994.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 27 de septiembre de 1994

Manuscrito aceptado: 7 de octubre de 1994.