



00381

311

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**BIOESTRATIGRAFIA Y BIOGEOGRAFIA LOCAL
DE LOS RUDISTAS CRETA CICOS (HIPURITACEA) DE LA
REGION DE HUETAMO, MICHOACAN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE :

**DOCTOR EN CIENCIAS
(BIOLOGIA)**

P R E S E N T A :

PEDRO GARCIA BARRERA

Directora de tesis: DRA. GLORIA ALENCASER YBARRA

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

AGRADECIMIENTOS

A través de estas líneas deseo agradecer profundamente a las siguientes personas su participación en algún aspecto relacionado con la elaboración de mi trabajo de tesis.

Al comité tutorial y los sinodales por su orientación, sus atinados comentarios, sus sugerencias y su profesionalismo en la revisión del manuscrito, ellos son:

Dra. Gloria Alencáster, Dra. Marisol Montellano, Dr. Francisco Javier Vega, Dr. Reinhard Weber, Dr. Odrancoel Quintero, Dra. Blanca Estela Buitrón y Dra. Celestina González, todos ellos investigadores del Instituto de Geología de la UNAM.

A la DGAPA y al Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM sin cuyo apoyo económico no se hubiera llevado a cabo este trabajo y los estudios correspondientes al Doctorado en Ciencias (Biología Animal).

Al M. en C. Francisco Sour y a la Dra. Sara A. Quiroz del Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por el apoyo brindado para la realización de este proyecto, por su profesionalismo, por sus valiosos comentarios y por su sincera amistad.

A mis compañeros y amigos del Museo de Paleontología por su gran ayuda y colaboración, tanto en el trabajo de campo como en el laboratorio: Biól. Itzia Nieto, M. en C. Susana Magallón, Biól. Jorge Ortiz, Biól. Daniel Santillán, Biól. Jesús Vega y Biól. Luis Chávez. A este último además debo agradecer su revisión de estilo y corrección del manuscrito.

A Héctor Hernández Campos por su generosidad, su amistad y las excelentes fotografías que ilustran los especímenes fósiles.

A Rubén Rodríguez de la Rosa, mil gracias por ilustrar magníficamente todos los trabajos que le solicitamos, en particular las reconstrucciones de las asociaciones de rudistas de la región de Huetamo.

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	4
ANTECEDENTES	4
Marco geológico	4
Trabajos de investigación relacionados con el área	8
METODOLOGÍA DE TRABAJO	11
RESULTADOS	14
Introducción	
Paleontología sistemática	18
Descripción de las localidades	22
Los Hornos	23
El Cuachalalate	32
El Martillo	39
El Encino, Las Latas y La Piñuela	46
El Cajón	61
ASOCIACIONES FÓSILES	67
BIOGEOGRAFÍA DE RUDISTAS DURANTE EL PERIODO CRETÁCICO	72
Conceptos básicos	72
Biogeografía y bioestratigrafía	77
Paleobiogeografía de rudistas	78
Distribución en México	81
DISCUSIÓN	84
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	94

RESUMEN

Se estudiaron los fósiles de rudistas (Bivalvia-Hippuritacea) provenientes de siete localidades cretácicas de la región de Huetamo, Michoacán. En cada localidad se describieron con detalle los estratos portadores de fósiles, en particular de rudistas y se elaboró una columna estratigráfica local en cada sitio.

Por otro lado, ya en el laboratorio, se identificaron las muestras encontradas en las distintas localidades y se verificó el alcance estratigráfico de las mismas. Como resultados del trabajo realizado se pudo establecer la presencia de un conjunto de especies típicas del Albiano, y otro conjunto de especies indicadoras de edad aptiana, principalmente del Aptiano temprano. A la vez, el estudio permitió situar a las especies dentro de un contexto formacional y en un contexto estratigráfico local que tiene validez regional. En total se registraron diez especies y ocho géneros diferentes de rudistas.

La exploración del área permitió también conocer la ubicación precisa de los afloramientos paleontológicos, así como la distribución geográfica y extensión de los bancos y arrecifes de rudistas. Lo anterior aportó datos importantes desde el punto de vista paleoambiental.

ABSTRACT

Numerous fossil samples of rudists (Bivalvia-Hippuritacea) from seven Cretaceous localities were studied in the region of Huetamo, Michoacan, Mexico. At each locality, the fossil-bearing strata, specially those containing rudists were described in detail; as a result now there are several new local stratigraphic columns.

Fossils were identified and their stratigraphic ranges were verified. As a result it was noticed the presence of ten species and eight genera, all of them divided in two assemblages: one of them typical of early-middle Albian age, and the other of early Aptian age. All species were situated within a Formational context and on a stratigraphic local context with regional validity. Also the study allowed to know the precise geographic location of paleontological sites, specially where there are banks and biostromes of rudists.

INTRODUCCIÓN

Los rudistas son moluscos bivalvos de la superfamilia Hippuritacea. Su origen se extiende hasta el Jurásico Tardío (Oxfordiano) en la Provincia del Mediterráneo, y está ligado directamente a la familia Megalodontidae (Paleozoico-Mesozoico Temprano). Vivieron durante todo el período Cretácico y se extinguieron a finales del mismo, al igual que muchos otros seres vivos. El nombre de rudistas se le debe a Lamarck, quien con ello hizo referencia a su tosco aspecto externo y a sus raras formas, totalmente distintas a las de los bivalvos que comunmente conocemos.

La distribución geográfica de estos organismos sésiles se conoce por sus fósiles que en muchas ocasiones formaban verdaderos arrecifes o grandes y pequeños bancos. Vivieron siempre dentro de una franja circumequatorial que comprendía las regiones tropical y subtropical del globo, y predominantemente en los mares epicontinentales someros donde se desarrollaban grandes plataformas calcáreas propicias para el establecimiento de sus comunidades (Alencáster, 1990).

La importancia de este grupo de fósiles resulta precisamente de sus hábitos gregarios, puesto que en primera instancia, al igual que los corales, son organismos formadores de roca. Por tal motivo los afloramientos de rudistas se han explotado como canteras de piedra caliza, obteniendo productos como cal y lajas para pisos y fachadas. Por otro lado, la naturaleza de las conchas de muchos rudistas, en especial aquellas que cuentan con gran cantidad de canales, sirvieron (ya formada la roca) como trampas de hidrocarburos, especialmente de petróleo. Además de lo anterior, su presencia en los depósitos fosilíferos nos habla, según las especies encontradas, de alguna edad en particular dentro del período Cretácico.

Con los datos anteriores se comprende que es necesario realizar diversos estudios sobre los rudistas, en particular

todos aquellos aspectos de la investigación básica como sería la taxonomía y la estratigrafía; de lo contrario la acelerada explotación comercial de las canteras donde se encuentran rudistas y otras faunas de invertebrados, puede hacer que se pierda significativamente su registro al grado de privarnos, incluso, de conocer géneros y especies nuevas para la ciencia e imposibilitarnos para realizar estudios paleoecológicos y paleobiológicos y evolutivos posteriores.

OBJETIVOS

Para contribuir al conocimiento de la fauna de rudistas de México se elaboró un proyecto de investigación con los siguientes objetivos:

Realizar una columna estratigráfica local de cada sitio donde se recolectaron muestras de rudistas, y situar las columnas y los fósiles dentro de un contexto formacional.

Desde luego los fósiles serán identificados taxonómicamente y se establecerán los alcances estratigráficos de los géneros y especies de rudistas representados dentro de las distintas formaciones geológicas.

Una vez realizado lo anterior se procederá al análisis de datos desde el punto de vista biogeográfico en el ámbito local o regional.

ANTECEDENTES

Marco geológico

Las unidades estratigráficas de la secuencia mesozoica de la región de Huetamo fueron definidas en 1959 por Pantoja-Alor, quien subdividió la columna estratigráfica de la siguiente manera:

En la base, se localiza la Formación Angao del Jurásico Tardío; la Formación San Lucas que va desde el Hauteriviano hasta el Aptiano; la Formación Morelos de edad albiana; y la Formación Mal Paso del Cenomaniano-Turoniano. Sin embargo,

los estudios estratigráficos recientes llevados a cabo por Pantoja-Alor (1990, 1992, 1993) han tenido como resultado el descubrimiento de nuevos conjuntos fósiles, la sub división de las formaciones geológicas existentes y la proposición de nuevas unidades litológicas.

Dentro del aspecto paleontológico vale la pena mencionar los bancos y conjuntos de rudistas (fauna no descrita hasta hace un par de años) cuyo estudio fue iniciado por la Dra. Gloria Alencáster del Instituto de Geología de la UNAM, y que se continúa en el presente trabajo.

Actualmente, la secuencia de las rocas mesozoicas de la región de Huetamo ha sido dividida en distintas formaciones que afloran en dos áreas, llamadas por Pantoja-Alor (1993) Huetamo Este y Huetamo Oeste. En la región Este la secuencia estratigráfica es la siguiente:

En la base, la Formación Angao todavía se considera del Jurásico Tardío, y consiste de una secuencia flysch turbidítica distal. Descansando concordantemente sobre los sedimentos jurásicos se encuentran los estratos del anticlinal de San Lucas; se trata de una secuencia flysch de lutita, arenisca y conglomerado (turbidítica), que conforma a la Formación San Lucas (Neocomiano).

La Formación San Lucas fue dividida en dos Miembros; el inferior, Terrero Prieto, consiste de lutita, arenisca calcárea y conglomerado con algunos bancos de rudistas en la parte superior de la sección. En este Miembro también se han registrado amonites del Valanginiano superior y del Barremiano (Gómez Luna et al, 1993), y amonites del Barremiano inferior (González-Arreola et al, 1996). El Miembro superior, Las Fraguas, de casi 400 metros de espesor, consiste de lutita, arenisca calcárea feldespática, lodolita y argilita, con dominancia de sedimentos volcánico-clásticos, que contienen una buena cantidad y diversidad de invertebrados marinos fósiles de edad aptiana, incluyendo braquiópodos, gasterópodos, equinodermos y amonites en mal estado de conservación (Sour Tovar y García-Barrera, 1995).

Por arriba de los estratos de la Formación San Lucas descansa concordantemente la secuencia estratigráfica de la Formación El Cajón, de edad aptiana tardía y que se encuentra formada por gruesos estratos de calizas biógenas y coquinas con *Orbitolina*, intercaladas con sedimentos arcillosos. Las rocas expuestas representan facies lagunares de plataforma somera, desarrolladas entre bancos de rudistas y ostreidos dentro de la zona intermareal.

Los estratos de la Formación Mal Paso sobreyacen con ligera discordancia angular a las calizas de la Formación El Cajón. Se trata de una secuencia clástica de origen marino que consta de lutita, arenisca, marga, caliza y conglomerado intercalados, que en conjunto tienen entre 750 y 1000 metros de espesor. Su edad se considera principalmente albiana, sin descartar la posibilidad de que en su parte superior existan sedimentos asignables al Cenomaniano.

La Formación Mal Paso ha sido dividida en dos miembros, el inferior clástico de ambientes deltaicos, y el superior predominantemente calcáreo, de ambientes lagunares. El miembro superior es el más fosilífero, tanto en cantidad de restos de invertebrados marinos, como en la diversidad de especies representadas.

Sobre la Formación Mal Paso descansa con ligera discordancia angular la Formación Cutzamala, propuesta por Campa (1978). Esta unidad consiste de argilita, lodolita, arenisca y abundante conglomerado; representa ambientes deltaicos distales, ambientes fluviales continentales y depósitos aluviales. Los conglomerados polimícticos y oligomícticos están formados principalmente por fragmentos de caliza provenientes de formaciones mesozoicas más antiguas.

En la parte oeste de la región de Huetamo la secuencia mesozoica es, según Pantoja-Alor (1993) como sigue:

"En la base se encuentra la Formación Zirándaro del Jurásico Superior, que consiste de una secuencia turbidítica de capas rojas formada por brecha, conglomerado, arenisca y lodolita con caliza rojiza intercalada y derrames lávicos de

composición dacítica-andesítica; las rocas sedimentarias que presenta corresponden a sedimentos de talud de pendiente moderada, además de facies distales de abanico representadas por calizas".

La Formación Cumburindio (Barremiano-Aptiano) descansa con discordancia angular sobre la Formación Zirándaro; fue dividida en dos miembros; el inferior, calcáreo-arenoso (feldespático) muy fosilífero que presenta intercalados al menos cuatro biostromas de rudistas. El miembro superior está caracterizado por una secuencia de argilita, lodolita, arenisca, conglomerado con derrames lávicos intercalados, brechas y lajares de composición andesítica a riolítica; Pantoja-Alor lo denominó como miembro volcánico-volcaniciclástico.

La unidad anterior está cubierta discordantemente por rocas volcánicas de carácter calci-alcalino de la Formación Turitzio de probable edad albiana. Dentro de esta formación también existen sedimentos finos de frente deltaico.

La formación anterior está cubierta transicionalmente por calizas arrecifales con abundantes pelecípodos y gasterópodos de edad cenomaniana-turoniana, a las cuales Pantoja-Alor (1990) denominó Formación Huetamo.

Actualmente la región de Huetamo sigue siendo estudiada en diversos aspectos geológicos y paleontológicos, por lo que se esperan ciertas modificaciones a la información anterior, en la medida en que se presenten los avances de tales investigaciones. Prueba de lo anterior es el presente trabajo, donde se hace una contribución más al estudio de lo que, a juicio del autor, será en pocos años una de las regiones mejor conocidas desde el punto de vista paleontológico en nuestro país.

Trabajos de investigación relacionados con el área

Desde el trabajo pionero de Pantoja-Alor (1959), han sido pocos los estudios paleontológicos que se han publicado sobre la región de Huetamo, puesto que a la fecha han pasado ya 37 años y sólo contamos con una docena de publicaciones (in extenso) específicas del área.

Los trabajos más antiguos tratan aspectos principalmente geológicos como el estudio sintético sobre el Mesozoico mexicano de Burckhardt (1930), donde hace una recopilación de datos geológicos y paleontológicos mencionando la región de Huetamo y describiendo una sección hecha por Hall (1903) entre Pungarabato, Gro. (hoy Ciudad Altamirano) y Huetamo, Mich. en la que da a conocer la presencia de calizas asignables al Cretácico medio.

Pantoja-Alor (1959) describió la secuencia de estratos mesozoicos de la región de Huetamo y definió formalmente las unidades litoestratigráficas que afloran en una superficie aproximada de 800 km²; además mencionó de manera general el contenido fósil de las formaciones descritas.

Ayala-Castañares (1960) describió e ilustró una especie nueva de foraminífero, *Orbitolina morelensis*, encontrada en las calizas de la Formación Morelos (actualmente denominada El Cajón).

En 1973, Buitrón describió una especie nueva de erizo de mar, *Tetragramma gloriae*, proveniente de la Formación San Lucas, y le asignó una edad hauteriviana-aptiana.

En cuanto a tesis profesionales se encuentran la de Valdéz Gómez (1980), quien mencionó la presencia de nueve especies de gasterópodos del Cretácico Inferior de Cócoaro y Los Llanos en estratos de la Formación San Lucas.

Romo de la Rosa (1981) describió e ilustró 21 especies de gasterópodos del Cerro de San Miguel, provenientes de estratos de las Formaciones San Lucas y Morelos (El Cajón). En su trabajo destacó la importancia de las relaciones paleobiogeográficas que se podían establecer con otras

localidades cretácicas de México, de la Cuenca Mediterránea, en particular de España, Italia, Francia, Rumania, Líbano etc., de Texas en Estados Unidos y de la India.

Buitrón (1981), Buitrón y Rivera (1985) y Buitrón (1986) describieron la fauna de gasterópodos de diversas localidades cercanas a la región de Huetamo, y dentro de la misma. Al igual que otros autores, reconocieron las relaciones paleobiogeográficas de dichas faunas con otras reportadas para el sureste de Estados Unidos, la región mediterránea, el Caribe, varias localidades de México (Punta China, B. C., Arivechi, Sonora y otras) e incluso con localidades estudiadas en Japón.

Cabe hacer notar que, hasta 1986, los trabajos realizados tuvieron un enfoque taxonómico y se centraron en el estudio de los moluscos, principalmente de los gasterópodos.

A partir de 1989, por iniciativa del Ing. Jerjes Pantoja-Alor se reiniciaron los trabajos de investigación en la región de Huetamo, pero ahora con un enfoque bioestratigráfico, paleoecológico y paleoambiental, además del taxonómico.

Con la orientación anterior, se publicaron trabajos como los de García-Barrera y Pantoja-Alor (1991), quienes con base en el estudio de los equinodermos fósiles recolectados alrededor del poblado de Chumbítaro, asignaron una edad albiana a una parte de la Formación Mal Paso.

En 1992 Alencáster y Pantoja-Alor dieron a conocer por primera vez para la región el hallazgo de *Amphitriscoelus*, rudista caprínido encontrado en el arroyo Los Hornos, cerca del poblado de Turitzio. Los mismos autores (1993, 1995, 1996) indicaron la presencia de *A. waringi* y *A. pluriloculata* n. sp. y otros rudistas de edad aptiana, para los estratos de la Formación Cumburindio.

También durante 1992 se ampliaron los estudios sobre los gasterópodos fósiles con el trabajo de Buitrón y Pantoja-Alor.

Gómez-Luna y colaboradores (1993) dieron a conocer por primera vez algunas especies de amonites del Valanginiano y del Barremiano para estratos de la Formación San Lucas, específicamente para el Miembro Terrero Prieto, en el Arroyo Las Paredes.

García-Barrera (1993) estudió los conjuntos fósiles de la Formación Mal Paso y la asociación de tales conjuntos a facies de aguas someras, principalmente lagunares.

En 1995 Chávez García dió a conocer, a través de su tesis de licenciatura, un estudio bioestratigráfico con datos muy interesantes sobre la fauna de gasterópodos de una localidad denominada La Piñuela, en estratos de la Formación Mal Paso.

En ese mismo año se dieron a conocer otros avances sobre la paleontología del área de Huetamo: un estudio con énfasis en paleobiogeografía de braquiópodos (Sour Tovar y García-Barrera, 1995); y otro sobre corales, tanto del Albiano-Cenomaniano, como del Barremiano-Aptiano (H. Filkorn y Pantoja-Alor, 1995; y Pantoja-Alor y H. Filkorn, 1995).

A la fecha, 1996, están por publicarse nuevos artículos que hacen referencia a la fauna de invertebrados marinos de la región de Huetamo, tales publicaciones tratan sobre taxonomía de Rudistas aptianos y albianos, (Alencáster; García-Barrera); sobre bioestratigrafía de amonoideos barremianos y aptianos, (González-Arreola y colaboradores), y sobre paleoambientes y comunidades antiguas del Aptiano temprano, (Nieto López, tesis profesional).

Queriendo contribuir a resolver el problema de la falta de datos sobre la presencia de las especies de rudistas en un contexto estratigráfico, es como se decidió realizar el presente estudio, además de aportar datos precisos para la asignación de edades a las rocas portadoras de conjuntos faunísticos característicos donde predominan las especies de rudistas.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo de tesis se llevó a cabo en dos ámbitos distintos pero complementarios, uno de ellos, el laboratorio donde se procesan las muestras en cuanto a su limpieza, conservación e identificación; y el campo donde se obtiene toda la información pertinente respecto a la posición stratigráfica de los fósiles, su abundancia, su distribución espacial, etcétera. A continuación se enlista de manera detallada la secuencia de actividades desarrolladas tanto en el campo como en el laboratorio, para la consecución de los objetivos planteados para este trabajo paleontológico.

1. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los diversos tópicos que se relacionan con el área de estudio y con el grupo biológico de los rudistas. Lo anterior con el objeto de obtener la mayor cantidad de información posible, por ejemplo, sobre los trabajos previos realizados en el área y los temas abordados en ellos.

2. Se llevó a cabo un análisis de los trabajos publicados y una selección de la información más relevante en cada caso.

3. Se visitaron diferentes zonas dentro del área de estudio para determinar los sitios paleontológicos y se obtuvieron muestras de rudistas y la fauna asociada a ellos. En los mapas topográficos (hoja Huetamo y hoja Coyuca de Catalán escala 1:50,000) se estableció la posición geográfica precisa de cada localidad fosilífera donde se encontraron bancos o biostromas de rudistas.

4. Durante el trabajo de campo se realizaron distintos recorridos con la finalidad de establecer con precisión la secuencia stratigráfica local en cada sitio de colecta. Lo anterior contribuyó a situar stratigráficamente las muestras dentro de un contexto local y también dentro de un contexto

formacional establecido con anterioridad (Pantoja, 1990, 1993). El trabajo anterior hizo posible la elaboración de las columnas estratigráficas que se muestran en la sección de resultados; en cada caso se midió el espesor de la columna y en forma gráfica se situó en ella a los diversos tipos de fósiles.

5. Se describieron con detalle las características de los estratos donde se hallaron rudistas así como las particularidades del material recolectado en el campo, por ejemplo, el grado de conservación de las muestras, el o los procesos de fosilización, la abundancia relativa de los distintos tipos de restos encontrados, la asociación de especies, su distribución en el área, etcétera; todo ello con la finalidad de obtener datos importantes sobre el ambiente de depósito donde se formaron los yacimientos fosilíferos.

6. Los datos registrados en la libreta de campo se acompañaron casi siempre de fotografías, por lo que se cuenta ahora con un archivo fotográfico para cada localidad. En él se ejemplifican con imágenes las características litológicas, la abundancia, diversidad y grado de conservación de las muestras, así como los cambios estratigráficos más importantes detectados en cada secuencia.

7. A todas las muestras recolectadas se les asignó un número y se envolvieron cuidadosamente para mantener un estricto control de los ejemplares en cada localidad.

8. Una vez en el laboratorio se procedió a realizar la limpieza de todos los ejemplares recolectados. En primer lugar, se remojaron los especímenes en agua y se limpiaron con cepillos de dientes de cerdas duras. Lo anterior para remover el exceso de sedimento que los cubría. En algunos casos, dependiendo del exceso y dureza de los sedimentos, se

utilizó ácido clorhídrico diluido al 10% en volumen, acompañado de un cepillado vigoroso de las muestras.

9. En otros casos se empleó el Sand Blaster o el Air Scribe para completar la limpieza de los ejemplares; estos son aparatos que funcionan con aire comprimido y utilizan un polvo abrasivo, como en el primer caso, o hacen girar una punta de acero a alta velocidad como en el segundo caso.

10. Una vez limpio el material, se seleccionaron los ejemplares que debían ser cortados y pulidos, con el objeto de obtener películas de acetato (peels) de las superficies pulidas y poder observar así detalles anatómicos internos de las conchas.

11. Se procedió a identificar las especies a través de un análisis anatómico detallado, la consulta bibliográfica especializada la comparación con ejemplares previamente determinados.

12. Por último se realizó una selección del material que sería fotografiado para elaborar las láminas que ilustrarían el trabajo; se dibujaron los mapas y las columnas estratigráficas correspondientes.

Una parte de los ejemplares de rudistas y la fauna acompañante están depositados en el Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la UNAM bajo las siglas FCMP acompañadas del sub índice Q y el número correspondiente de catálogo según la localidad fosilífera donde se recolectaron. Otros ejemplares están depositados en el Instituto de Geología de la UNAM bajo las siglas IGM y el número de catálogo correspondiente.

RESULTADOS

Introducción

El trabajo de investigación permitió reconocer diez especies pertenecientes a ocho géneros; sin embargo, debido al grado diferencial de conservación de los ejemplares, algunos sólo se identificaron hasta el nivel genérico (tabla 1). Lo anterior deja abierta la posibilidad de que en el futuro se cuente con material que permita una plena identificación a nivel de especie, ya sea para corroborar los datos aquí planteados o para ampliar la información taxonómica y quizá describir especies nuevas. Tal es el caso del género *Texicaprina*? (que con material mejor conservado se podría corroborar su presencia sin duda alguna) o de los géneros *Huetamia* y *Pantojaloria* descritos por la Dra. Alencáster. Los taxa encontrados permitieron también establecer algunos datos importantes respecto al ambiente donde vivieron las comunidades de rudistas. Por ejemplo, *Toucasia hancockensis* se encuentra característicamente en ambientes lagunares someros protegidos (Scott, 1990), lo que tiene varias razones, entre ellas la morfología de la concha y en particular de la valva fija, que en este caso presenta un enrollamiento ligero para anclarse al fondo en sedimentos finos, principalmente arcillosos y lodosos. El tamaño es pequeño y la posición postrada, llegando a formar pequeños bancos de manera similar a los ostiones actuales. Por otro lado, se ha comprobado que el enrollamiento de este tipo de conchas es poco resistente a la actividad hidrodinámica alta, lo que sugiere que *T. hancockensis* estaba sujeta a una tasa relativamente baja de sedimentación (Masse, 1976; *in* Rey, 1983).

También se cuenta con datos sobre la fauna acompañante de los rudistas en cada localidad, lo que ayuda a comprender mejor las condiciones ambientales y el tipo de asociación biológica en cada sitio estudiado. Lo anterior posibilitó la elaboración de un esquema general, a manera de

TABLA 1

LISTA DE ESPECIES POR LOCALIDAD ENCONTRADAS EN LA REGIÓN DE HUETAMO

FORMACIÓN	ESPECIE	LOCALIDAD
Mal Paso Miembro Superior	<i>Caprinuloidea perfecta</i> <i>Caprinuloidea gracilis</i> <i>Coalcomana cf ramosa</i>	El Encino
Mal Paso Miembro Superior	<i>Caprinuloidea sp.</i> <i>Coalcomana sp.</i>	Las Latas
Mal Paso Miembro Superior	<i>Toucasia hancockensis</i>	La Piñuela
San Lucas Miembro Inferior Terrero Prieto	<i>Amphitriscoelus waringi</i> <i>A. pluriloculata</i> <i>Caprina massei</i>	El Cuachalalate
Miembro Superior Las Fraguas	<i>Amphitriscoelus waringi</i>	El Martillo
El Cajón	<i>Amphitriscoelus waringi</i> <i>A. pluriloculata</i> <i>Coalcomana sp.</i> <i>Toucasia sp.</i> <i>Caprina sp.</i>	Rancho El Paraiso
Cumburindio	<i>Amphitriscoelus waringi</i> <i>A. pluriloculata</i> <i>Caprina massei</i> <i>Pantojaloria sphaerica</i> <i>Huetamia buitronae</i> <i>Horiopleura turitzia</i>	Los Hornos

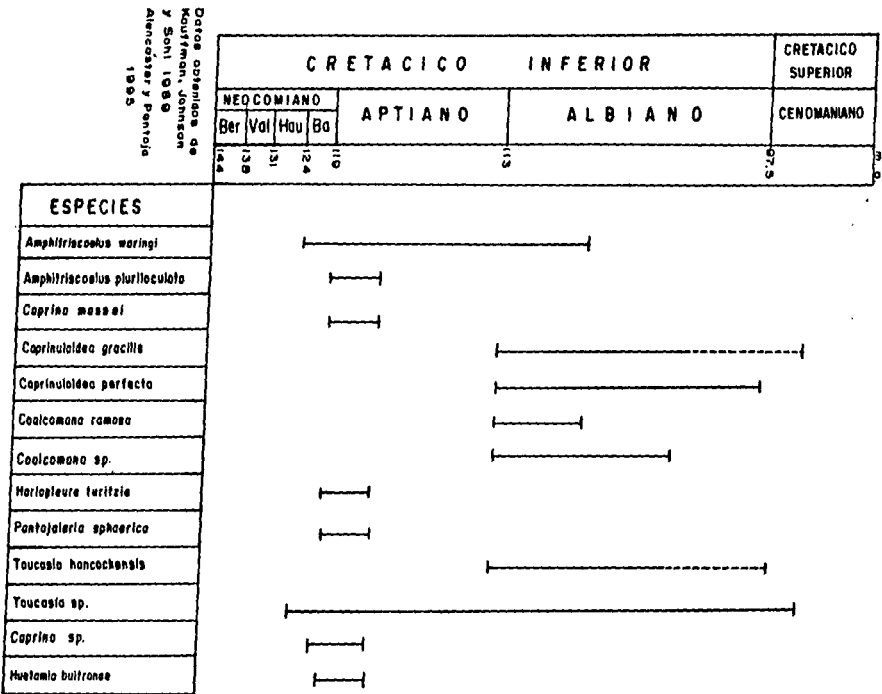
reconstrucción, de las asociaciones biológicas locales y los ambientes donde vivieron los rudistas.

Sin duda es importante señalar que la revisión de los alcances estratigráficos de las especies encontradas, contribuyó a ampliar significativamente el conocimiento que se tiene sobre la edad de las rocas y los conjuntos faunísticos que acompañan a los rudistas en la región de Huetamo (tabla 2).

A continuación se presentan los datos por localidad y, en los casos que lo amerite, los resultados globales, como lo es la lista de especies o el cuadro de alcances estratigráficos de las mismas.

ALANCE ESTRATIGRAFICO DE LAS ESPECIES DE RUDISTAS ENCONTRADAS EN LA REGION DE
 HUETAMO, MICHOACAN

TABLA 2



Datos obtenidos de
 Kuffman, Johnson
 y Sahl 1989
 Alencaster y Penoia
 1995

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

Phylum Mollusca
Clase Bivalvia Lineo, 1758
Orden Hippuritoida Newell, 1965
Superfamilia Hippuritacea Gray, 1848
Familia Requienidae Douvillé, 1914
Género *Toucasia* Munier-Chalmas, 1873

Diagnosis

Toucasia.- Valvas quilladas o carinadas, con bandas sifonales someras en el lado posterior de la valva fija; charnela tipo *Diceras* pero con el diente de la valva fija menos proyectado y la foseta anterior más somera que en *Diceras*; en ambas valvas los mióforos anteriores se encuentran en la pared de la concha, siendo ligeramente deprimido el de la valva fija; en la valva libre el mióforo posterior está en una placa o lámina que sale oblicuamente de la pared, con el margen superior libre o fijo a la superficie inferior de la plataforma cardinal, como en *Diceras*.

Toucasia hancockensis, Whitney, 1952. Lámina 2, figuras 5, 6.

Familia Caprinidae d'Orbigny, 1850
Género *Caprina* d'Orbigny, 1822

Diagnosis

Caprina.- Valva fija cónica, enrollada, recta, sin canales paliales. Valva fija con un diente que se proyecta anterior al surco del ligamento; mióforo anterior en un área engrosada de la pared de la concha; mióforo posterior en una lámina subrecta separada de la pared de la concha por una cavidad accesoria dividida en cavidades más pequeñas por láminas verticales dispuestas radialmente. El mióforo anterior de la valva libre se encuentra en una lámina conectando el diente anterior con la pared de la concha; la cavidad accesoria anterior es grande y está dividida por láminas delgadas verticales y radiales; el mióforo posterior está en la pared

de la concha; una lámina vertical conecta el borde anteroventral del diente anterior con la pared ventral de la concha, formando una gran cavidad separada de la cavidad del cuerpo.

La valva libre presenta una o dos series de canales paliales piriformes, dispuesta en las regiones anterior, posterior y ventral de la concha.

Caprina massei, Alencáster y Pantoja-Alor, 1995. Lámina 1, figuras 4, 5.

Subfamilia Coalcomaninae

Género *Amphitriscoelus* Harris y Hodson, 1922

Diagnosis

Amphitriscoelus.- Concha pequeña con ambas valvas alargadas, curvas pero no enrolladas; el diente de la valva fija es estrecho y en sección es alargado; la foseta anterior es grande y la posterior pequeña y está unida a la cavidad accesoria, grande y dividida. Los canales paliales son escasos y grandes, más o menos rectangulares o triangulares-redondeados y están dispuestos en las regiones anterior, dorsal y posterior de la concha; faltan en la región ventral. La valva libre tiene una cavidad accesoria pequeña, con una pared vertical que une el diente anterior con el borde anteroventral del mióforo posterior, formando una cavidad separada de la cavidad de la concha. Los canales paliales tienen la misma forma y arreglo en la valva fija.

Amphitriscoelus waringi, Harris y Hodson, 1922. Lámina 1, figuras 10, 11.

Amphitriscoelus pluriloculata, Alencáster y Pantoja-Alor, 1996. Lámina 1, figuras 7, 8, 9.

Género *Caprinuloidea* Palmer, 1928

Diagnosis

Caprinuloidea.- Valva fija muy larga, recta o curva y la valva libre mucho más pequeña, curva o fuertemente enrollada. En ambas valvas los dientes son grandes y salientes, los de la valva libre comunmente muy curvos. En la valva fija, el diente, las fosetas y la cavidad accesoria posterior son como en *Coalcomaninidae*. La valva libre tiene un septo vertical que une al diente anterior con la pared ventral de la concha, formando una cavidad separada de la cavidad del cuerpo. En las dos valvas los canales paliales se encuentran en toda la pared de la concha, y constan generalmente de una o varias series de canales poligonales internos y otra serie de canales piriformes externos; en las placas miofóricas y en los dientes puede haber canales redondeados y poligonales. Tanto la cavidad principal, como las fosetas y los canales paliales, pueden estar tabulados.

Caprinuloidea gracilis, Palmer, 1928. Lámina 2, figura 10.

Caprinuloidea perfecta, Palmer, 1928. lámina 2, figuras 7, 8, 9.

Género *Coalcomana* Harris y Hodson, 1922

Diagnosis

Coalcomana.- Se parece a *Caprinuloidea* en la forma externa y en las estructuras internas; difieren en que únicamente presenta dos hileras de canales piriformes.

Coalcomana ramosa, (Boehm), 1898. Lámina 2, figura 11.

Género *Pantojaloria* Alencáster y Pantoja-Alor, 1995

Diagnosis

Pantojaloria.- Concha grande, inequivalva; la valva izquierda está fuertemente enrollada en una vuelta completa con el umbo prosogiro y el lado ventral prominentemente convexo; la valva derecha es subcónica y recta con el lado ventral ligeramente convexo. La estructura interna es semejante en ambas valvas; las inserciones musculares están separadas de la pared de la concha por una fila posterior y una anterodorsal de pocos y grandes canales paliales; margen ventral sin canales. La cavidad del cuerpo es grande, triangular en la valva izquierda y elíptica en la valva derecha, con una costilla longitudinal corta cerca del lado anterior del piso ventral. Cavidad ligamentaria grande. La cavidad accesoria posterior es de forma coalcomanida en ambas valvas.

Pantojaloria sphaerica, Alencáster y Pantoja, 1995. Lámina 1, figuras 1, 2, 3.

Género *Huetamia* Alencáster y Pantoja-Alor, en prensa

Diagnosis

Huetamia.- Caprínido inequivalvo de talla mediana, valva izquierda cónica, curvada o poco enrollada; valva derecha cilíndrica. La estructura interna es semejante en ambas valvas; canales paliales piriformes en la periferia formando una sola fila; pocas placas transversales en algunos de los canales. Cavidades accesorias, anterior y posterior, no divididas, de forma coalcomanida en la valva derecha. Surco ligamental abierto, sin cavidad interna.

Huetamia buitronae, Alencáster y Pantoja-Alor, en prensa. Lámina 2, figuras 1, 2.

Familia Caprotinidae Gray, 1848

Género *Horiopleura* Munier-Chalmas in Douvillé, 1889

Diagnosis

Horiopleura.- Valva fija exogiriforme, ornamentada con costillas radiales excepto en las bandas sifonales, que son lisas. Valva fija con el mióforo posterior en una plataforma engrosada que se proyecta un poco sobre la cavidad del cuerpo, normal a una línea recta formada por los dientes, fosetas y plataforma miofórica anterior. Valva libre opercular con una cavidad accesoria posterior estrecha y poco profunda.

Horiopleura turitzia, Alencáster y Pantoja-Alor, en prensa.
Lámina 2, figuras 3, 4.

Descripción de las localidades

Antes de comenzar la descripción detallada de cada sitio estudiado, es necesario comentar algunos aspectos relacionados con las facies sedimentarias y las localidades de trabajo.

De acuerdo a los estudios geológicos llevados a cabo por Pantoja-Alor (1993), se ubica en el Neocomiano un área (parte Este de la zona estudiada) donde se depositaron sedimentos turbidíticos tipo flysh, interestratificados con lutita, lodolita, arenisca conglomerado y caliza pertenecientes a la Formación San Lucas, y hacia el Oeste (equivalentes en tiempo) se formaron rocas con sedimentos depositados en una plataforma somera y con facies deltaicas características de la Formación Cumburindio. En ambas formaciones, dentro de los cuerpos de caliza, se encuentran bancos de rudistas, desde luego en facies distintas, ya que el mismo autor considera el comportamiento del área dentro de un arco insular. En particular son correlacionables las asociaciones de rudistas localizadas en la Formación Cumburindio (localidad Los Hornos) y las encontradas en la Formación San Lucas (localidad El Cuachalalate).

Durante el Albiano y el Cenomaniano se formó, al norte de Huetamo, una extensa plataforma calcárea en la que se distinguen diferentes facies que representan ambientes de plataforma interna, lagunares y pre y post arrecifales. Tales rocas pertenecen actualmente a la Formación Huetamo dentro de la región Este de Pantoja-Alor, y son equivalentes a las facies arrecifales y lagunares del Miembro Superior de la Formación Mal Paso en el Oeste de la misma región (Pantoja-Alor, 1993, p. 18)

Las rocas de la Formación San Lucas están cubiertas, en la región Oeste, por calizas de estratificación gruesa que representan principalmente facies lagunares de plataforma interna, y zonas intermareales con bancos de rudistas. Las rocas de la Formación el Cajón están consideradas como del Aptiano tardío-Albiano temprano y son equivalentes (en parte) a las rocas de la parte superior de la Formación Cumburindio y a las rocas de la parte basal de la Formación Morelos, desde luego representando facies diferentes.

Los Hornos

Localización geográfica

Esta localidad se encuentra un kilómetro al sureste del poblado de Turitzio entre los 18° 32' y los 18° 33' de latitud norte y los 100° 56' 30'' y los 100° 57' 30'' longitud oeste. (Figura 1).

En este sitio se localiza una secuencia de estratos con un espesor de 465 m, medida en agosto de 1991 con cinta, brújula y teodolito por Jerjes Pantoja y Pedro García, quienes recolectaron la fauna, describieron los estratos y enviaron las muestras para estudio a la Dra. Gloria Alencáster, del Instituto de Geología de la UNAM.

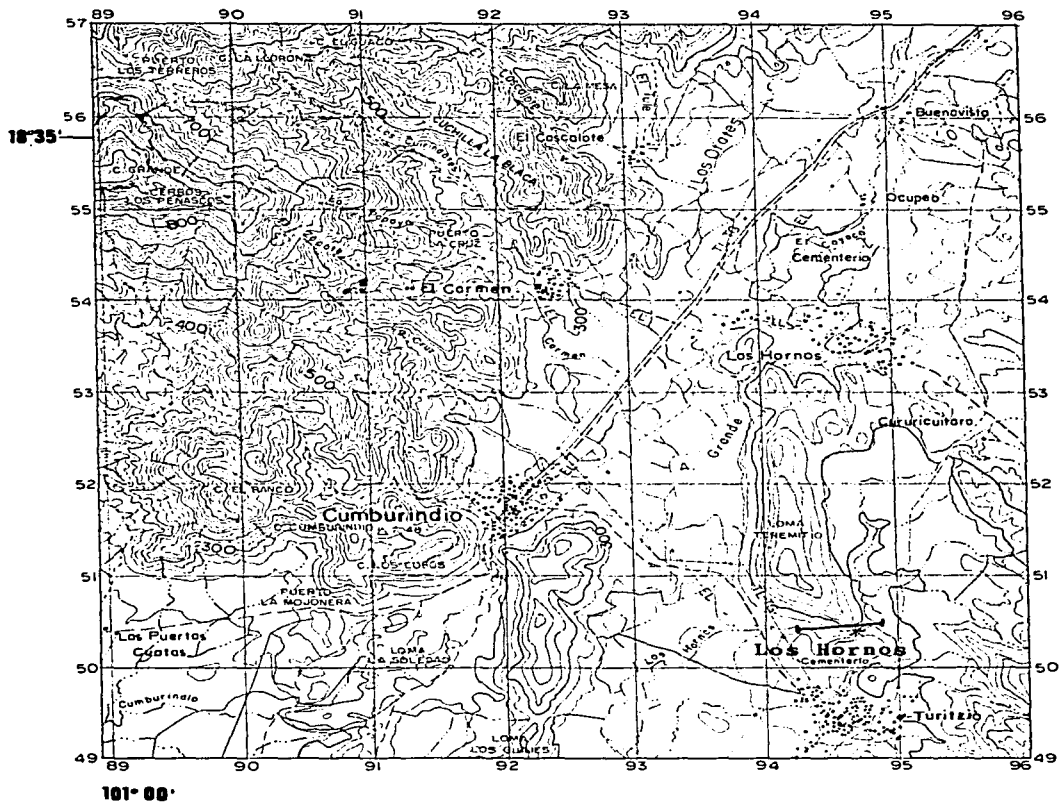


Figura 1. Mapa donde se indican la posición geográfica de la localidad Los Hornos y el sitio donde se midió la columna estratigráfica. Escala 1:55000.

Estratigrafía local

El estudio de la estratigrafía dió como resultado la propuesta de una nueva unidad litoestratigráfica denominada Formación Cumburindio (Pantoja-Alor, 1993). Esta formación a su vez, fue subdividida en dos miembros, uno inferior calcáreo-arenoso, muy fosilífero, y uno superior volcánico (conteniendo sedimentos volcanoclasticos interestratificados con derrames lávicos, brechas y lajares de composición andesítica a riolítica). (Figura 2.)

Los estratos calcáreos del Miembro Inferior son los que contienen la abundante fauna de rudistas, cuyos restos indican la formación de grandes bancos. Las calizas de este miembro varían desde medianas a masivas; en ellas se pueden observar cortes naturales (por erosión de las rocas en el Arroyo Los Hornos) de las conchas de los rudistas que muestran la morfología interna de las mismas.

El estudio sistemático llevado a cabo por la Dra. Alencáster mostró la presencia de nuevos géneros y especies (Alencáster y Pantoja-Alor, 1995) y el reconocimiento de otras de gran importancia desde el punto de vista paleobiogeográfico, como lo es *Amphitriscoelus waringi*.

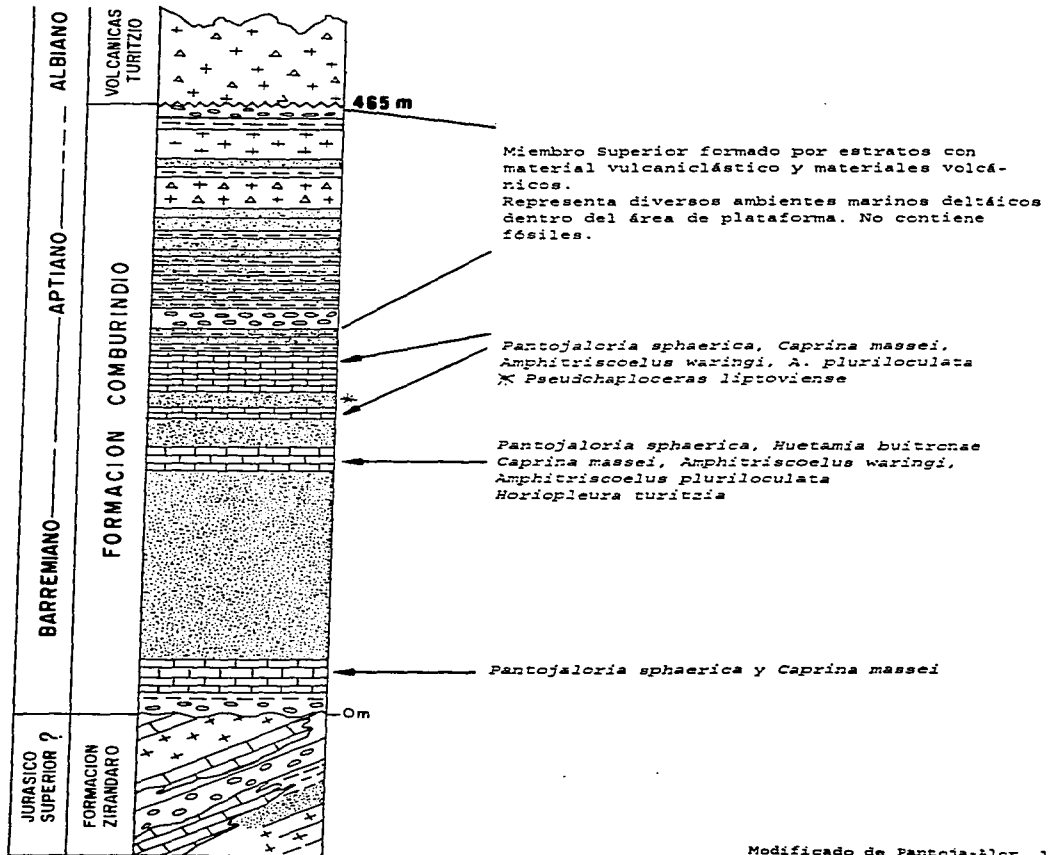
Las especies encontradas son:

Amphitriscoelus waringi Harris y Hodson
Amphitriscoelus pluriloculata Alencáster y Pantoja-Alor
Caprina massei Alencáster
Pantojaloria sphaerica Alencáster
Huetamia buitronae Alencáster y Pantoja-Alor
Horiopleura turitzia Alencáster y Pantoja-Alor

La posición estratigráfica de las especies dentro de la columna se observa en la figura 2:

La edad de los estratos fue asignada al Aptiano temprano debido a que, aproximadamente en la parte media de la secuencia, se encontraron abundantes amonites bien

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN
CUMBURINDIO (BARREMIANO-APTIANO)



Modificado de Pantoja-Alcer, 1993

Figura 2

conservados de la especie *Pseudohaploceras liptoviense* Zeuschner (González-Arreola et al., 1996); y foraminíferos como *Palorbitolina lenticularis* Blumenbach y *Choffatella decipens* (Pantoja-Alor et al., 1994).

Observaciones

Las rocas portadoras de fósiles de rudistas son calizas (packstone, wackstone y framestone) de color gris y estratificación mediana (50 cm) a gruesa (mayor de 1.20 m). En ellas se distinguen claramente capas compuestas exclusivamente con abundantes rudistas y capas (de carácter arenoso) compuestas exclusivamente con abundantes gasterópodos del tipo de las nerineas. En ambos casos se encontraron especies de gran talla. Por ejemplo, entre los rudistas los ejemplares más grandes miden hasta 72 cm de longitud, tal es el caso de *Caprina massei*. Entre los rudistas de tamaño pequeño se encuentra *Amphitriscoelus waringi* con tallas de 10 a 15 cm de longitud. Por otro lado, los nerineidos más comunes de talla chica pertenecen a la especie *Nerinea preflauriaui*, con tallas adultas siempre menores a 10 cm, mientras que existen otras especies *Adiozoptyxis coquandiana?* con tallas de hasta 30 cm de longitud. (Figura 3).

La secuencia de 465 m alberga cuatro grandes bancos de rudistas (Pantoja-Alor, 1993; p. 32); en ellos es común encontrar las valvas articuladas de los mismos y en general buen estado de conservación de los ejemplares por medio de la permineralización de la estructura de la concha. Lo anterior es indicativo de un bajo o nulo transporte de los restos estudiados.

Otro dato interesante es el poder observar la predominancia de algún taxon en particular dentro de la secuencia vertical, es decir, entre el segundo y tercer arrecife existen estratos que sólo contienen ejemplares de gran talla y otros que sólo contienen ejemplares pequeños sin evidencias de transporte o

selección hidrodinámica; en estos casos la distancia entre ejemplares es muy corta o se encuentran "pegados" uno con otro. También se presentan estratos donde los ejemplares se encuentran "suelos" o dispersos dentro de una parte de los mismos sin una posición en particular, desarticulados y separados por sedimento calcáreo. En este caso se infiere cierto grado de transporte dentro de la misma localidad pero bajo condiciones cambiantes de energía, (figura 4). Las características anteriores, junto con la interestratificación de areniscas feldespáticas dentro de la secuencia, indican que había variaciones de corta duración que localmente favorecían a una u otra especie de rudistas, gasterópodos o corales, y que de vez en cuando la energía de las corrientes o quizá las tormentas impedía el establecimiento de conjuntos compactos o paquetes de rudistas y/o corales.

Por otro lado, es importante señalar que al seguir lateralmente algunas de las capas de roca caliza, se notan cambios muy interesantes desde el punto de vista paleoecológico, por ejemplo, llama la atención el establecimiento de verdaderos bancos de coral con abundantes colonias bien desarrolladas, representadas por *Procyathopora?*, *Polyphylloseris convexa*, algunas meandriformes y otras especies de corales solitarios, cuyo diámetro calicular es de aproximadamente un centímetro. Por la abundancia de restos, es probable que los corales sean el segundo grupo de importancia en cuanto a número de ejemplares, compitiendo con los nerineidos.

Es notable que en esta localidad los rudistas no se mezclan con los corales en la construcción del banco principal, sin embargo, sí se mezclan con los nerineidos, sobre todo los de tallas mayores. Por lo anterior, en las variaciones faunísticas laterales, los corales se presentan formando parches de aproximadamente 1.20 m de alto por 12 o 15 m de longitud y de espesor variable. Existe una excepción, descubierta en la base del tercer arrecife. Se trata de la presencia de una sola colonia de coral (microsolénido),



Figura 3. Aspecto de las rocas con abundancia o plenitud de *Aplysia sp.* (*coquinita*) (Medusa) (Barragán), donde se pueden ver los ejemplares de 20 a 30 cm de longitud.

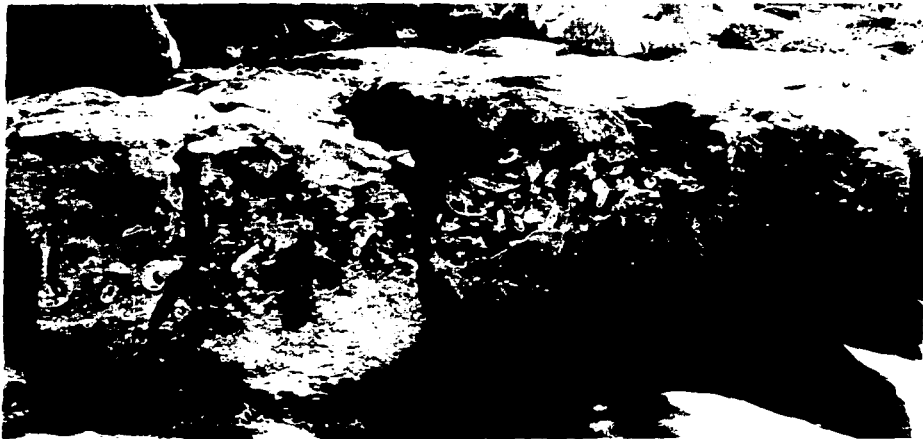


Figura 4. Roca en uso de vivienda de las medusas, observando plenitud de medusas, predominantemente *Aplysia sp.* (*coquinita*) (Medusa) (Barragán), donde se pueden apreciar ejemplares de 20 a 30 cm de longitud.

ramosa, digitiforme de poco más de un metro de longitud y aproximadamente 80 cm de ancho, siendo ésta la única asociación rudistas-corales registrada para la zona y comentada recientemente por Pantoja-Alor y H. Filkorn (1995). Los mismos autores publicaron una lista tentativa de 14 especies de corales recolectadas en el Miembro Inferior de la Formación Cumburindio, que serán objeto de estudios más detallados en el futuro próximo (Pantoja-Alor y Filkorn, 1995).

La distribución y abundancia de las especies de corales respecto a las de rudistas se debe probablemente a la ausencia inicial de un sustrato duro para el establecimiento de las colonias de corales, a tasas altas de sedimentación que favorecían la alimentación y desarrollo de las colonias de rudistas, y a una competencia intensa por espacio y el consiguiente desplazamiento ecológico de los corales en la construcción del banco o biostroma.

Asociaciones biológicas entre los rudistas

En forma particular se detectan algunas asociaciones entre las especies de rudistas, por ejemplo, en el primer arrecife se encuentran principalmente *Pantojaloria sphaerica* con *Caprina massei*; tales estratos están separados del segundo arrecife por un grueso paquete de arenisca calcárea con abundantes nerineidos y algunos bivalvos.

En el segundo arrecife se localizan *Caprina massei*, *Huetamia buitronae*, *Amphitriscoelus waringi*, *A. pluriloculata* y *Horiopleura turitzia*.

Inmediatamente arriba del segundo arrecife se localizan depósitos de lutita calcárea y capas delgadas de caliza con abundantes y bien conservados ejemplares de *Pseudohaploceras liptoviense* Zeuschner (Ammonitina), grandes fragmentos de *Pinna* sp., *Heteraster* sp., tubos de serpúlidos, fragmentos de madera permineralizada, etcétera, lo que indica un cambio de profundidad en la zona.

El tercer arrecife se caracteriza por presentar abundantes ejemplares de *Pantojalaria sphaerica* en la base, asociados con *Caprina massei* en menor proporción; en la parte superior del mismo predomina *Pantojalaria sphaerica*, seguida de *Caprina massei* y las dos especies de *Amphitriscoelus* mencionadas anteriormente.

La secuencia continúa hacia el miembro superior de la Formación Cumburindio, al que pasa transicionalmente y donde se observan estratos formados por sedimentos volcanoclásticos y rocas volcánicas.

El conjunto de datos anteriores ha llevado a concluir que en la zona existieron principalmente ambientes lagunares someros y ambientes arrecifales dentro de la zona intermareal con sus correspondientes sub ambientes derivados de los bancos de rudistas. Además pudo existir un basculamiento que produjo el hundimiento de la cuenca y modificó la profundidad de la misma, favoreciendo la presencia de organismos como los amonites.

El Cuachalalate

Localización geográfica

La localidad denominada El Cuachalalate se encuentra dentro del municipio de Huetamo entre los 18° 33' y los 18° 34' latitud norte y los 100° 51' 30'' y los 100° 52' 30'' longitud oeste. (Figura 5).

Se trata de un lomerío suave de escasa altitud en las afueras del pequeño poblado llamado El Cuachalalate, al que se tiene acceso por la desviación carretera que conduce a una pista de aterrizaje local.

Estratigrafía local

Los estratos portadores de la fauna de rudistas se encuentran dentro de la secuencia que caracteriza a la Formación San Lucas (Pantoja-Alor, 1959, 1992, 1993) y en particular cerca de la parte basal del Miembro Superior llamado Las Fraguas.

En El Cuachalalate se midieron poco más de 64 m de sedimentos calcáreos. Se trata de una secuencia alternante de rocas calizas de color gris y areniscas calcáreas (de grano fino) de color café-amarillento, (figura 6).

Los estratos de caliza fluctúan alrededor de los 40 cm de espesor y contienen, en la base de la columna local, abundantes fósiles de *Amphitriscoelus waringi* y *A. pluriloculata*, (figura 7), formando un conjunto muy compacto de roca y conchas de rudistas, cuya longitud medida en su parte observable es de poco más de 200 m y su anchura es variable. Cabe mencionar que en el terreno es imposible hacer una medición de la anchura debido al grado de inclinación casi vertical de las capas.

Las calizas con rudistas se alternan con capas arenoso-calcáreas con abundantes restos de *Nerineas*, en este caso, *Nerinea prefleuriaui*. Algunas de estas capas sólo contienen dicha especie de gasterópodo, siendo tal la cantidad de ellos que forman también verdaderos bancos, (figura 8).

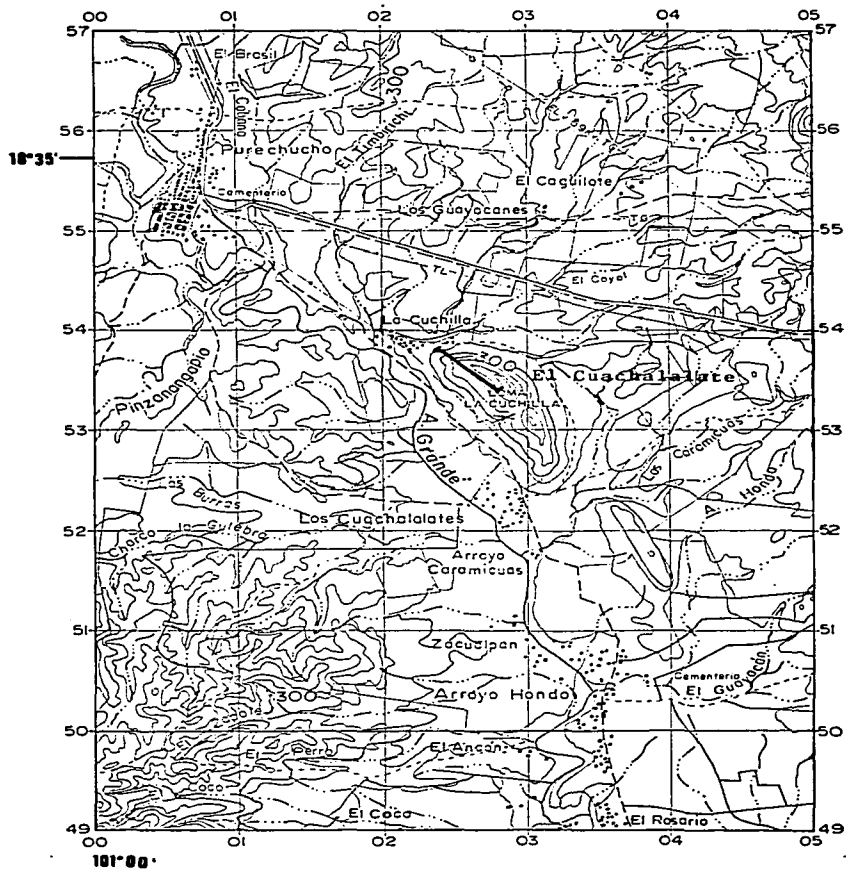
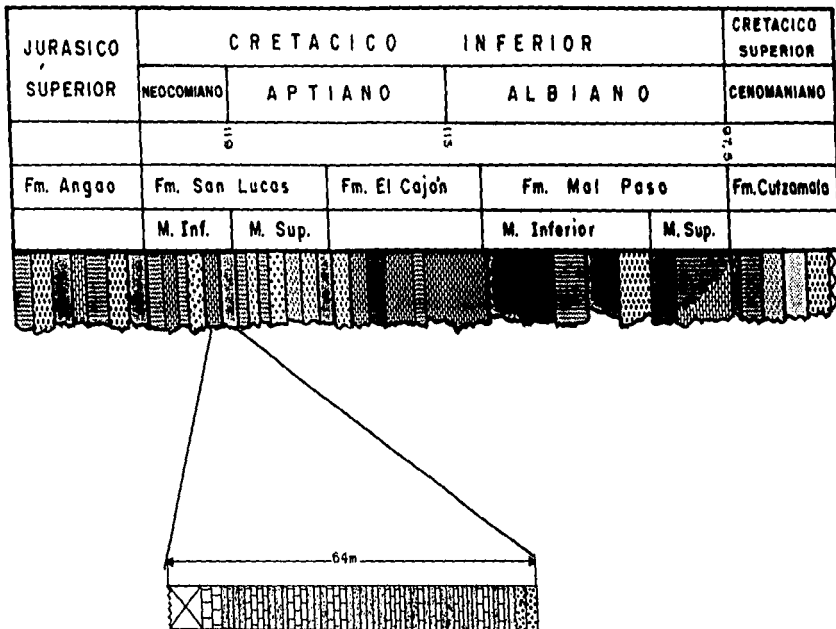
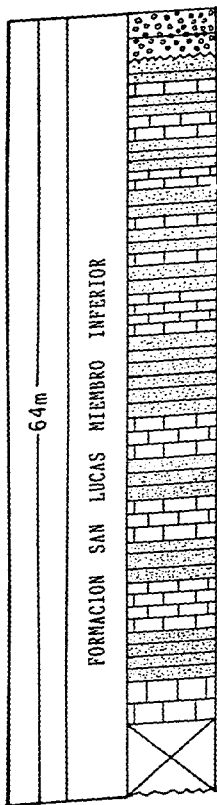


Figura 5. Mapa donde se indican la posición geográfica de la localidad El Cuachalalate y el área donde se midió la columna estratigráfica. Escala 1:65000.

Figura 6. Posición estratigráfica de la columna local de El Cuachalate, dentro de la secuencia estratigráfica general en la región de Huehame. En este caso se sitúa la repetición en la parte superior del mismo inferior (tercer piso) de la Formación San Lucas.



COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA LOCALIDAD
EL CUACHALALATE. ESTAS CAPAS FORMAN
PARTE DEL MIEMBRO INFERIOR "TERRERO
PRIETO" DE LA FORMACIÓN SAN LUCAS



Conglomerado formado por clastos de caliza

Caliza sin fósiles

Capas con escasos rudistas de *Amphitriscoelus*

Capas calcáreas con abundantes rudistas
Amphitriscoelus waringi, *A. pluriloculata*,
Caprina massel y bancos de *Chondrodonta munsoni*

Alteernancia de capas de arenisca y capas
calcáreas sin fósiles. Las areniscas son
cuarcíferas de color amarillento

Capas de caliza con *Nerinea preflourisui*.
Lateralmente a las nerineas se encuentran par-
ches arrecifales monoespecíficos de corales
meandroides

Caliza impura (con cierta cantidad de limo) con
Nerinea preflourisui formando densos bancos.

Arenisca sin fósiles

Estratos calcáreos de aproximadamente 40 cm de
espesor. Caliza color gris microcristalina com-
puesta por abundantes fósiles de *A. waringi*,
A. pluriloculata y *Caprina massel*.

FIGURA 7

Por encima de las capas que contienen los gasterópodos se encuentran capas con los mismos especímenes en asociación con una sola especie de coral escleractinio meandriforme (figura 9), que es mucho menos abundante y se presenta en pequeños parches de aproximadamente 2 m², interrumpiendo así la homogeneidad de las capas de nerineas.

La parte media de la columna estratigráfica carece por completo de fósiles, aunque se nota el mismo tipo de alternancia caliza-arenisca calcárea, con predominio de ésta última.

De nueva cuenta, en la parte superior de la secuencia aparecen asociadas las siguientes especies:

Caprina massei, *Amphitriscoelus waringi* y *A. pluriloculata*.

Casi en la cima no se encuentran fósiles tanto de rudistas como de gasterópodos, y aparece un banco del bivalvo *Chondrodonta munsoni*. Posteriormente la secuencia continúa con lutita y arenisca perteneciente al miembro Inferior Terrero Prieto de la Formación San Lucas.

El conjunto de especies de rudistas para la localidad está integrado por:

Amphitriscoelus waringi Harris y Hodson

Amphitriscoelus pluriloculata Alencáster y Pantoja-Alor

Caprina massei Alencáster

Como especies asociadas están:

Nerinea preflauriaui Delpey

Chondrodonta munsoni (Hill)

Meandrina? sp.

La fauna y la posición estratigráfica de las capas portadoras dentro del contexto formacional son indicativas de una edad Aptiana para las mismas.

Observaciones

Quizá la característica más notable en esta localidad es que dentro de las capas de caliza o predominantemente calcáreas



Figura 2. Detalle de una capa del suelo donde se observan la abundancia y el excelente grado de conservación de los ejemplares de *Nardinea proflauranti*.



Figura 3. Fragmento de una muestra de suelo mojado tomada. Bajo un examen minucioso se observan los ejemplares de *Nardinea proflauranti* en una capa donde se observan los ejemplares de *Nardinea proflauranti*.

que contienen a los gasterópodos, se observa (no en la totalidad de los estratos) que en la base de ellos predominan los clastos finos arenosos y, en dicha parte de las capas, no existen fósiles. Sin embargo, hacia la parte superior de los estratos y cuando los mismos se hacen más calcáreos se presenta gran cantidad de gasterópodos formando verdaderos bancos. En el caso de las capas con rudistas, éstos se desarrollan predominantemente en rocas calcáreas con poco o nada de sedimentos clásticos.

Lo anterior indicaría que la alternancia faunística de la secuencia se debe a los cambios sedimentológicos locales, en particular respecto al tamaño de los sedimentos. Se nota con claridad que la presencia de sedimentos arenosos favorece el establecimiento de los gasterópodos, mientras que imposibilita la formación de bancos de rudistas.

En cuanto a la conservación de los ejemplares, todos presentan un buen grado de preservación y sin excepción se encuentran permineralizados.

Asociaciones biológicas

Cerca de la base de la secuencia local, el banco de rudistas está formado por especies de talla pequeña como *Amphitriscoelus waringi* y *A. pluriloculata*, mientras que en la parte superior las especies mencionadas se asocian además a *Caprina massei* cuya talla es similar.

Por otro lado, desde el punto de vista paleoecológico, llama la atención en este sitio la formación de verdaderos bancos de gasterópodos de una sola especie, y que sólo en algunos estratos alternan lateralmente con colonias de corales meandroides, distribuidos en parches y muy escasos respecto a los de gasterópodos dentro de un mismo estrato.

El Martillo

Localización geográfica

La localidad está situada entre los 18° 39' y 18° 40' de latitud norte y los 100° 45' 30'' y 100° 46' 30'' de longitud oeste, aproximadamente 2 km al este del poblado de Angao, rumbo al rancho conocido como La Piña. (Figura 10).

Estratigrafía local

La localidad El Martillo se encuentra dentro de la Formación San Lucas y en particular en la porción superior del Miembro Superior Las Fraguas. (Figura 11).

Los primeros cinco metros de la secuencia están representados por estratos lutíticos y lutito-arenosos de color verde, sumamente frágiles. Se encuentran intercalados por caliza delgada gris obscura-negro que intemperiza a gris claro.

El material lutítico contiene restos de equinodermos exocíclicos, que debido a la fragilidad de la roca es casi imposible recolectar y mucho menos identificar.

Las capas intercaladas de caliza rara vez contienen restos fósiles, y en su caso son moldes o impresiones de bivalvos no identificables; la roca es microcristalina y sumamente dura.

Cubriendo al material lutítico se encuentran una serie de estratos de material volcánico-clástico (arenisca feldespática) de grano medio a grueso, cuyos estratos varían de 10 a 20 cm de espesor. En este caso, las areniscas también se encuentran intercaladas por el mismo tipo de caliza de la parte inferior de la secuencia. La alternancia anterior se mantiene durante los siguientes 25 metros de la columna. Dicha porción es la parte más fosilífera, y contiene una asociación muy particular de invertebrados marinos, entre los que se encuentran braquiópodos rinconélidos (muy abundantes y bien conservados), escasos terebratulídeos, bivalvos, gasterópodos, amonites (muy escasos y muy mal conservados) y equinodermos. (Figura 12).

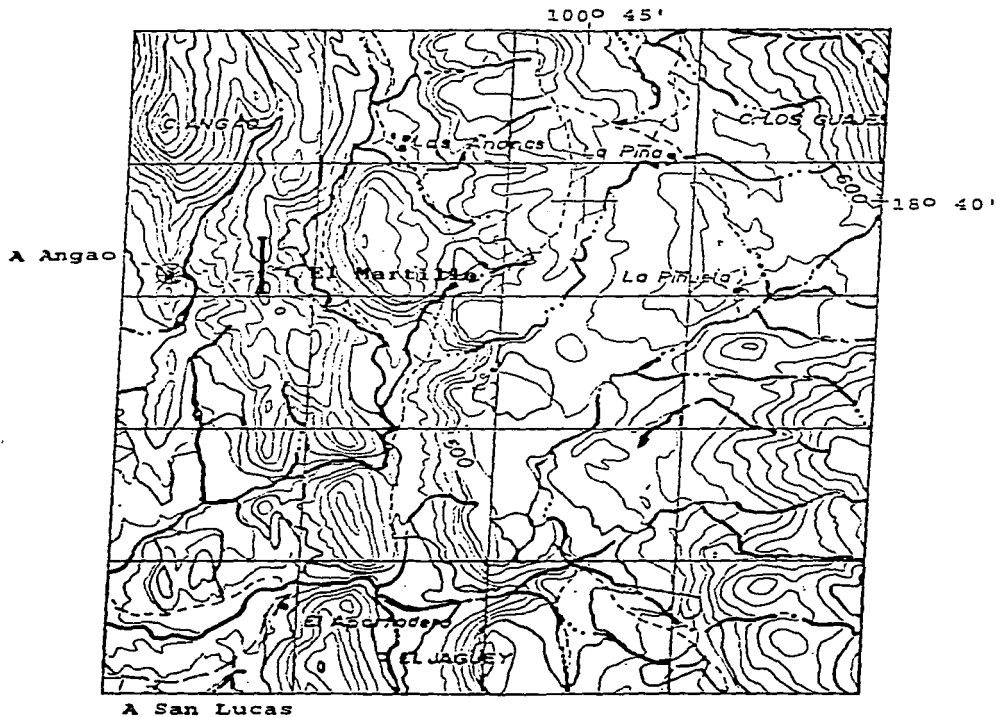
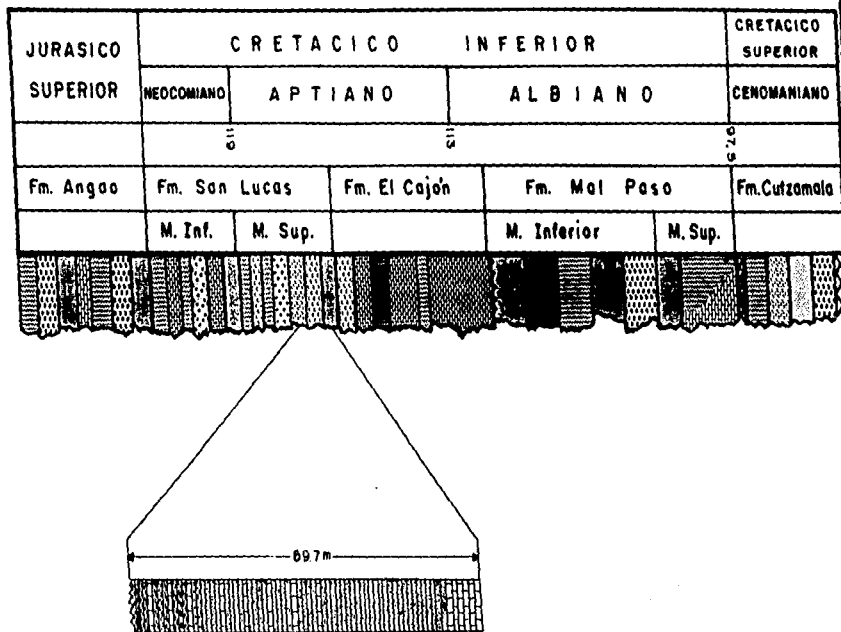
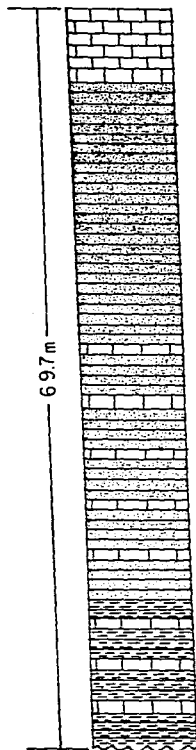


Figura 10. Mapa donde se indican la posición geográfica de la localidad El Martillo y el sitio donde se midió la columna local. Escala 1:77500.

Figura 11. Posición estratigráfica de la columna local de El Marquillo, dentro de la secuencia formacional en la región de Huacana, Michoacán.



COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA LOCALIDAD EL MARTILLO, CUYAS CAPAS PERTENECEN AL MIEMBRO SUPERIOR LAS FRAGUAS DE LA FORMACIÓN SAN LUCAS



Caliza gris de estratificación gruesa. Banco de rudistas de aproximadamente 7 a 10 m de ancho por 80-90 m de longitud. Se encuentran: *Amphitrisocelus waringi*, *A. pluriloculata*, *Caprina massei* y *Caprina* sp.

Secuencia de estratos delgados de arenisca feldespática de grano fino a mediano. Los estratos son estériles en cuanto a fósiles. La ausencia de restos fósiles es notoria desde los 25 m hasta la cima de la columna.

Sedimentos vulcanoclásticos, principalmente arenas feldespáticas cuyos estratos varían de 10 a 20 cm de espesor. Se presentan intercalaciones de caliza gris microcristalina (casi negra) que intemperiza a gris claro (cenizo). Aparte del banco de rudistas es la parte más fosilífera de la columna. Contiene gran cantidad de braquiópodos rinconúlidos y escasos terebratulidos, amonitas en mal estado de conservación, bivalvos trigónidos y equinoides. Esta porción abarca de los 5 a los 25 m de la columna. Las especies son: *Gellichyris* cf. *kanei*, *Ptilorhynchia* (*Proterorhynchia*) *durangensis*, *Neitheia atava*, *Exogyra* sp., *Adiosptyxis coquandiana* y *Holcstypus* cf. *planatus*.

Secuencia de estratos de lutitas y lutitas arenosas de color verde muy deleznales, con intercalaciones de caliza gris oscura que intemperiza a gris claro o blanco "cenizo". Las lutitas contienen equinodermos exocíclicos en muy mal estado de conservación. Esta secuencia abarca los primeros cinco metros de la columna.

FIGURA 12

Los siguientes 30 metros de la columna se caracterizan por la presencia de estratos de arenisca, formada por material vulcanoclástico, prácticamente sin fósiles.

Los últimos 10 metros se caracterizan por rocas calizas de color gris y estratificación gruesa, donde se localizan abundantes rudistas formando un denso banco cuya longitud apreciable en el afloramiento es de aproximadamente 90 m, y de anchura variable entre 8 y 10 m.

La asociación de especies de rudistas está constituida por:

Amphitriscoelus waringi Harris y Hodson
Amphitriscoelus pluriloculata Alencáster y Pantoja-Alor
Caprina cf. *massei* Alencáster
Caprina sp. D'Orbigny

La fauna acompañante en la localidad es:

Ptilorhynchia (*Proterorhynchia*) *durangensis* (Imlay)
Sellitthyris cf. *kanei* (Imlay)
Neithea atava (Roemer)
Exogyra sp.
Adiozoptyxis coquandiana D'Orbigny
Holectypus cf. *planatus* Roemer

De acuerdo a la posición estratigráfica de la fauna en el contexto formacional y en particular a la asociación de especies encontradas, al conjunto se le asigna una edad aptiana.

Observaciones

En el caso de la asociación de rudistas, los restos son muy abundantes (figura 13) y es posible observar ejemplares con las valvas articuladas (figura 14); a lo largo del arrecife se presentan algunos cambios en cuanto a la densidad de los ejemplares en la roca, observándose una disminución del número de ejemplares y el consiguiente aumento del espacio



Figura 13. Fragmento de un banco de rudistas encontrado en la localidad El Martillo. Nótese el empaquetamiento y la cercanía de los ejemplares.



Figura 14. En general, los ejemplares que se presentan en E. Martillo, tienen las valvas articuladas, pero debido a la densidad y cercanía proximal entre ellas, es difícil distinguirlos en el campo. La foto muestra un ejemplar que se ve con las valvas articuladas.

entre individuos y por lo tanto una mayor cantidad de sedimento.

El proceso de fosilización es la permineralización, encontrándose ejemplares silicificados y carbonatizados, pero con cierto grado de recristalización, lo que dificulta un poco la observación de la estructura de la concha en cortes transversales de la misma.

En cuanto a la fauna acompañante, es de notar la abundancia y el excelente grado de conservación de los braquiópodos rinconélidos, en contraste con la escasez de los terebratúlidos; de hecho *Ptilorhynchia* (*Proterorhynchia*) *durangensis*, es la especie más abundante de todo el conjunto (Sour-Tovar y García-Barrera, 1995). En orden de abundancia le siguen los equinodermos del género *Holectypus* y después las especies de bivalvos y gasterópodos. Por último, las especies más raras en dicha asociación son los amonoideos, muy mal conservados, (apenas distinguibles) y una especie no determinada de bivalvos pequeños. Esta asociación de restos fósiles se encuentra en sedimentos arenosos volcanoclásticos y con excepción de los amonites, no se observa en los ejemplares evidencia de transporte.

El Encino, Las Latas y La Piñuela

Localización geográfica

Las dos primeras localidades se encuentran entre los 18° 28' y los 18° 29' de latitud norte y los 100° 42' y los 100° 45' longitud oeste. (figura 15). Se trata de lomeríos suaves donde por la acción del intemperismo, los fósiles se desprenden fácilmente de las rocas y en general son muy abundantes. La tercera localidad será descrita aparte por las características particulares del ambiente que representa.

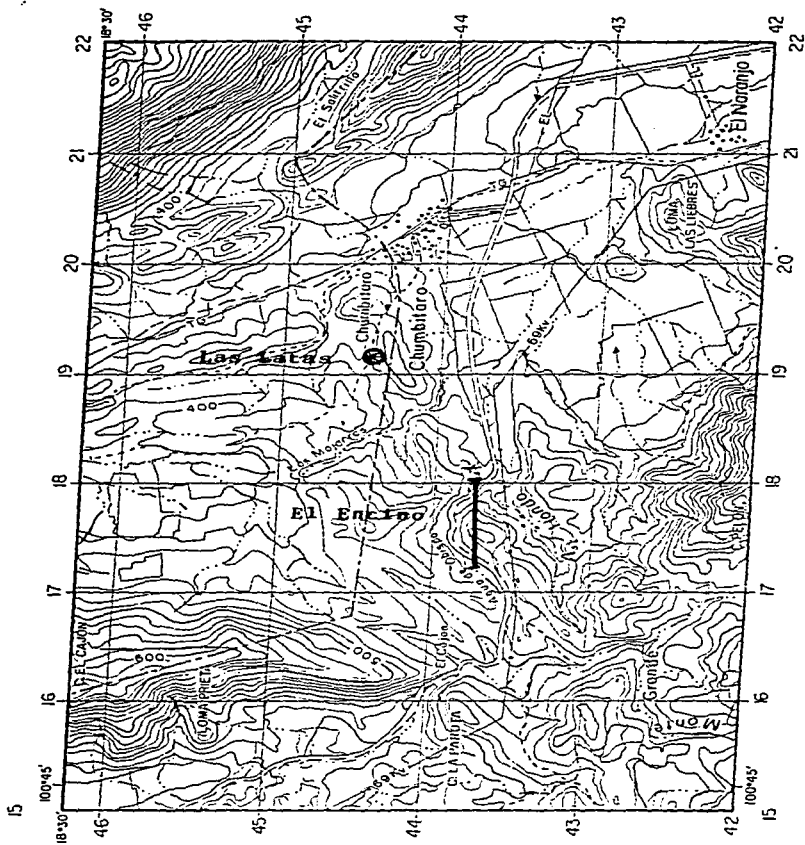
Estratigrafía local

Las rocas sedimentarias que afloran en los sitios referidos pertenecen al Miembro Superior de la Formación Mal Paso; se trata de una secuencia de estratos delgados de caliza arcillosa oscura que intemperiza a color café amarillento con intercalaciones de lutita. Los estratos de caliza miden de 10 a 20 cm de espesor, mientras que las capas de lutita son sumamente finas, las intercalaciones de estas últimas llegan a tener hasta 40 cm de espesor (figura 16).

Las dos localidades distan aproximadamente 500 m entre sí, pero estratigráficamente las capas de ambas no pasan de 200 m.

En la figura 17 está representada la secuencia completa de los estratos de la Formación Mal Paso dentro de los límites geográficos mencionados arriba; en ella se incluye un contacto discordante con la Formación El Cajón.

A partir del contacto, esa parte del Miembro Inferior de la Formación Mal Paso contiene una secuencia de arenisca feldespática, conglomerado de caliza con cementante color rojo, algunos lentes de caliza gris con fósiles de *Toucasia* sp. y *Coalcomana* sp. Las capas continúan con una serie de lodolita, limolita y arenisca roja, para terminar con una serie de gruesos estratos de conglomerado rojo formados por clastos de caliza, arenisca y roca volcánica. De este punto



1:65000

Figura 15. Mapa donde se indica la situación geográfica de las localidades El Encino y Las Latas, pertenecientes a la Formación Mal Paso. La línea gruesa indica el sitio donde se midió una columna estratigráfica local. La columna completa que se presenta, se midió en el sitio denominado Puerto de Mal Paso.



Figura 16. Capas delgadas de caliza con intercalaciones de lutita, pertenecientes a la Formación Mal Paso en la localidad El Encino.

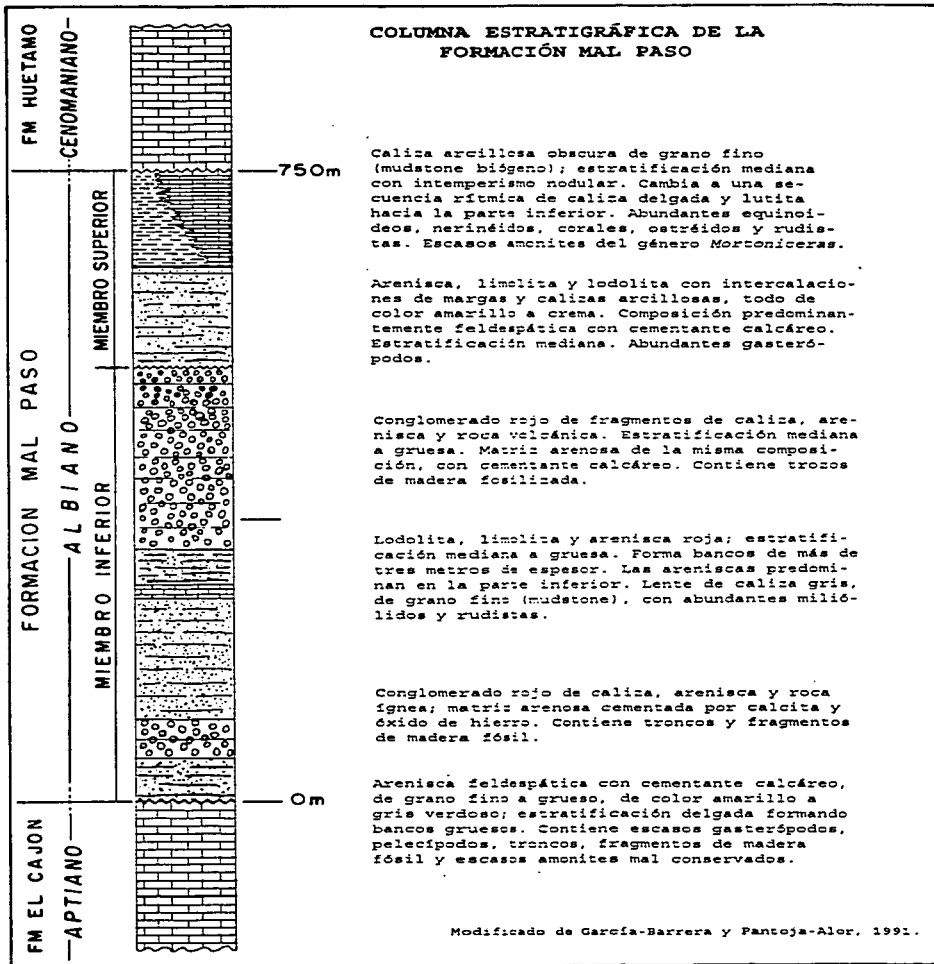


FIGURA 17

en adelante se encuentran, discordantemente, las capas del Miembro Superior.

La asociación de especies de rudistas (figura 18) que se localizan en el área está formada por:

Caprinuloidea gracilis Palmer

Caprinuloidea perfecta Palmer

Coalcomana ramosa (Boehm)

Immanitas rotunda? Palmer

Texicaprina sp. Coogan

Cabe mencionar que dentro del Miembro Superior de la Formación Mal Paso, pero en otra localidad conocida como La Piñuela se registró la especie *Toucasia hancockensis* Whitney, que en todo caso debe agregarse a la lista anterior, pero que por el ambiente donde se presenta y la asociación fósil donde ocurre, se describirá en una sección aparte.

La fauna asociada a las especies de rudistas en El Encino y Las Latas es abundante y diversa, a continuación sólo se mencionarán los grupos biológicos a los que pertenecen tales especies y un ejemplo de ellas. Para obtener una lista específica completa, se deberá consultar García-Barrera y Pantoja-Alor, 1991; Buitrón y Pantoja-Alor, 1992; García-Barrera P., 1993; H. Filkorn y Pantoja-Alor, 1995.

Corales: *Astrocoenia* sp., *Phyllocoenia* sp., *Bariphyllia* sp.

Equinodermos: *Heteraster mexicanus*, *Tetragramma malbosii*

Bivalvos: *Cyprimeria texana*, *Neithea* (*Neitheops*) *roemeri* (Hill) y *Cucullaea symondsi*

Gasterópodos: *Natica gaultina*, *Mesoglauconia* sp.

De acuerdo a los conjuntos fosilíferos y a los alcances estratigráficos de algunas especies, se le ha asignado una edad albiana media-tardía a las capas donde se localizó dicha

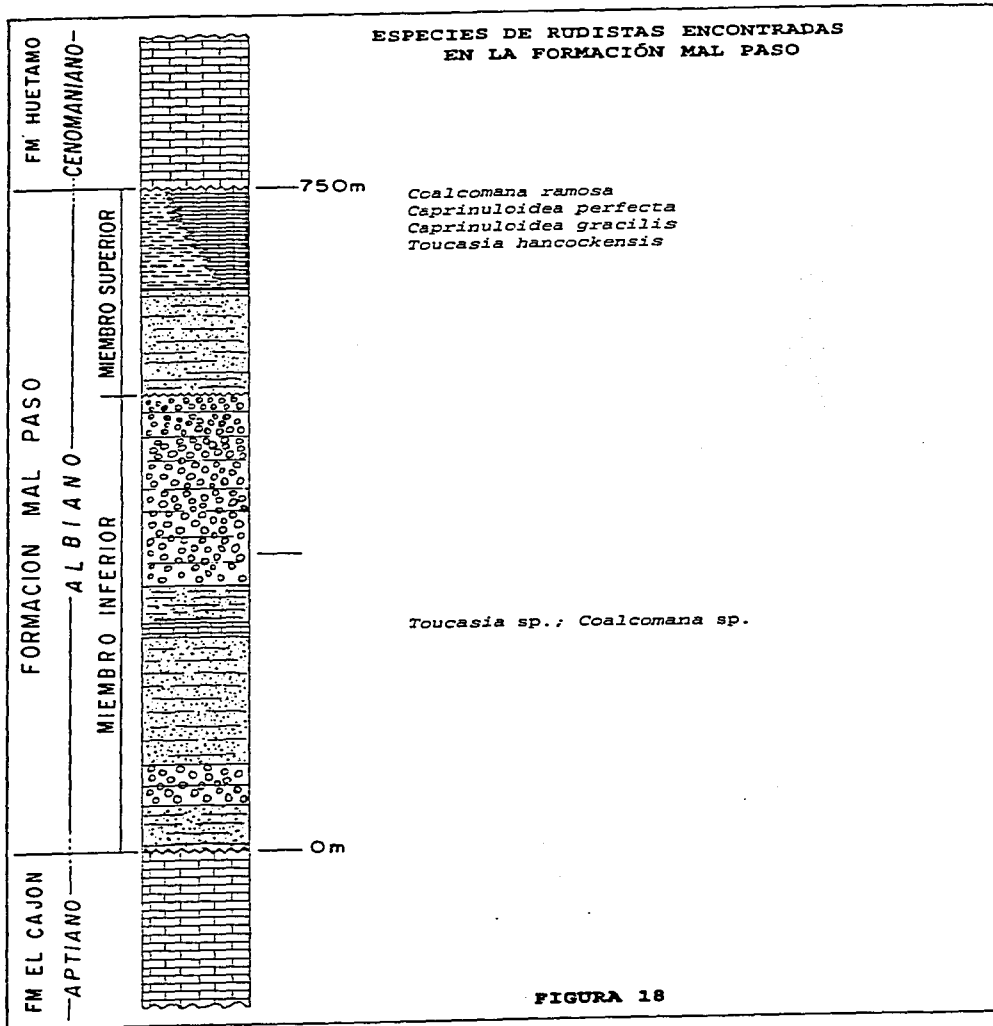


FIGURA 18

asociación dentro del Miembro Superior de la Formación Mal Paso.

Observaciones

Al describir la secuencia estratigráfica, se le dió el nombre de bancos a las asociaciones de rudistas que se presentan en las localidades de El Encino y Las Latas; cabe comentar que, respecto a otras localidades, son menos abundantes y no se encuentran unidos o muy próximos entre sí, en realidad existe bastante sedimento entre individuos vecinos. En particular en el área de Las Latas los rudistas son muy escasos, relativamente mal conservados, y se encuentran asociados a nerineas de gran talla (aproximadamente 25-30 cm de longitud).

En El Encino, el número de ejemplares es más abundante y se pueden observar ejemplares con las valvas articuladas, de formas predominantemente recumbentes y tallas de hasta 30 cm de longitud.

Las conchas de los rudistas aparecen normalmente permineralizadas por carbonato de calcio al igual que los corales, equinodermos y algunos bivalvos. Por el contrario, la fauna de gasterópodos, otros bivalvos y los escasos amonoideos, casi siempre aparecen en moldes internos.

En la localidad El Encino, el banco más aparente en la secuencia tiene una longitud aproximada de 71 m y una anchura máxima de 5 m. Los estratos inferiores o superiores contienen asociaciones de fauna diferente, por ejemplo, de grandes ejemplares de *Neithea* asociados a corales, o de equinodermos asociados con gasterópodos. En el área de Las Latas, las rocas que contienen rudistas y gasterópodos se extienden hasta por 115 m de longitud y hasta por 3 m de ancho.

La Piñuela

Localización Geográfica

Esta localidad fosilífera se localiza aproximadamente 9 km al noreste del poblado de San Lucas, Michoacán. Precisamente en el rancho abandonado conocido como La Piñuela. En la hoja Huetamo dicho paraje se ubica muy cerca del límite con el Estado de Guerrero, y entre los 18° 39' 45'' latitud norte y los 100° 44' 30'' longitud oeste. (Figura 19).

Estratigrafía local

Como se mencionó anteriormente, las capas sedimentarias de esta localidad se ubican dentro del Miembro Superior de la Formación Mal Paso, y su espesor total es de 40 m (Chávez García, 1995).

La secuencia contempla en la base una capa de arenisca feldespática de origen volcánico con abundantes restos (mal conservados) de Nerineas; y después, un conjunto de estratos alternantes de arenisca y lutita calcárea que carece de fósiles. Esta característica se mantiene por lo menos durante los primeros 10-12 m de la secuencia. A partir de este punto comienzan a aparecer escasos restos fosilizados de madera y fragmentos vegetales carbonizados. (Figura 20).

Siguiendo la secuencia hacia la cima, se presenta una serie de capas de lutita con intercalaciones de caliza. Característicamente las lutitas son las rocas fosilíferas, mientras que las calizas carecen de ellos (excepto cerca de la cima). (Figura 21). Se trata de intercalaciones delgadas de 10 a 15 cm de espesor. En esta parte de la secuencia existen capas compuestas casi exclusivamente por fósiles bien conservados de *Orbitolina (Mesorbitolina) texana* (Roemer). (Figura 22).

Arriba de estos últimos, las lutitas contienen abundantes restos bien conservados de gasterópodos, bivalvos y corales; la lista completa de especies aparece publicada en el trabajo

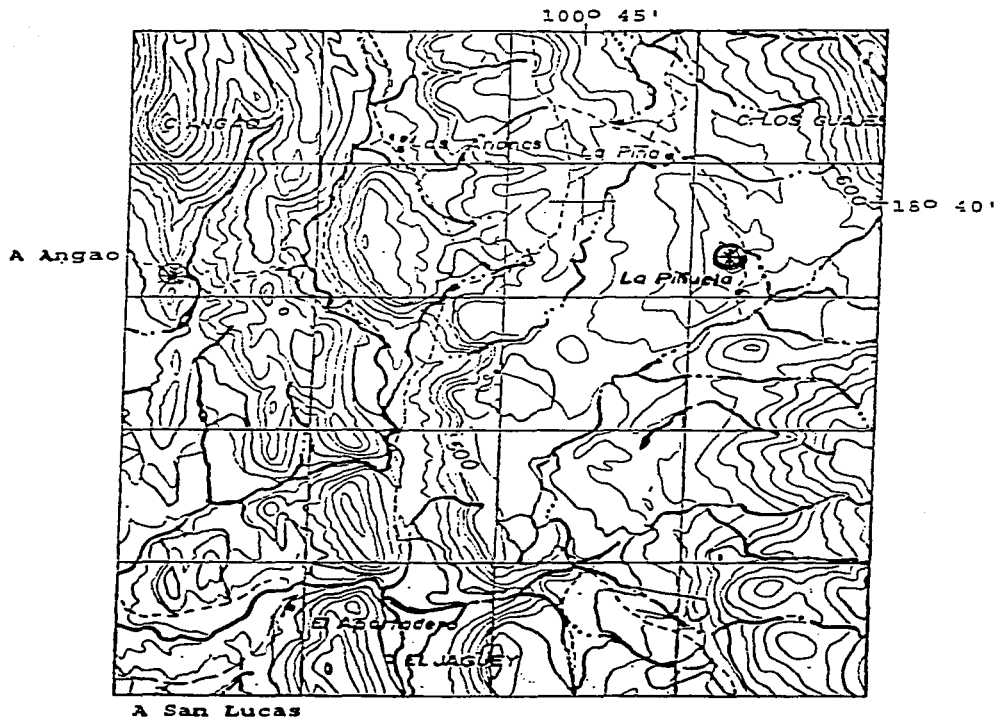
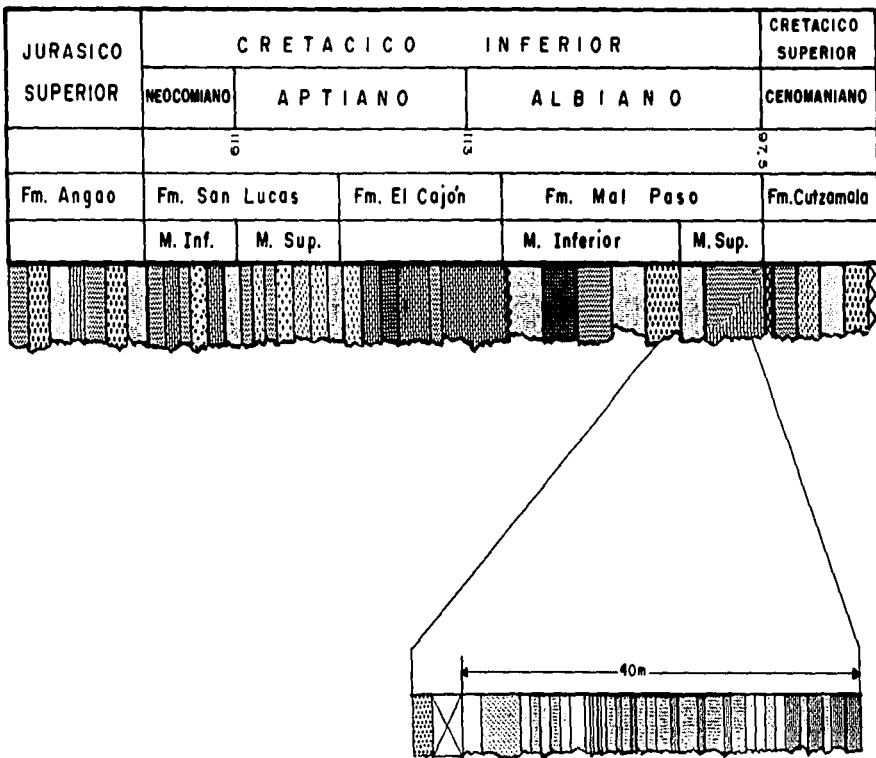
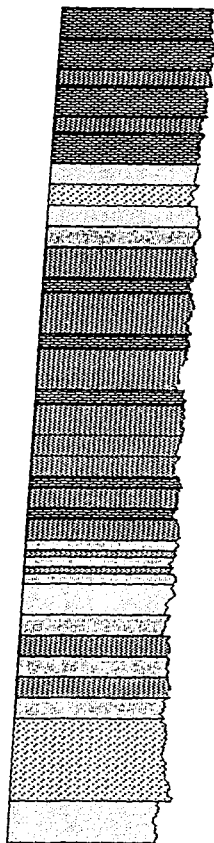


Figura 19. Mapa donde se indican la situación geográfica de la localidad La Piñuela y el sitio donde se midió la columna local. Escala 1:77500.

Figura 20. Columna estratigráfica local de La Pihuela. Según sus características litológicas y su fauna, estas capas se depositaron en un ambiente lagunar somero.



DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA
FAUNA EN LA LOCALIDAD LA PIÑUELA



Toucasia hancockensis y *Tylostoma ovatum*

Restos escasos de *Orbitolina* (*Mesorbitolina*)
texana

Natica gaultina, *Mesoglauconia* (*Triglauconia*)
kleimpelli, *Peruviella dolium*, *Pterotrigonía*
plicatocostata

Paraglauconia (*Diglauconia*) *mac-phersoni*,
Lunatia cragini, *Mesoglauconia* (*Mesoglauconia*)
burnsi

Pyrazus (*Echinobathra*) *valeriae*, *Natica gaultina*
Tylostoma ovatum, *Lunatia pedernalis*, *Stylina*
sp. *Nerinea aquilina* y *Sphaera corrugata*

Pterotrigonía plicatocostata, *Microschiza*
(*Cloughtonia*) *scalaris* y *Gymnentome* (*Gymnentome*)
zebra

Restos muy abundantes de *O. (M.) texana*

Chondrodonta munsoni, *Nododelphinula galeotti*
Nerinea coquandi, y restos escasos de
Orbitolina (*Mesorbitolina*) *texana*

Fragmentos escasos de madera permineralizada

Restos abundantes de *Plesiptyxis fleuriaui*

Tomado de Chávez García, 1995.

de tesis de Chávez García, 1995 y consta de 21 taxa. (Figuras 23, 24, 25 y 26).

Esta última serie de estratos se mantiene hasta aproximadamente los 30 m de la columna. A partir de ese punto se nota un cambio importante en los sedimentos y una disminución en la abundancia y diversidad de la fauna. Los estratos cambian hacia arenisca que pasa paulatinamente de fina a gruesa y finalmente a caliza, donde se localizan bancos bien desarrollados y con abundantes restos bien conservados del rudista *Toucasia hancockensis*, (García-Barrera, 1995).

El conjunto de especies y sus alcances estratigráficos aportan datos suficientes para asignar una edad albiana temprana a las rocas portadoras, (Chávez García, 1995), sin descartar la posibilidad de que la edad de tales capas se considere hasta del Albiano Medio, ya que poco más de la tercera parte de las especies referidas tienen alcances estratigráficos que contemplan el total del Albiano.

Observaciones

La mayoría de las especies representadas, y especialmente los gasterópodos, se caracterizan por presentar un tipo de fosilización autigénica (moldes y vaciados), mientras que algunos bivalvos como *Chondrodonta* y *Toucasia* se presentan permineralizados. Lo anterior se explica al analizar el tipo de roca en el que se encuentran los fósiles mencionados.

Localmente los gasterópodos se localizan en estratos arcillosos y las *Toucasias* en sedimentos calcáreos; los cambios en el tipo de sedimentos se explican por cambios ambientales durante los cuales la cuenca de depósito recibía aporte de terrígenos desde el continente, y en otras épocas permanecía cerrada favoreciendo la precipitación de carbonatos. Ello es posible gracias a una fuerte inestabilidad tectónica de la zona que incluso provocó que en distancias cortas se observen cambios de facies notables (García-Barrera y Pantoja-Alor, 1991; Pantoja-Alor, 1993).



Figura 22 Detalle de los estratos formados exclusivamente por *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana* en la localidad La Piñuela. Los sedimentos son arcillosos finos y su espesor es variable.



Figura 23. *Lunatia pedernalis*



Figura 25. *Plectroptyxia flourensii*



Figura 24. *Peruvicella dolium*



Figura 26. *Sphaera corrugata*

Ejemplos de algunas especies leoninenses encontradas en los estratos de la parte superior de la Formación Mal Paso, en la localidad La Píñeta.

Por otro lado, las inferencias sobre las condiciones ambientales del depósito respecto a la profundidad, energía del agua y la tasa de depositación, se desprenden del análisis del conjunto faunístico, el tipo de sedimentos y la morfología adaptativa de algunos de ellos; por ejemplo, a los casiópodos sólo se les ha encontrado en el dominio del Tethys, es decir entre los 25° de latitud norte y sur, y siempre asociados a corales, nerinélidos, natícidos, acteonélidos y trigónidos (Alencáster, 1984, 1987).

Por otro lado, el conjunto se asocia a aguas someras de baja energía y ambientes lagunares protegidos, puesto que existe la presencia de bancos muy característicos (similares a los que forman los ostiones modernos) del rudista *Toucasia hancockensis*, cuya valva fija presenta un enrollamiento ligero que le confiere estabilidad sólo en ambientes de baja energía, lo que a su vez se traduce en una tasa relativamente baja de sedimentación (Masse, 1976, in Rey, 1983). Además, el diverso y abundante conjunto de gasterópodos y su asociación a corales indican la cercanía de la costa y su desarrollo en zonas poco profundas donde existiera abundante alimento.

En términos generales, el grado de conservación de los fósiles va de bueno a muy bueno, no existiendo evidencias de transporte, por lo que se puede afirmar que se fosilizaron en el sitio y dentro del área que habitaron durante el Albiano.

El Cajón

Localización geográfica

Las coordenadas geográficas entre las que se localizan tanto la sección tipo como los distintos afloramientos de la Formación el Cajón, son: 18° 28' y 18° 29' latitud norte y 100° 42' y 100° 45' longitud oeste. (Figura 27). Las rocas de esta formación son predominantemente calizas y en el estudio original de Pantoja-Alor (1959), se describieron como Formación Morelos. Fue hasta 1990 cuando el mismo autor redefinió las Unidades litoestratigráficas del área y se denominó Formación El Cajón. (Figura 28).

Estratigrafía local

La base de la secuencia, que en total tiene 125 m, se comenzó a describir dentro de los terrenos del rancho El Paraíso y sobre la carretera estatal, en el tramo que va de Chumbítaro a San Lucas. Comienza con una serie de 8 a 10 m de arenisca de origen volcánico, de estratificación gruesa (40-50 cm) y color verdoso, en las que claramente se observan cristales de cuarzo. Por encima de ellas se encuentra una serie de estratos (12-15 m) gruesos de arenisca calcárea que se alternan con capas delgadas de arenisca sin fósiles. (Figura 29).

El resto de la secuencia se compone de capas gruesas de caliza (masiva) con intercalaciones de lutita calcárea. Estas capas son las portadoras del material fósil característico de la Formación El Cajón, e incluyen rudistas, corales y gasterópodos (figuras 30 y 31).

Los estratos de caliza de la parte superior hacen contacto discordantemente con capas de arenisca feldespática de la Formación Mal Paso, que en este punto contienen abundantes fragmentos de madera fósil y escasos amonites mal conservados.

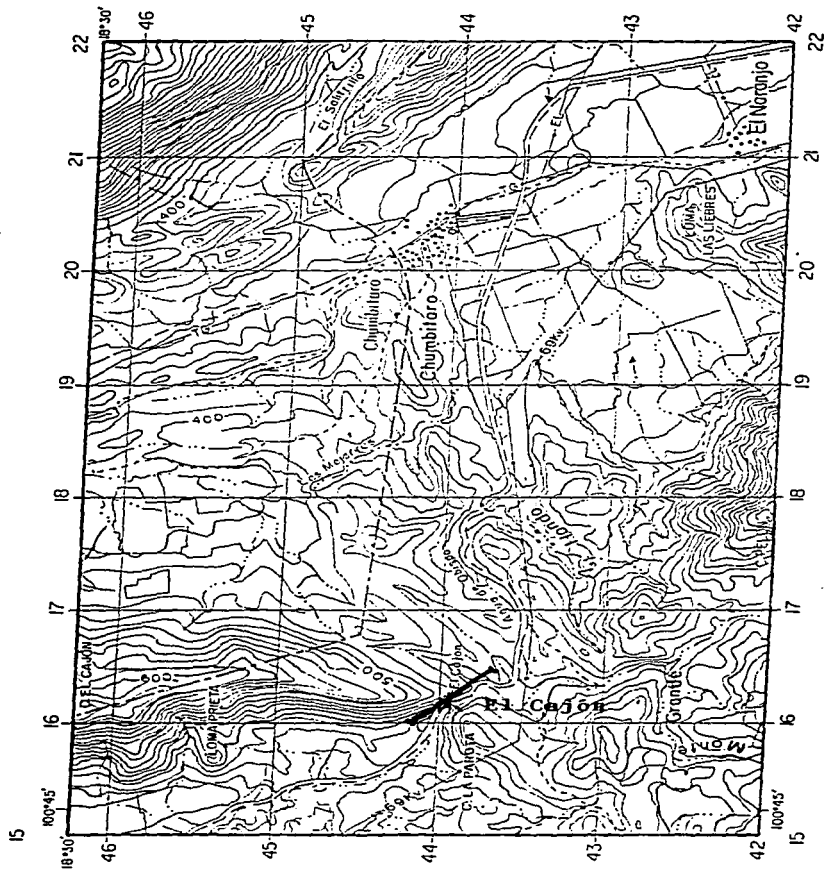
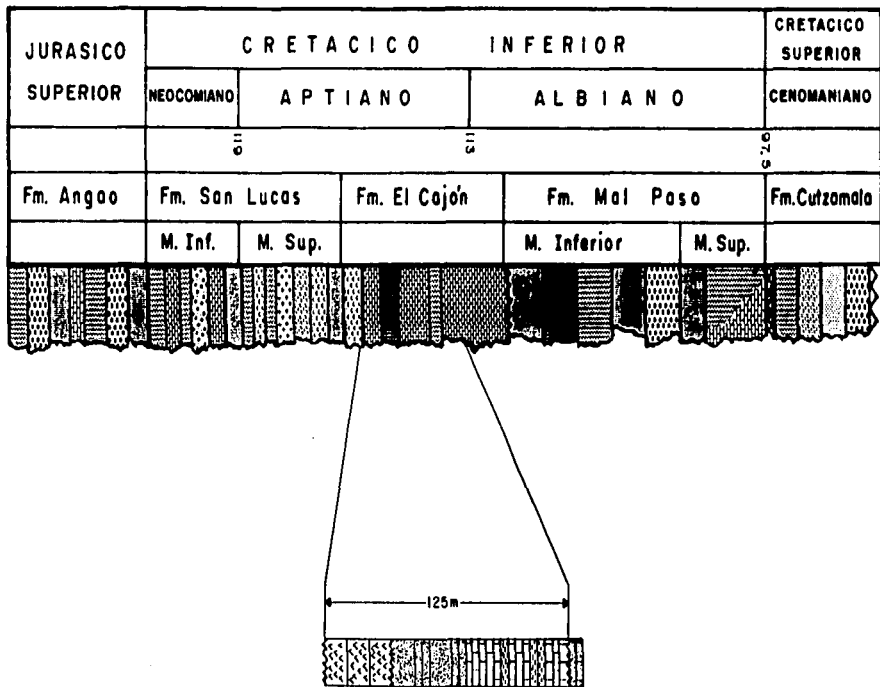
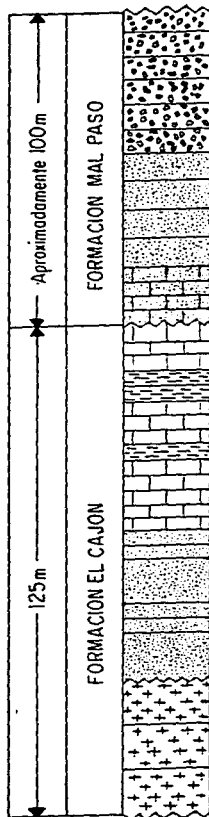


Figura 27. Mapa donde se indica la situación geográfica de la localidad El Cajón, cuyas capas pertenecen a la formación geológica del mismo nombre. Se señala también el sitio donde se midió la columna estratigráfica. Escala 1:67500.

Figura 28. Columna estratigráfica de la localidad El Cajón, indicando su posición dentro de la secuencia general de depósito de la región de Huasteco.



COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN EL CAJÓN (APTIANO-ALBIANO INFERIOR)



Conglomerado de caliza con clastos de hasta 20 cm. Algunos clastos presentan restos fósiles. En menor proporción se localizan clastos pequeños de cuarzo. Los estratos varían de 40 a 50cm. Aunque los clastos han perdido las aristas, no están perfectamente redondeados.

Arenisca café amarillento con troncos fósiles silicificados. Presenta intercalaciones de caliza, lodolita y limolita. Los fragmentos de madera son relativamente abundantes. Los estratos varían de 30 a 45 cm de espesor.

Arenisca feldespática con cementante calcáreo en capas delgadas de 15 a 20 cm, con amonites en mal estado de conservación.

Capas gruesas de caliza color gris de 1.20 a 1.50 m de espesor con intercalaciones de lutita. Las calizas contienen rudistas como *Amphitriscoelus waringi*, *A. pluriloculata*, *Coelcomana ramosa*, *Toucasia* sp. y *Caprina* sp. También existen corales coloniales, gasterópodos (*Tylostoma* y *Nerinea*), y escasos bivalvos como *Trigonia* sp. Hacia el sur de la localidad tipo, las toucasias forman densos bancos de reducidas dimensiones. Los demás rudistas mencionados son bastante escasos y no forman bancos. En las lutitas son abundantes las *Orbitolinas*.

Capas gruesas de arenisca calcárea (40-50 cm de espesor), que alternan con capas delgadas de arenisca (2-3 cm de espesor) sin fósiles; estas últimas son feldespáticas de color amarillento.

Arcosa (arenisca de origen volcánico), de estratificación gruesa (40-50 cm) y color verdoso. Se observan claramente los cristales que forman.

FIGURA 29

La asociación de especies de rudistas es la siguiente:
Amphitriscoelus waringi Harris y Hodson
Amphitriscoelus pluriloculata Alencáster y Pantoja-Alor
Coalcomana cf ramosa (Bohem)
Toucasia sp.

La fauna acompañante es escasa y se compone principalmente de gasterópodos como *Tylostoma sp.*, *Nerinea sp.*; pequeñas colonias de coral, abundantes ejemplares de *Orbitolina*, bivalvos del género *Chondrodonta munsoni* y un sólo ejemplar de un trigónido no identificado hasta la fecha. Según Pantoja-Alor (1990, p. 66) la edad de las capas referidas es aptiana tardía; sin embargo, dada la presencia del género *Coalcomana*, por lo menos las capas superiores donde aparece ésta deberían considerarse del Albiano temprano. Es decir, de acuerdo a la asociación de especies fósiles, la Formación El Cajón debe considerarse Aptiano tardío-Albiano temprano.

Observaciones.

Los rudistas más abundantes son los requiénidos del género *Toucasia sp.*, que forman densos bancos de escasas dimensiones. Las demás especies son poco numerosas en cuanto a ejemplares, no forman bancos ni arrecifes y en realidad existe mucho sedimento entre cada uno de los ejemplares.

En los bancos de *Toucasia* y *Chondrodonta* el proceso de fosilización es permineralización por carbonato de calcio; el mismo proceso se presenta en las otras especies de rudistas y algunos ejemplares de gasterópodos. Sin embargo, el proceso más frecuente en estos últimos es la preservación por medio de moldes y vaciados, sobre todo en los de gran tamaño (12-15 cm).

Por otro lado, también se nota en el campo que los estratos donde hay bancos de *Toucasia sp.*, no presentan otro tipo de rudistas; las demás especies se localizan hacia el sur de la zona estudiada y se encuentran dispersas. Asimismo, existen



Figura 30. Detalle de las rocas donde se localizan los fósiles de *Amphistriacocelus* y *Coelcomana*, en la Formación El Cajón.

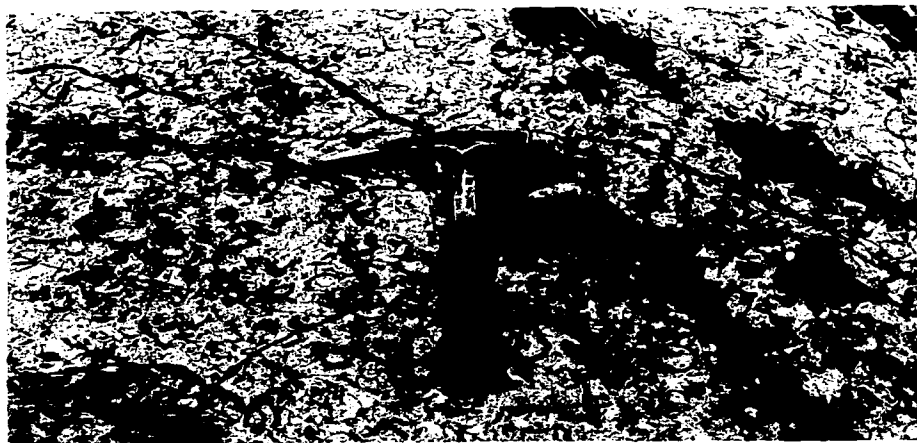


Figura 31. Como fondo de la imagen se observa un banco de *Touzeira* sp. y en primer plano, junto al martillo, un gastropodo de gran talla que se encuentra rodeado al lado de sus liliadas.

capas (hacia el este) en las que los fósiles de gasterópodos y algunos rudistas, son sumamente escasos; a veces se encuentran como pequeñas acumulaciones de conchas transportadas.

ASOCIACIONES FÓSILES

Las asociaciones fósiles de rudistas en la región de Huetamo fueron descritas en páginas anteriores de acuerdo a la localidad donde se encontraron cada una de ellas; sin embargo, las asociaciones pueden analizarse como un todo dentro de un mosaico ambiental que presenta ciertas variaciones y, además, enmarcarlas en un lapso de la historia geológica. El análisis de conjunto nos permite documentar la composición taxonómica del mismo, la abundancia relativa de algunas especies, y la diversidad de taxa existentes, así como el cambio que experimentaron las asociaciones a través del tiempo. Por ello, a continuación expondremos algunos datos sobre la presencia de dos conjuntos de especies que se sucedieron en la región de Huetamo durante el Cretácico Temprano.

Recordemos que los rudistas son un grupo biológico de hábitos gregarios y vida adulta sésil; de hecho, formaron desde pequeños bancos hasta verdaderos arrecifes de grandes dimensiones (Alencáster, 1990).

También debemos recordar que, a pesar de ser arrecifales, no todos vivieron bajo las mismas condiciones del ambiente, sino que se especializaron y diversificaron a tal grado que algunos, como los requiñidos, sólo los encontramos en zonas lagunares protegidas, mientras que otros, como los caprínidos, formaron parte del macizo arrecifal (Kauffman y Johnson, 1988).

Si analizamos los conjuntos de rudistas de la región de Huetamo teniendo en mente los aspectos anteriores, y

revisamos la tabla de alcances estratigráficos de las especies, podremos notar dos asociaciones diferentes, no sólo por estar separadas en el tiempo, sino por lo que ello representa desde el punto de vista de la evolución de las asociaciones, el papel ecológico de las especies, y su distribución en ambientes similares dentro de una misma región.

A pesar de que no se presentaron todas las especies en un mismo sitio, sí convivieron en áreas muy cercanas pero en ambientes diferentes. Tal es el caso de la primera asociación de edad aptiana temprana y compuesta por:

Amphitriscoelus waringi
Amphitriscoelus pluriloculata
Caprina massei
Pantojalaria sphaerica
Caprina sp.
Huetamia buitronae
Horiopleura turitzia

Entre ellas, los restos más abundantes pertenecen al género *Amphitriscoelus*, que característicamente se presenta dentro de la planicie o llanura arrecifal. Es decir, forma parte del macizo arrecifal pero no se encuentra en la parte frontal (Scott, 1990). En este caso, *Pantojalaria*, *Huetamia* y las especies de *Caprina* son menos abundantes y se encuentran mezcladas con las especies de *Amphitriscoelus*, sin una distribución o zonación distinguible dentro de los afloramientos. En esta asociación no se encontraron formas cónicas erectas estrechamente unidas o empacadas que representarían parte o partes frontales de un arrecife, por lo que se asume que durante el Aptiano inferior en la región de Huetamo se mantuvieron las condiciones ambientales que según Kauffman y Johnson (1988), eran comunes en los arrecifes neocomianos, esto es, que estuvieron limitados a ambientes de plataformas protegidas o zonas lagunares, lo cual coincide

con el tipo de fauna acompañante y la litología presente en cada localidad estudiada. Por ejemplo, parches arrecifales de corales coloniales, gran variedad de especies de gasteropodos (naticidos, casiópodos y nerinéidos), algunos bancos de ostréidos o de condrodontos, y calizas de estratificación mediana a gruesa.

Por otro lado, se pudo constatar en el terreno que los bancos no eran extensos ni de anchura considerable, la máxima longitud observada fue de poco más de 200 m, y en cuanto a la anchura (muy variable) se detectaron de 8 a 12 m. La forma general de los mismos era alargada, de límites irregulares y a una escala mayor en el terreno se verían como parches alargados que se acuan hacia los extremos. Tampoco eran muy diversos en cuanto a número de especies, debido quizá a una competencia interespecífica por espacio, ya que la especie que se establece primero en un sitio, se reproduce y crece rápidamente impidiendo el establecimiento de otras. En suma, la asociación de especies del Aptiano inferior en la región de Huetamo se vería aproximadamente como en la figura 32.

En cuanto a la segunda asociación de rudistas, se observa una composición taxonómica totalmente diferente a nivel de géneros y especies, ya que durante el Albiano evolucionaron nuevas taxa de rudistas que reemplazaron a los anteriores en la misma región, pero que además mantuvieron ciertas características morfológicas de los antiguos habitantes aptianos. La explicación a este hecho se encuentra en la permanencia de ambientes similares pero con especies distintas pertenecientes (la mayoría de ellas) a la misma familia. Es decir, la fauna de rudistas evoluciona, las especies cambian su aspecto pero continúan jugando el mismo papel ecológico dentro de su comunidad.

Según Scott (1990) en los arrecifes albianos los caprínidos tendieron a ocupar las partes someras y de energía moderada del arrecife; los radiolítidos y mexicaprínidos erectos



Figura 32. Reconstrucción de la asociación aptiana de rudistas en la región de Huatamo. En primer plano y de gran talla aparece *Pantojaloria sphaerica*; en la parte posterior se representan ejemplares de *Amphitriscoelus waringi* y *Amphitriscoelus pluriloculata*, estos últimos de menor tamaño.

ocuparon las partes frontales; y los monopléuridos cilíndricos y erectos, junto con los requiénidos enrollados, ocuparon la parte posterior del arrecife, obstruyendo el paso de las corrientes y atrapando sedimentos carbonatados de grano fino.

En particular, en la región de Huetamo los bancos, biostromas o pequeños arrecifes albianos estaban formados y dominados por:

Caprinuloidea perfecta Palmer

Caprinuloidea gracilis Palmer

Coalcomana sp

Toucasia sp

Toucasia hancockensis Whitney

Los especímenes de *Toucasia* siempre se encontraron en ambientes lagunares sin mezclarse nunca con otras especies. En mucho menor proporción se encontraron restos que podrían ser asignados a *Immanitas?*, *Mexicaprina?* y *Texicaprina?* mezclados con los caprínidos mencionados. Sin embargo, hasta tener ejemplares que permitan una asignación sin dudas, sólo se mencionarán tentativamente.

En el caso de los bancos albianos de la región de Huetamo, no se observó la presencia de formas totalmente erectas y fuertemente empaquetadas, más bien son formas cónicas y cilíndricas que crecerían en partes protegidas dentro de plataformas muy someras. Tampoco se observa una zonación como la descrita por Scott (1990) en renglones anteriores. Por lo ello es muy probable que la situación geográfica y ambiental haya sido muy particular en la región de Huetamo debido a que, a diferencia de los arrecifes de Texas y Arizona, se encontraba dentro de la región que Kauffman y Johnson (1988), denominaron el Super Tethys, y por otro lado a que los conjuntos mencionados se desarrollaron en lo que podríamos llamar "pequeñas plataformas inestables" puesto que gran parte del territorio nacional estaba sumergido en esa época y

se tienen indicios, tanto de fluctuaciones marinas como de algunas partes positivas interrumpidas por mares someros donde se registraba actividad volcánica (Pantoja-Alor, 1993) y se depositaban rocas de plataforma, por ejemplo, calizas de estratificación gruesa a masiva y calizas con fauna de rudistas y corales (López Ramos, 1979 Tomo III p 353-367). El conjunto de rudistas albianos de la región de Huetamo, se vería aproximadamente como se ilustra en las figuras 33 y 34.

BIOGEOGRAFÍA DE RUDISTAS DURANTE EL PERÍODO CRETÁCICO

Conceptos básicos

La biogeografía es una disciplina de investigación muy reciente, tanto que sólo pudo afirmarse como tal cuando la teoría de la Tectónica de Placas fue reconocida por la gran mayoría de los científicos, esto es, durante la década de los años sesenta. El estudio de la distribución de los seres vivos sobre la faz de la Tierra se había abordado desde siglos atrás, pero sin una base sólida de investigación y desde un punto de vista meramente especulativo.

En general se acepta que la biogeografía es el estudio de la distribución (sobre la superficie terrestre) de los taxa actuales y extintos. Estudia también la historia o desarrollo de tales patrones a través del tiempo, es decir, las causas históricas de la distribución de los seres vivos, para lo cual se apoya en la sistemática, las ciencias de la Tierra y la paleontología. La anterior es la definición de lo que los especialistas llaman **biogeografía histórica**. Sin embargo, existe otra definición, la de la llamada **biogeografía ecológica**, que estudia los factores que en la actualidad influyen sobre la distribución de los organismos, como son las condiciones físicas del entorno y las interacciones bióticas, por ejemplo, la competencia entre taxa o grupos biológicos que repercute en la expansión de un nuevo grupo en

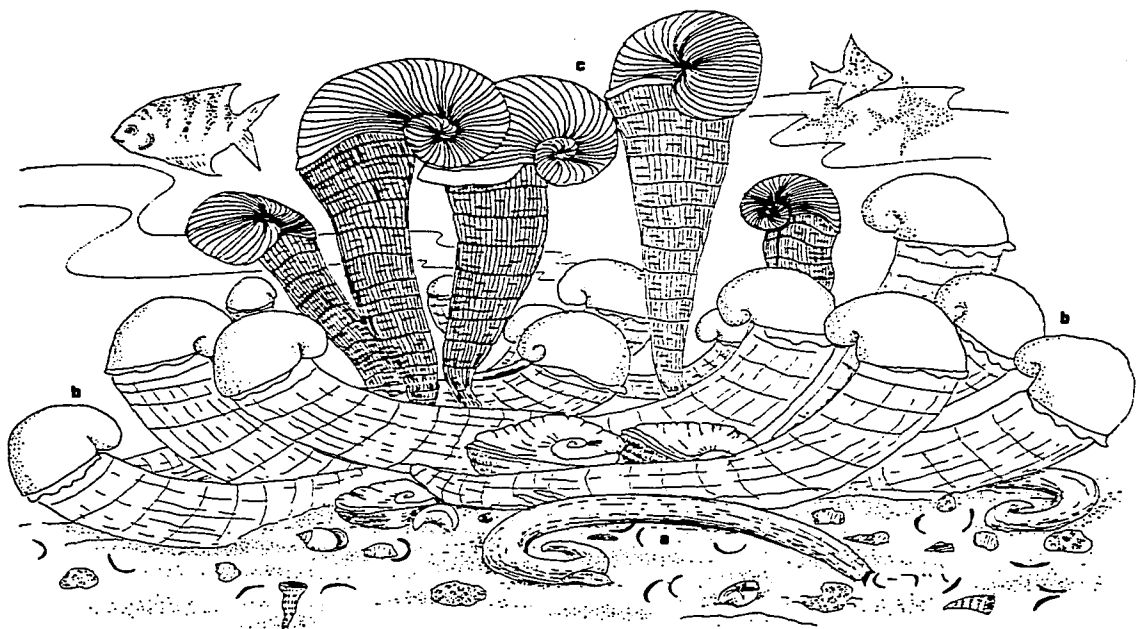


Figura 33. Asociación de rudistas albianos representada por los géneros a) *Coalcomana*, b) *Caprinuloidea* y c) *Caprina*; también se observan algunos corales solitarios, gasterópodos y pequeños corales coloniales.



Figura 34. Conjunto de rudistas representado por *Toucasia hancockensis*, que forma bancos monoespecíficos en ambientes lagunares de la Formación Mal Paso.

una cierta área y la consiguiente contracción en la distribución de otro grupo previamente establecido, (Bueno y Llorente, 1991).

Las ideas más antiguas sobre la distribución de los seres vivos reflejan las creencias religiosas cristianas donde se aseguraba que Noé protegió en su arca a una pareja de animales de cada especie durante el Diluvio. Una vez que cesaron las aguas el Arca quedó en un sitio conocido como monte Ararat, donde se liberó a los animales para repoblar la Tierra. Antes, los animales y las plantas habían sido creados en el paraíso y de ahí se dispersaron por todo el mundo. Es decir las explicaciones se refieren a un solo centro de origen.

A mediados del siglo XVIII Buffon escribió que a cada sitio le corresponden especies propias desarrolladas en ese lugar. Los historiadores le han conferido a este enunciado la categoría de Ley de Buffon que, según ellos, se refiere al principio de endemismo.

Las ideas religiosas combinadas con pensamientos como el de Buffon influyeron para que la explicación de la distribución de los seres vivos se basara en la búsqueda de "Centros de Origen" y las correspondientes "Rutas de Dispersión", que variaban mucho según los nuevos descubrimientos de los investigadores, por lo terminaron por ser "ad hoc".

A los investigadores que detentaban este tipo de explicaciones se les catalogó como dispersionistas o escuela dispersionista, que cuando tuvo acceso a los postulados ecológicos modernos explicó la distribución geográfica de las biotas en términos de la capacidad de dispersión de los taxa alrededor o a través de barreras existentes. Incluso, los patrones de distribución discontinua se explican de acuerdo a los métodos y capacidades de los organismos para dispersarse, además de entrar en juego sus características biológicas, sus limitaciones ecológicas y su habilidad competitiva. Lo anterior puede resultar cierto para especies que han aparecido muy recientemente desde el punto de vista

geológico, pero no explica los patrones complicados de distribución disjunta, y mucho menos la distribución de floras y faunas completas a través del tiempo.

Como alternativa a las explicaciones dispersionistas, surgieron nuevas ideas y metodologías para explicar la distribución de los seres vivos, entre ellas es de especial interés la **biogeografía de la Vicarianza**, que trata de descubrir las relaciones históricas entre las biotas, al utilizar como dato básico las relaciones de parentesco que existen entre las especies endémicas que contienen. Investiga las relaciones de origen o parentesco de las áreas y las biotas por medio de las relaciones de parentesco de sus especies (Nahum y Llorente, 1991).

Como parte de la metodología de investigación de la biogeografía de la vicarianza, se emplea la sistemática filogenética, también conocida como **cladística**, la cual trata de encontrar la relación de ancestría común inmediata (taxa hermanos) por comparación de caracteres homólogos derivados, que deben distinguirse de aquellos que no se adquirieron por herencia, sino por evolución convergente o paralela. De esa forma se realizan agrupamientos de taxa que reflejan distintos grados de relación entre sí. Al mismo tiempo se trata de establecer de manera similar relaciones más o menos estrechas entre diversas áreas geográficas según sus biotas.

Es aquí donde la deriva continental juega un papel muy importante puesto que las consideraciones sobre la distribución de categorías taxonómicas superiores (géneros, familias, órdenes) que se originaron hace mucho tiempo, deben en primer lugar tener en cuenta que existieron condiciones geográficas y climáticas variantes a través del tiempo.

En síntesis, la explicación actual de la biogeografía asume que la vida sobre la Tierra ha evolucionado a la par de la geografía terrestre. En el caso de la Biogeografía histórica, su explicación depende de causas que no actúan más en el presente, mientras que la explicación ecológica depende de causas físicas que actúan en el presente.

Por otro lado, el dispersionismo y la vicarianza difieren en lo siguiente:

El dispersionismo intenta explicar la distribución geográfica de un grupo en particular, mientras que la vicarianza intenta explicar la distribución de muchos grupos que habitan en una determinada área. Por lo tanto, la explicación dispersionista sólo puede obtener resultados si compara grupos biológicos que poseen medios similares de dispersión. Es decir, no puede explicar la distribución de un conjunto de especies puesto que cada una tiene distintos medios y capacidades de dispersión.

Biogeografía y bioestratigrafía

Debido a que algunas unidades bioestratigráficas están basadas en especies únicas o en un solo taxon, su utilidad claramente está en función de su extensión territorial y por lo tanto de su distribución geográfica. Sin embargo, otras unidades bioestratigráficas están basadas en conjuntos de especies que no están relacionadas filogenéticamente, pero que comparten características ecológicas que las han convertido en asociaciones constantes y consistentes. Generalmente estas especies pertenecen a la misma comunidad. En este caso los factores que determinaron los patrones de distribución y que formaron los límites de las provincias, limitaron también la extensión geográfica de las unidades bioestratigráficas, de ahí su utilidad práctica en bioestratigrafía. No obstante, es necesario hacer un comentario al respecto, ya que si aceptamos que los continentes se mueven, aceptaremos también que la distribución original de los fósiles también ha cambiado considerablemente, puesto que se formaron como fósiles en un sitio que derivó hacia una nueva situación geográfica. Por lo tanto no es fácil hablar acerca de la distribución triásica

de equis taxon ya que en realidad se habla de la distribución actual de las localidades que contienen fósiles triásicos de tal especie (Valentine, 1977; Eicher, 1973).

De lo anterior se desprende la necesidad de ser muy cuidadoso en las conclusiones o implicaciones paleobiogeográficas de los organismos, y sobre todo en las conclusiones estratigráficas derivadas de tales estudios.

Para concluir este apartado se recordará que la biogeografía y la bioestratigrafía están íntimamente unidas y que gracias a sus respectivos estudios hemos podido conocer la historia de la distribución de los grupos biológicos tanto en espacio como en tiempo, y para dar un ejemplo hablaremos a continuación de algunos aspectos paleobiogeográficos de los Rudistas Cretácicos.

Paleobiogeografía de rudistas

Por ser formadores de arrecifes, los rudistas tuvieron una distribución general circumequatorial durante el período Cretácico, sin embargo, su origen se remonta al Jurásico Superior de Europa. Por otro lado, dado que las especies más antiguas vivieron en un tiempo en que ya se había fragmentado la Pangea pero en el que las condiciones climáticas eran realmente benignas para este grupo de organismos, los especialistas han encontrado que las faunas de rudistas (pre-albianos) fueron cosmopolitas a nivel genérico. Esta conclusión difiere en algunos autores que consideran hasta un 40% de endemismo para la Provincia Mediterránea en tiempos pre-albianos (Coogan, 1977).

Para el Cretácico medio (Albiano-Cenomaniano) habían evolucionado ya cinco de las seis principales familias de rudistas, que se distribuyeron tanto en el hemisferio occidental como en el oriental. Autores como Coogan (1977) han estimado un total de cuarenta géneros de rudistas para el Cretácico medio: seis de requiénidos, seis de monopléuridos,

siete de caprotínidos, seis de radiolítidos y quince de caprínidos. Entre todos ellos, los caprínidos y los radiolítidos evolucionaron rápidamente y por lo general son más útiles para datar estratos. De estos cuarenta géneros, veintiseis (45%) se presentan en el hemisferio occidental y treinta y uno (77%) en el hemisferio oriental.

Es importante notar que los requiénidos, monopléuridos y radiolítidos son esencialmente cosmopolitas a nivel genérico en el Cretácico medio, y que el provincialismo se presenta sólo en diferentes ramas de los caprínidos, principalmente a nivel de subfamilia. Este provincialismo debe ser resultado más que de distancias o barreras transoceánicas, de factores biogeográficos y ecológicos que controlaron la dispersión de estos organismos, ya que se han encontrado caprínidos coalcománidos en atolones hundidos del Pacífico occidental. Lo importante al estudiar el provincialismo con fines de datación, es tomar en cuenta que algunos grupos conservadores como los requiénidos y monopléuridos, son de poca utilidad para datar, porque son cosmopolitas. Los miembros de estos grupos se utilizan básicamente para obtener información paleoecológica durante el Cretácico. En cambio, los radiolítidos son útiles para dataciones locales, regionales, e intercontinentales, aunque algunos géneros proveen información menos precisa que la deseada. Por otro lado los coalcománidos son útiles y precisos para datar, además de que casi siempre están en compañía de foraminíferos arenáceos encontrados en ambientes similares, por ejemplo, *Orbitolina*, *Dictyoconus*, *Coskinolinoides* y *Coskinolina*. Los géneros de caprínidos no resultan de tanta utilidad para la correlación inter-hemisférica del Cretácico como los foraminíferos y los amonites.

Durante el Cretácico Tardío se ha estimado la presencia de poco más de 65 géneros de rudistas. De esos 65 géneros, treinta y uno (47%) se presentan en localidades del hemisferio occidental (sur de Estados Unidos, México, Centro América, el Caribe y el norte de América del Sur), y

cincuenta y tres (81%) se encuentran en el hemisferio oriental. Dentro de la fauna del hemisferio occidental, existe un alto porcentaje de provincialismo, aproximadamente un 80 % (Alencáster, 1997, comunicación personal) y consiste principalmente de hipurítidos semejantes a *Barretia*, algunos géneros de sauvagésidos, radiolítidos y caprínidos.

De la fauna del hemisferio oriental, el 47% por ciento de los géneros no se encuentra en el hemisferio occidental. Por lo anterior, las faunas de rudistas del Cretácico Tardío son mucho más provinciales que las del Cretácico medio, y el endemismo está ejemplificado en los caprínidos, radiolítidos e hipurítidos del Cretácico Tardío. Los rudistas del Cretácico Tardío son importantes para datar facies arrecifales en Jamaica, Cuba, Puerto Rico y México, pero no han sido muy utilizados a lo largo de la costa de los Estados Unidos en el Golfo de México.

En el intervalo Campaniano-Mastrichtiano, y debido a su abundancia y diversidad, los hipurítidos del tipo *Barretia* y los caprínidos tipo *Antillocaprina*, resultan útiles para dataciones del hemisferio occidental basadas exclusivamente en rudistas, aún cuando en ese lugar haya una carencia de foraminíferos indicadores de edad (Coogan, 1977).

El incremento del provincialismo entre los rudistas del Cretácico Tardío es atribuible al efecto que tuvo como barrera anti-migratoria el sistema de cordilleras oceánicas que se incrementó durante el Mastrichtiano debido a la expansión del Océano Atlántico.

Por otro lado también es posible reconocer el provincialismo de la región caribeña (que incluye buena parte del sur de México) durante el intervalo Aptiano-Albiano, sobresaliendo el hecho de que la tendencia hacia el endemismo está más acentuada en los rudistas que en los corales, aunque ambos grupos siguen tendencias similares.

Al inicio de esta sección, mencionamos que en general la distribución de los rudistas estuvo ligada al Ecuador, dentro

del dominio del Mar de Tethys. Los sitios donde se han encontrado bancos y arrecifes de rudistas son:

- El Océano Pacífico en su región más occidental.
- La parte sur de los Estados Unidos, desde California hasta Florida.
- Todo el territorio mexicano, incluyendo el Caribe y la parte norte de América del Sur.
- Toda el área mediterránea, incluyendo el norte de África, España, Francia, Italia, Grecia, la ex Yugoslavia, etc.
- La Península Arábiga y el extremo nororiental de África.

Distribución en México

Al observar cuidadosamente un mapa paleogeográfico del Cretácico, notamos inmediatamente que la paleobiogeografía de los rudistas estuvo delimitada por una franja climática latitudinal que aproximadamente se ubicó entre los 30° latitud norte y sur.

Por otro lado, se sabe que a principios del Cretácico (Barremiano-Aptiano) se llevó a cabo una expansión marina sobre lo que era el territorio nacional, aunque al parecer no se cubrió la mayor parte del occidente de nuestro país representado por una franja ancha de tierra formada por rocas volcánicas probablemente paleozoicas (Cserna, 1976; Young, 1983) y una cadena de tierras altas de rocas metamórficas e ígneas a lo largo de las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas (López-Ramos, 1981). Por el desarrollo de capas gruesas de evaporitas se sabe que el mar fue lo suficientemente somero para permitir el desarrollo de organismos arrecifales como los corales y los rudistas. Según Young (1983, 1984) muchos de estos depósitos fueron destruidos a fines del Aptiano por actividad volcánica y movimientos tectónicos que se registraron a lo largo de la zona de subducción en la costa occidental y suroccidental de

México. El mar alcanzó su máxima extensión durante el Albiano y el Cenomaniano, cubriendo la mayor parte de la franja occidental a la que nos referimos en renglones anteriores, así como las tierras altas del sureste (Alencáster, 1995).

El mar llegó a ser tan somero en ciertas regiones, que éstas adquirieron el carácter de plataformas, tal es el caso de una megaplataforma carbonatada que rodeaba el Golfo de México (Wilson, 1975; Michaud y Fourcade, 1989), integrada por las plataformas de las Bahamas, Florida, Texas, Coahuila y se continuó con la de Valles-San Luis Potosí (Carrillo-Bravo, 1971) y de Córdoba (González-Alvarado, 1976).

Otra extensa región a lo largo de la costa sur del Pacífico con depósitos de plataforma y fósiles de rudistas (Albiano-Cenomaniano), se formó desde Jalisco hasta Chiapas (Alencáster, 1987). Es durante este lapso de tiempo en el que los rudistas alcanzan su máximo desarrollo en cuanto a abundancia y su mayor distribución geográfica, ya que se les ha registrado desde Baja California hasta Yucatán, donde se han encontrado a través de perforaciones petroleras (López-Ramos, 1973; Alencáster, 1978). En los conjuntos fosilíferos del Albiano predominan los rudistas de la familia Caprinidae, caracterizados por presentar sus conchas con canales paliales que van desde simples hasta bifurcados y poligonales.

Los primeros rudistas endémicos de América aparecieron en el Aptiano con el género *Amphitriscoelus*, descrito por primera vez para Trinidad en el Caribe y localizado recientemente en la región de Huetamo, Michoacán en rocas del Aptiano temprano (Alencáster, 1995). Sin embargo, actualmente se conoce un mayor número de géneros y especies endémicos, tal es el caso de *Pantojaloria* y *Huetamia*, descritos por Alencáster y Pantoja-Alor en 1995 y 1996 (en prensa) respectivamente, para la misma región. En los últimos años se han descrito dos géneros y cinco especies nuevas dentro del área de estudio, todas ellas en rocas del Aptiano temprano.

En el Albiano y el Cenomaniano los géneros endémicos son *Coalcomana*, *Caprinuloidea*, *Mexicaprina*, *Texicaprina*,

Kimbleia, *Immanitas*, *Jalpania* y otros que son comunes a México y a la región de Texas en los Estados Unidos, como también a la región del Caribe.

Con los datos anteriores podemos concluir que los hallazgos hechos en la región de Huetamo modifican el esquema que se tenía respecto a la biogeografía de rudistas en América puesto que amplían la distribución de algunos géneros y especies y modifican los porcentajes de especies endémicas que se han descrito para el Aptiano y el Albiano de América y en particular de la región del Caribe.

Desde el punto de vista biogeográfico, su presencia en los sitios mencionados pone en evidencia la existencia de una provincia faunística homogénea que se extendía desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Venezuela, incluyendo a las Antillas y el Caribe y que debería llamarse Provincia Mexicana como lo propuso Alencáster en 1987 y 1995.

Para concluir, diremos que la biogeografía de rudistas presentó un aspecto muy particular ligado a la evolución propia del grupo, puesto que durante el Cretácico se registraron por lo menos tres grandes extinciones masivas, es decir, desaparecían más del 50% de las especies, para luego recuperarse nuevamente y "redistribuirse" geográficamente. Johnson C. y Kauffman E., 1990.

Este último aspecto también tiene repercusiones importantes desde el punto de vista bioestratigráfico y paleoecológico, puesto que los rudistas compitieron ecológicamente con los corales por la dominancia de los arrecifes Cretácicos.

DISCUSIÓN

1. Hasta la fecha, sólo se había postulado como probable, que parte de las rocas de la Formación El Cajón se asignaran al Albiano, aunque no existían pruebas tangibles para ello. Sin embargo, después del hallazgo del género *Coalcomana* y en particular de *Coalcomana ramosa* (Boehm), fósil característico del Albiano temprano y medio, se podría afirmar lo anterior. No obstante, no es tan sencillo hacer tal afirmación, puesto que se deben contemplar varios aspectos, por ejemplo, las rocas donde se ha encontrado a *Coalcomana* también contienen algunos fósiles de *Amphitriscoelus*, género considerado típico del Aptiano.

Sobre este aspecto, las preguntas a responder serían:

- a) ¿Se debe ampliar el alcance estratigráfico de *Amphitriscoelus* hasta el Albiano o el de *Coalcomana* hasta el Aptiano?
- b) ¿Se deben ampliar ambos alcances estratigráficos?
- c) ¿Se requiere de un estudio radiométrico detallado para conocer la edad de las capas portadoras?

Es probable que se requieran mayor cantidad de estudios en todos los aspectos; sin embargo, se debe considerar que el problema a resolver en el área no es el de la edad de las capas que constituyen a la Formación el Cajón. De hecho, las formaciones geológicas se definen por sus características litológicas y por definición transgreden las líneas de tiempo.

Más bien este tipo de problemas nos alertan sobre la debilidad de las bases con las que se sustenta el sistema de datación de las rocas basado en la presencia de una u otra especie tratándose de fósiles de rudistas. Por lo anterior en este trabajo se privilegió el uso de los conjuntos de especies para asignar una edad tentativa a las rocas portadoras y se espera que en el futuro se cuente con estudios micropaleontológicos y radiométricos para establecer

con certeza tanto la edad de las capas como un sistema confiable de unidades bioestratigráficas para correlación, que a la vez sea independiente de la subdivisión de las rocas hecha por los geólogos con criterios litológicos.

2. El hallazgo de nuevos géneros y especies en la región de Huetamo, proporciona información reciente acerca de especies endémicas de la región, y desde luego modifica el esquema biogeográfico de Coogan que data de 1977. No obstante, a pesar de modificar significativamente este aspecto, se considera un avance parcial, puesto que solo se refiere a la distribución geográfica local de las especies detectadas en un área aproximada de 800 km², dentro de un territorio de casi dos millones de kilómetros cuadrados. Por otro lado, es factible el descubrimiento de nuevas formas biológicas (incluso dentro de la misma zona) desde el punto de vista taxonómico. De tal manera que la esperanza de contar con un esquema paleobiogeográfico detallado es remota puesto que falta estudiar muchas otras áreas del territorio nacional y comparar con otras zonas geográficas, especialmente la parte norte de América del Sur, Centro América y el Caribe, (áreas por cierto poco estudiadas) y donde no se puede descartar la presencia de las especies descritas en México y más aún teniendo la certeza de que durante el Cretácico temprano todas las áreas mencionadas formaban parte de extensos mares someros donde se distribuían las especies de rudistas en lo que sería una sola provincia biogeográfica.

3. Hasta la fecha, los mapas paleogeográficos de México se basan principalmente en evidencias de tipo geológico-tectónico y se presentan a escalas donde los márgenes de error son bastante grandes. Por lo anterior y con la finalidad de complementar y modificar la idea que se tiene para realizar tales mapas, sería necesario, al asumir esta tarea, que se incluyan datos provenientes de la paleontología, las facies sedimentarias y la

bioestratigrafía; en todo caso se requiere un marco geológico bien establecido y completo que permita trabajar tales aspectos geográficos. Sin embargo, quizá una de nuestras mayores carencias sea precisamente no contar con mapas geológicos precisos, datos estratigráficos confiables, estudios sedimentológicos, paleoambientales, de facies etcétera. Por lo anterior se considera que la paleobiogeografía es un aspecto muy incipiente en los estudios que hasta ahora se han realizado en nuestro país, incluyendo desde luego el presente estudio.

4. Los estudios paleontológicos más recientes que se hacen sobre la región, contribuirán de manera definitiva a afinar las edades de la secuencia mesozoica y quizá modificarán parte de la información vertida hasta el momento, por ejemplo, los amonoideos colectados en el área de Tiringueo han arrojado una edad barremiana temprana para los estratos que los contienen, y que según Pantoja-Alor se encuentran en la parte superior del miembro inferior de la Formación San Lucas, llamado Terrero Prieto (González-Arreola, comunicación personal, 1996). Lo más interesante de este hallazgo es que algunos de los afloramientos con Rudistas han sido situados en este trabajo también en la parte superior del miembro inferior, pero con edades asignadas al Aptiano temprano. Tal es el caso de la localidad conocida como El Cuachalalate. Lo anterior no se contrapone con los datos que se virtieron sobre los alcances estratigráficos de las especies en particular, con el componente principal de ese conjunto, que sería *Amphitriscoelus waringi*. Sin embargo, da pie para proponer nuevas modificaciones al esquema estratigráfico y también invita a revisar cuidadosamente la correlación que se realice en el área con datos provenientes de grupos biológicos tan distintos y entre ambientes sedimentarios tan diferentes con motivo de las facies sedimentarias.

CONCLUSIONES

1. Se estableció la presencia de ocho géneros y diez especies de rudistas en siete localidades de la región de Huetamo.

2. Los alcances estratigráficos de las especies revelan claramente la existencia de dos conjuntos faunísticos; el primero de ellos con una edad aptiana temprana, y otro de edad principalmente albiana. Ambos conjuntos están separados en el tiempo puesto que las condiciones ambientales no permitieron el establecimiento permanente, y por lo tanto un registro continuo de tales asociaciones dentro del área estudiada. Lo anterior impidió observar su transformación con detalle a través del tiempo en los estratos rocosos de la región.

3. La diversidad de especies es baja en cada conjunto y en cada localidad, comparado con sitios similares en el sur de Texas; sin embargo, las especies más abundantes fueron *Amphitriscoelus waringi* para el conjunto más antiguo y las especies de *Caprinuloidea* para el conjunto albiano.

4. El conocimiento de las especies de rudistas, su distribución y sus alcances estratigráficos en la región de Huetamo, servirán como base de comparación para las faunas similares que se localizan en el sur de México, especialmente en los estados de Guerrero, Colima, Oaxaca y Morelos. Por otro lado, se abrirá paso a la correlación de faunas locales de rudistas y su asociación a edades ya conocidas.

5. En la región de Huetamo, los bancos de rudistas son de pequeñas dimensiones en cuanto a longitud y anchura; son de forma alargada e irregular. La máxima longitud medida en el terreno fue de 210 m. Se podría decir que se presentan en parches, sin una zonación específica distinguible dentro del conjunto fosilífero.

6. En relación al punto anterior, es notorio que en la región de Huetamo los bancos de rudistas se desarrollaron principalmente en ambientes de plataformas protegidas, zonas lagunares, o pequeñas depresiones topográficas del fondo marino en áreas cercanas a la costa e invariablemente someras, lo que da una idea de la geografía antigua de dicha región.

7. En cuanto a la paleobiogeografía de los rudistas en la región de Huetamo, es posible concluir que el hallazgo de nuevos géneros y especies endémicos modifica significativamente el esquema y los datos concebidos anteriormente para la zona mencionada, y desde luego permitirá establecer una distribución distinta de los géneros y especies ya conocidos en relación a las faunas de la parte norte de América del Sur, de Centro América y del Caribe.

8. Desde el punto de vista paleogeográfico, se pudieron conocer algunos aspectos de la zona de trabajo. Por ejemplo, el hecho de formar parte de una extensa zona de mar muy somero con bancos de rudistas, y zonas positivas de donde provenía material vegetal ahora fosilizado junto con los invertebrados marinos. Lo anterior no se menciona u observa en las reconstrucciones paleogeográficas que se han hecho de la República Mexicana para el período Cretácico. Simplemente la escala a la que se presentan los mapas no permite precisión alguna en las observaciones.

Por lo anterior, se considera necesario que existan mapas paleogeográficos regionales a una escala donde realmente se pueda apreciar cómo era la zona en determinadas épocas. Es posible que trabajos como éste contribuyan a realizar dichos mapas con un mayor grado de confiabilidad.

RECOMENDACIONES

1. Una vez situadas estratigráficamente las especies de rudistas en un contexto formacional local, se debe continuar su estudio a través de la correlación de columnas estratigráficas de otras regiones del sur de México, para conocer su distribución geográfica regional y quizá ampliar los datos respecto a su diversidad en otras áreas.

2. Se recomienda hacer investigaciones más detalladas sobre las especies asociadas a los rudistas, lo que llevará a poder realizar trabajos paleoecológicos completos sobre las asociaciones faunísticas, sus relaciones entre sí y con el ambiente donde se desarrollaron.

3. Las áreas que se recomienda investigar son aquellas que se encuentran al sur de México y hacia el centro sur, puesto que permitirían el acceso a nuevos datos que complementarían el esquema paleogeográfico y paleobiogeográfico de la República Mexicana para el Cretácico Inferior.

4. Como sabemos, las rocas derivadas de los arrecifes y bancos de rudistas, corales y gasterópodos, son apreciadas comercialmente por su explotación como materiales de construcción, por ello es necesario continuar en su estudio, puesto que la creciente explotación de los mismos amenaza con destruir aceleradamente los afloramientos, corriéndose el riesgo de perder definitivamente parte del registro fósil sin haber siquiera registrado la presencia de algunas especies o asociaciones de rudistas.

5. Como consecuencia de lo anterior, es recomendable la formación de recursos humanos en el área de la paleontología y en particular del estudio de los rudistas.

LÁMINA 1

Figura 1. *Pantojaloria sphaerica*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-6446. Perfil, vista posterior. X 0.4.

Figura 2. Mismo ejemplar, IGM-6446. Perfil, vista anterior. X 0.36.

Figura 3. *Pantojaloria sphaerica*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-6783. Sección transversal de la valva izquierda. X 0.8.

Figura 4. *Caprina massei*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-6450. Sección transversal de la valva izquierda. X 1.

Figura 5. *Caprina massei*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-6448. Vista posterior de ambas valvas. X 1.

Figura 6. Fragmento de un banco de rudistas formado principalmente por especímenes del género *Amphitriscoelus*. Ejemplar FCMP Q, 1. X 0.5.

Figura 7. *Amphitriscoelus pluriloculata*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar FCMP Q, 5. Corte transversal de la valva derecha. X 1.

Figura 8. *Amphitriscoelus pluriloculata*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar FCMP Q, 2. Corte transversal de la valva izquierda. X 1.

Figura 9. *Amphitriscoelus pluriloculata*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-6368. Corte transversal de la valva derecha. X 1.

Figura 10. *Amphitriscoelus waringi*, Harris y Hodson. Ejemplar IGM-6363. Sección transversal de la valva izquierda. X 1.3.

Figura 11. *Amphitriscoelus waringi*, Harris y Hodson. Ejemplar IGM-6367. Sección transversal de la valva izquierda. X 1.

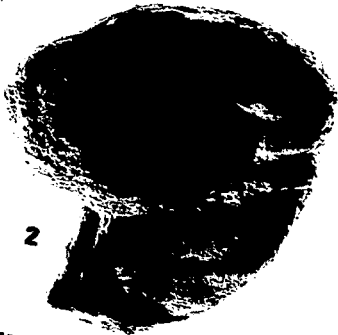
LAMINA 1



1



3



2



4



10



5



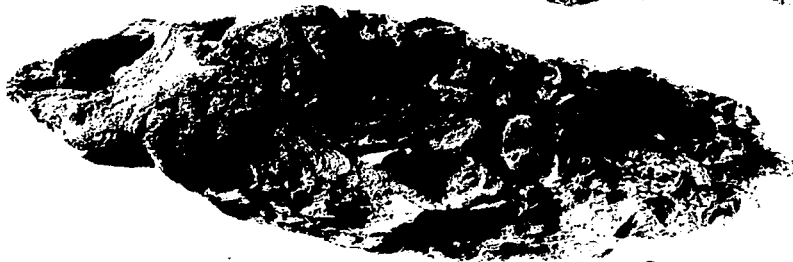
8



9



7



6



11

LÁMINA 2

Figura 1. *Huetamia buitronae*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-6452. Vista apertural de la valva izquierda. X 1.

Figura 2. *Huetamia buitronae*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-4556. Sección transversal de la valva izquierda. X 1.4.

Figura 3. *Horiopleura turitzia*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-4559. Valvas articuladas, vista posterior. X 1.

Figura 4. *Horiopleura turitzia*, Alencáster y Pantoja-Alor. Ejemplar IGM-4559. Vista del pliegue transvarsal, ambas valvas, cara posterior. X 1.

Figura 5. *Toucasia hancockensis*, Whithney. Ejemplar FCMP Q₂ 5. Vista anterior de la valva fija mostrando la superficie corrugada. X 1.

Figura 6. *Toucasia hancockensis*, Whithney. Ejemplar FCMP Q₂ 4. Pequeño ejemplar con las valvas articuladas. Perfil posterior. X 1.8.

Figura 7. *Caprinuloidea perfecta*, Palmer. Ejemplar FCMP Q₂ 454. Corte transversal de la valva fija. X 1.

Figuras 8 y 9. *Caprinuloidea perfecta*, Palmer. Ejemplar FCMP Q₂ 452. Cortes transversales de la valva fija; en el caso de la figura 9, cerca de la base de la misma. X 1.

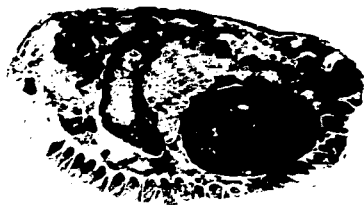
Figura 10. *Caprinuloidea gracilis*, Palmer. Ejemplar FCMP Q₂ 463. Corte transversal de la valva fija. X 1.

Figura 11. *Coalcomana ramosa*, (Boehm). Ejemplar FCMP Q₂ 573. Corte transversal (natural) de la valva libre. X 1.

LAMINA 2



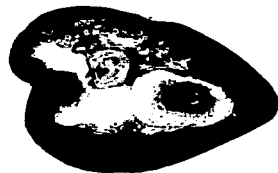
3



2



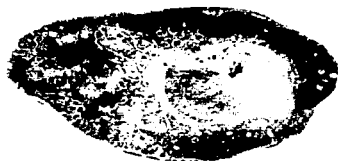
1



7



4



8



5



10



6



11



9

BIBLIOGRAFÍA

Alencáster, Y. G., 1978. Distribución de faunas marinas del sur de México y del norte de América Central durante el Cretácico. En Ferrusquía V. I. (Editor). Conexiones terrestres entre norte y sud América. UNAM, Inst. Geol. Vol. 101, p. 47-74.

Alencáster, G., 1984. Late Jurassic-Cretaceous molluscan paleogeography of the southern half of Mexico. Geol. Assoc. of Canada. Special Paper N° 27, p. 77-88.

Alencáster, G., 1987. Moluscos bentónicos de la mitad meridional de México. Memoria, II Reunión Nacional de Malacología y Conquiliología. Facultad de Ciencias UNAM, p. 296-323.

Alencáster, Y. G. 1990. Los Rudistas. Origen, diversificación, provincialismo en Eurasia y América y extinción. Rev. Soc. Mex. de Paleontología. Vol. 3 N°1, p. 47-65.

Alencáster, Y. G., 1995. Moluscos extintos (rudistas) del Cretácico del estado de Chiapas. Revista Investigación: Ciencias y Artes en Chiapas (ICACH). Vol. 1, N° 1, p. 68-94.

Alencáster, Y. G. y Pantoja-Alor J. 1992. *Amphitriscoelus* (Bivalvia-Hippuritacea) en el Cretácico inferior de la región de Huetamo, Michoacán. Soc. Geol. Méx. XI Convención Geológica Nacional, Veracruz, Ver. Libro de resúmenes, p. 9-10.

Alencáster, Y. G. and Pantoja-Alor J. 1993. Early Aptian Rudists from the Huetamo region, southwestern Mexico. in Alencáster, G. and Buitrón B. (eds). Proceedings 3rd International Conference on Rudists, Mexico. D.F. UNAM, Inst. Geol. p. 4.

Alencáster, Y. G. and Pantoja-Alor J. 1995. New Lower Aptian Rudists (Bivalvia-Hippuritacea) from the Huetamo area in southwestern Mexico. Rev. Mex. de Ciencias Geológicas. Inst. de Geología UNAM, Vol. 12 N°2 p. 123-134.

Alencáster, Y. G. and Pantoja-Alor J. 1996. The rudist *Amphitriscoelus* (Bivalvia-Hippuritacea) in the lower

Cretaceous of southwestern Mexico. Jour. Paleont. Vol. 70, N° 3, p. 399-407.

Alencáster, Y. G. y Pantoja-Alor J. 1996. Two new lower Cretaceous rudists (Bivalvia-Hippuritacea) in the Huetamo region of southwestern Mexico. En prensa, (GEOBIOS).

Ayala Castañares, A. 1960. *Orbitolina morelensis* n. sp. de la Formación Morelos del Cretácico Inferior (Albiano) en la región de Huetamo, Michoacán, México. Paleontología Mexicana N°6. Inst. Geol. UNAM.

Boehm, D. 1898. Ueber Caprinidenkalke aus Mexico, Zeitsch, der deutsch. geolog. Gesellsch. 50: 323-332.

Bueno, H. A., y Llorente, B. J., 1991. El centro de origen en la biogeografía: Historia de un concepto. Facultad de Ciencias UNAM. p. 1-33. En Llorente B. J., (editor). Historia de la biogeografía: Centros de origen y vicarianza.

Buitrón, B. 1973. *Tetragramma gloriae* n. sp. equinoide de la Formación San Lucas (Hauteriviano-Aptiano) de la región de Huetamo, Michoacán. Paleontología Mexicana N°36. Inst. Geol. UNAM.

Buitrón, B. 1981. Gasterópodos del Cretácico Temprano de México occidental y sus implicaciones paleobiogeográficas. Anais II Congresso Latino-Americano paleontologia. Porto Alegre, Brasil, p. 343-357.

Buitrón, B. 1986. Gasterópodos del Cretácico (Aptiano Tardío-Albiano Temprano del Cerro de Tuxpan, Jalisco. Bol. Soc. Geól. méx. Tomo XLII, N°1 p. 17-30, 1 lám.

Buitrón, B. y Rivera E. 1985. Nerinéidos (Gastropoda-Nerineidae) Cretácicos de la región de San Lucas, Michoacán. Bol. Soc. Geól. Mex., Tomo XLVI, N°1 y 2, p. 65-78.

Buitrón, B. y Pantoja-Alor, J. 1992. Los gasterópodos Albianos del sinclinal de Mal Paso, Estado de Michoacán, México. Soc. Geol. Mex. XI Convención Geológica Nacional, Resúmenes, p. 39.

Burckhardt, C. 1930. Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain. Mem. Soc. Paléont. Suisse, Vols. XLIX-L, pp 280.

Campa, M. F. 1978. La evolución tectónica de Tierra Caliente, Guerrero. Bol. Soc. Geol. Mex. Vol. 39, p. 52-64.

Carrillo-Bravo, J. 1971. La plataforma Valles-San Luis Potosí. Bol. Asoc. Mexicana Geól. Petrol. Vol. 23, p. 1-102.

Coogan, A. H. 1977. Early and middle Cretaceous Hippuritacea (rudists) of the Gulf coast. Univ. of Texas, Austin. Econ. Geol. Report Invest. 89: 32-70.

Cserna, Zoltan de, 1976. Mexico geotectonics and mineral deposits. New Mexico Geol. Soc. Spec. Publications N° 61, p.18-25.

Eicher, D. L. 1973. El tiempo geológico. Ediciones Omega. España. p. 95-116.

Chávez García, L. 1995. Bioestratigrafía de la Parte superior de la Formación Mal Paso (Albiano) del área de San Lucas, Michoacán. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM, pp 48, 6 lám.

Filkorn, H. F. and Pantoja-Alor, J. 1995. Corals of the Mal Paso Formation (Albian-Early Cenomanian) of the Huetamo region southwestern Mexico. Memoria V Congreso Nacional de Paleontología. Soc. Mex. de Paleontología, p. 7-8.

García-Barrera, P. y Pantoja-Alor, J. 1991. Equinoides del Albiano tardío de la Formación Mal Paso, de la región de Chumbitaro, estados de Guerrero y Michoacán, México. Revista de la Soc. Mex. de Paleontología, V 4, p 23-41.

García-Barrera, P. 1993. Fossil assemblage of Mal Paso Formation in San Lucas region, Michoacán, México. in Pantoja-Alor, J., Alencáster G. and Gómez-Caballero, A. (eds). Geology and rudists communities of the Huetamo region, State of Michoacan, Mexico. UNAM. Inst. Geol. 3rd Internat. Conf. on Rudists, Guide Book field trip B, p. 41-45.

García-Barrera, P. 1995. *Toucasia hancockensis* (Hippuritacea-Requienidae) in southwestern Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 12 N°2 p. 191-194.

Gómez Luna, M. E., Contreras y Montero B., Suastegui M. y Ramírez Espinoza J. 1993. Amonitas del Valanginiano Superior, Barremiano de la Formación San Lucas en el área de Huetamo, Michoacán. Revista de la Soc. Mex. de Paleontología. Vol. 6, N°1, p. 57-65.

González-Alvarado, J. 1976. Resultados obtenidos de la exploración de la plataforma Córdoba y principales campos productores. Bol. Soc. Geol. Mexicana. Vol. 37, p. 53-59.

González-Arreola, C., Pantoja-Alor J., Oloriz F., Villaseñor A., and García-Barrera P. 1996. Lower Aptian Ammonitina, *Pseudohaploceras liptoviense* (Zeuschner) in Cumburindio Formation (southwestern Mexico). Geobios Vol. 29 N°1, p.35-43.

Hall, C. 1903. Notes on a geological section from Iguala to San Miguel Totolapa, State of Guerrero, Mexico. Memorias Soc. Antonio Alzate. Vol.13 N° 7-8, p. 327.

Harris, G. D. y Hodson, 1922. The rudistids of Trinidad, Paleontographica Americana. Vol. 1, p.119-162.

Johnson C. y Kauffman E. 1990. Originations, radiations and extinctions of Cretaceous rudistid bivalve species in the Caribbean Province. Global bioevents contribution. In E. G. Kauffman and O. H. Walliser (eds). Extinction Events in Earth History. Heidelberg Springer Verlag. Berlin, p 305-324.

Kauffman, E. and Johnson C. 1988. The evolution of late Jurassic and Cretaceous reefs. A short course on the evolution of reef communities: Annual meeting of the Geological Soc. of America. Denver Co.

Kauffman, E., Johnson C. and Sohl, 1989. Stratigraphic ranges of the species of Caribbean Rudists. Unpublished.

López-Ramos, E. 1973. Estudio geológico de la Península de Yucatán, México. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. Vol. 35, p. 24-76.

López-Ramos, E., 1979. Geología de México. Tomo III. Edición del propio autor. México D.F.

López-Ramos, E. 1981. Paleogeografía y tectónica del Mesozoico de México. UNAM, Inst. Geól. Revista. Vol. 5, p. 158-177.

Michaud, F. et Fourcade, E. 1989. Stratigraphie et paléogéographie du Jurassique et du Crétace du Chiapas (Sud-Est du Mexique). Bull. Soc. Géologique France. Vol.5 (3), p. 638-650.

Nahum, E. D. y Llorente, B. J. 1991. Biogeografía de la vicarianza: Historia e introducción a los fundamentos y métodos. Facultad de Ciencias UNAM. p. 39-95. En Llorente B. J. (editor). Historia de la biogeografía: Centros de origen y vicarianza.

Palmer, H. R., 1928. The rudistids of southern Mexico, California Acad. Sci. San Francisco, Occas. Pap. 14, 137 p.

Pantoja-Alor, J. 1959. Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Estado de Michoacán. Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Boletín N° 50.

Pantoja-Alor, J. 1990. Redefinición de las unidades estratigráficas de la secuencia mesozoica de la región de Huetamo-Altamirano, estados de Michoacán y Guerrero. Soc. Geol. Mexicana. Resumen X Convención Geológica Nacional, p.66.

Pantoja-Alor, J. 1992. La Formación Mal Paso y su importancia en la estratigrafía del Sur de México. Soc. Geol. Mexicana, XI Convención Geológica Nacional. Memoria, p.121.

Pantoja-Alor, J. 1993. Description of the localities visited in the field trip B, in Pantoja-Alor J., Alencáster, Gloria, and Gómez-Caballero (eds). Geology and rudist communities of the Huetamo region, State of Michoacan, Mexico. UNAM. Instituto de Geología. 3rd International Conference on Rudists. Mexico. Guide Book field trip B. p. 11-40.

Pantoja-Alor, J., Schroeder R., Cherchi A., Alencáster G., and Pons J. M. 1994. Fossil assemblages, mainly foraminifers and rudists from Early Aptian of southwestern Mexico. Paleobiogeographical consequences for the Caribbean Region. Revista de la Sociedad Española de Paleontología. V 9, p.211-219.

Pantoja-Alor, J. and H. F. Filkorn 1995. Corals of the Cumburindio Formation (Barremian-Early Aptian) of the Huetamo region, southwestern Mexico. Memoria V Congreso Nacional de Paleontología. Soc. Mex. de Paleontología, p.30-31.

Rey, J. 1983. Biostratigraphie et litostratigraphie - Principes fondamentaux, méthodes et applications: Toulouse, France, Institute Francais du Pétrole, p. 105-106.

Romo de la Rosa, E. 1981. Gasterópodos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Temprano de la región de Huetamo, estado de Michoacán. Tesis profesional. Univ. Autón. de Aguascalientes.

Scott, R. 1990. Models and stratigraphy of mid-Cretaceous reef communities, Gulf of Mexico. SEPM (Society for Sedimentary Geology) in Concepts in Sedimentology and Paleontology. V 2, Barbara H. Lidz (editor) pp.99.

Sour Tovar, F. y García-Barrera P. 1995. Braquiópodos fósiles de la Formación San Lucas (Neocomiano-Aptiano) en el estado de Michoacán, significado paleobiogeográfico. Soc. Mex. de Paleontología. Memoria V Congreso Nacional de Paleontología, p.40-41.

Valdéz Gómez, M. 1980. Gasterópodos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Inferior de Cocuaro, Michoacán. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM, pp.38.

Valentine, J. W. 1977. Biogeography and biostratigraphy. In Concepts and methods of biostratigraphy. Kauffman E. G. and Hazel J. E. (eds). Dowden Hutchinson Ross Inc. Pennsylvania.

Whitney, M. 1952. Some new Pelecypoda from the Glen Rose Formation of Texas. Jour. Paleont. Vol. 26 (5), p. 697-707.

Wilson, J. L. 1975. Carbonate facies in geologic history. New York, Springer-Verlang.

Young, K. 1983. México (Chapter 3). In Moullade, M. and A. E. Nairn (eds), p. 61-68. The phanerozoic geology of the world, II The Mesozoic, B. Elsevier Sci. Pub. Amsterdam.

Young, K. 1984. Biogeography and stratigraphy of selected middle Cretaceous rudists in southwestern North America.

Memoria. Tercer Congreso Latinoamericano de Paleontología.
México, p. 341-359.