

112

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

BIOESTRATIGRAFÍA DE LAS ROCAS NEOGÉNICAS
DE PUNTA MALDONADO GUERRERO, MÉXICO,
BASADA EN FORAMINÍFEROS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A :
EDGAR JUÁREZ ARRIAGA

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ANA LUISA CARREÑO

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN. C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA

**Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente**

Comunico a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Bioestratigrafía de las rocas neogénicas de Punta Maldonado Guerrero, México, basada en foraminíferos"

realizado por Edgar Juárez Arriaga

**con numero de cuenta 9415290-8 ,quién cubrió los créditos de la carrera de:
Biología**

Dicho trabajo cuanta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

**Director de Tesis
Propietario**

Dra. Ana Luisa Carreño

Ana Luisa Carreño

Propietario

Dra. María del Carmen Perrilliat Montoya

Ma. Carm Perrilliat

Propietario

Dra. Marisol Montellano Ballesteros

Marisol Montellano

Suplente

Dr. Sergio Rafael Silvestre Cevallos Ferriz

Sergio Cevallos

Suplente

M. en C. José Luis Sánchez Zavala

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

Consejo Departamental de Biología

Juan Manuel Rodríguez Chávez
M. EN C. JUAN MANUEL RODRÍGUEZ CHÁVEZ



**DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA**

**BIOESTRATIGRAFÍA DE LAS ROCAS NEOGÉNICAS DE PUNTA
MALDONADO GUERRERO, MÉXICO, BASADA EN
FORAMINÍFEROS**

CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Trabajos Previos	4
ÁREA DE ESTUDIO	5
Marco Geológico	7
MATERIAL Y MÉTODOS	7
Trabajo de Campo	8
ESTRATIGRAFÍA	9
TRABAJO DE LABORATORIO	15
Microfósiles	15
Vertebrados	15
Madera	15
Sedimentología	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Sistemática	16
Edad	17
Ambiente de depósito	22
CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS	31
APÉNDICE	35
LÁMINA I	37

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Localización de afloramientos de rocas terciarias descritas por Durham y colaboradores (modificado de Durham *et al.*, 1981).
- Figura 2.** Ubicación del área de estudio (modificado de Durham *et al.*, 1981).
- Figura 3.** Vista hacia el nordeste de la Bahía de Punta Maldonado, Guerrero, México, donde se observa expuesta la Unidad VI.
- Figura 4.** Secciones realizadas por G. Padilla-Arredondo y que fueron utilizadas en el presente trabajo.
- Figura 5.** Arenisca con estratificación cruzada (casi recta) de bajo ángulo, de la parte inferior expuesta de la Unidad I. Esta unidad representa la base de la sección El Sombrero.
- Figura 6.** Columna estratigráfica medida, descrita y muestreada a detalle por el autor de la localidad El Sombrero, Punta Maldonado, Guerrero.
- Figura 7.** Composición mineralógica de las rocas presentes en Punta Maldonado. La gráfica muestra la abundancia de minerales para la sección El Sombrero, llevada a cabo por conteo modal (>300).
- Figura 8.** Contacto entre las unidades IV y V.
- Figura 9.** Detalle de la base de la Unidad V.
- Figura 10.** Detalle de la parte media de la Unidad V.
- Figura 11.** Distribución y abundancia de los foraminíferos planctónicos presentes en las rocas expuestas en Punta Maldonado.
- Figura 12.** Alcances estratigráficos de las especies de foraminíferos planctónicos empleados en la asignación de edad de las rocas terciarias de Punta Maldonado.
- Figura 13.** Distribución y abundancia relativa de los foraminíferos bentónicos presentes en las rocas expuestas en Punta Maldonado.

Yo no sé qué imagen
tenga de mí el mundo,
Pero a mis ojos,
tan sólo he sido un niño
Buscando aquí y allá
la conchita más linda,
La piedrita más lisa,
entre tanto el inmenso
Océano de la verdad
yace ante mí inexplorado.

Isaac Newton

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a la *Universidad Nacional Autónoma de México* por la oportunidad de pertenecer a ella y ofrecerme todo el apoyo para mi formación humana y profesional.

Al Dr. Dante J. Morán Z., Director del Instituto de Geología de la UNAM por permitir el uso de las instalaciones durante la realización de este proyecto, así como por el apoyo brindado a mi candidatura dentro del Programa de Becas para la Elaboración de Tesis de Licenciatura en Proyectos de Investigación (**Probetel**), gracias al cual obtuve apoyo económico.

Un reconocimiento para la Dra. Ana Luisa Carreño quien me ha favorecido con su tutoría, por su inagotable entusiasmo para meterme en problemas académicos, su invaluable ayuda, confianza y apoyo, pero sobre todo, por la amistad que me demostró cada vez que "me cortó las orejas".

Al Dr. Sergio Cevallos Ferriz, Jefe del Departamento de Paleontología, por el apoyo brindado, por la revisión del manuscrito de tesis y por recordarme que no hay que olvidar lo elemental. Es para mi un honor que haya aceptado ser mi sinodal. A las Dras. Ma. del Carmen Perrilliat y Marisol Montellano Ballesteros por acceder a ser parte de mi jurado de tesis, así como por sus comentarios y recomendaciones que enriquecieron sustancialmente el trabajo presente.

Muy especialmente quiero hacer patente mi agradecimiento al M. en C. José Luis Sánchez Zavala por todo el tiempo que dedicó, a pesar de su siempre rebasada agenda, para que comprendiera los mil y un aspectos del inició a la geología. Su enseñanza en campo, las clases, los interminables cuestionarios, las horas de trabajo disfrazadas de amenas pláticas y su interés y apoyo a lo largo del desarrollo de este trabajo, lo co-responsabiliza junto con mi tutora, en el camino elegido para continuar mi formación académica.

No sería justo en mi apreciación, si no menciono a los profesores que contribuyeron con su cátedra a mi pasión por la Paleontología — Dra. Socorro Lozano García, Dr. Pedro García Barrera — y, por la Geología, al M. en C. Enrique González Torres. Por supuesto, sin olvidar las sesiones con Héctor Hernández Campos y Gerardo Álvarez Reyes.

Quiero hacer manifiesto mi agradecimiento al Ing. Gustavo Padilla Arredondo, por su buena disponibilidad y espíritu de colaboración al compartir conmigo información valiosa de su tesis de maestría en proceso, y autorizar la reproducción de la Figura 4.

Esta tesis no podría haber tenido un buen final sin el apoyo técnico y asesoría de las maestras Margarita Reyes Salas y Sonia Ángeles, quienes me enseñaron las técnicas de preparación de material micropaleontológico para su observación en microscopía de barrido electrónico así como en el uso del equipo para la obtención de microfotografías. Al Sr. Antonio Altamira, por haber dedicado tiempo y experiencia en la preparación del material fotográfico que ilustra el presente trabajo.

Por último, pero en primer lugar, a mis padres. Por todo el amor, confianza, comprensión y apoyo incondicional que siempre me han brindado. A mi familia y amigos por estar siempre conmigo, así como a mis compañeros y amigos del IGLUNAM que con sus presencias, ausencias y disponibilidad para ayudar "al Biólogo" contribuyeron de manera significativa en la elaboración del presente trabajo, a todos ellos, mil gracias.

RESUMEN

El estudio taxonómico de los foraminíferos planctónicos recuperados en rocas marinas expuestas en Punta Maldonado, estado de Guerrero, permitió reconocer la presencia de dos conjuntos pertenecientes a dos biozonas pliocénicas: *Globorotalia margaritae margaritae* y *Globorotalia margaritae evoluta*, situando al depósito entre los 5.3 y 3.6 Ma.

La identificación de los foraminíferos bentónicos y la distribución de sus biofacies a través de la sección El Sombrero, así como la icnofacies, litología, estructuras primarias, geometría de los cuerpos de roca, mineralogía, granulometría y las relaciones espacio-temporales que las unidades guardan entre sí, permitieron establecer que estas rocas corresponden a un depósito de plataforma siliciclástica, asociada a un evento transgresivo y con influencia de tormentas, cuyo depósito ocurre predominantemente en la zona de transición entre la facies de costa afuera (*offshore*) y la facies de intermarea (*foreshore*), dentro de la plataforma externa-interna, entre 50 y un máximo de 150 m de profundidad. Se corrobora la interpretación hecha con base en el estudio de núcleos profundos, sugiriendo que la zona ha estado sujeta a un levantamiento, con la evolución consecuente de la paleobatimetría del área al menos desde el Plioceno.

ABSTRACT

The taxonomic study of the planktonic foraminifera from the marine outcrops of Punta Maldonado, Guerrero state, allowed the recognition of two Pliocene biostratigraphic zones: *Globorotalia margaritae margaritae* and *Globorotalia margaritae evoluta*, placing of the deposit between 5.3 and 3.6 Ma.

The identification of benthic foraminifera and their biofacies distribution throughout El Sombrero Section, as well as the ichnofacies, lithology, grain size, primary structures, mineralogy, body rock geometry, and facies, suggest a shallow siliciclastic shelf associated to a transgressive event and influenced by storms deposited within offshore transition zone and the foreshore zone (inner-outer shelf) between a depth of a 50 and 150 m. The data here presented reinforce the interpretations based on deep sea cores, suggesting that the whole area since Pliocene, has been subject to an uplift with the consequent paleobathymetric evolution.

INTRODUCCIÓN

Hasta hace unos años se desconocía la existencia y distribución de depósitos sedimentarios terciarios en la costa occidental de México y Centroamérica. Sin embargo, los reconocimientos efectuados en las costas del Pacífico Mexicano a partir de la década de los 70, mostraron la existencia de varias localidades dispersas. Estos depósitos sedimentarios del Cenozoico Superior, se sumaron a los depósitos pleistocénicos marinos previamente reportados Palmer (1926, 1928a, 1928b); Palmer y Hertlein (1936) en las costas de Oaxaca, así como a los de Karing y colaboradores (1978), quienes reportan también rocas de edad miocénica o pliocénica en tres diferentes localidades a lo largo de la porción norte de la trinchera de Mesoamérica en las costas mexicanas.

El Instituto de Geología de la UNAM inicia en 1977 la exploración y reconocimiento de las costas del sudeste mexicano, motivado básicamente por dos descubrimientos. El primero de ellos, fue el hallazgo y descripción de una especie de tiburón referida al género *Carcharodon*, que sugiere la existencia de depósitos marinos del Mioceno en la costa occidental de México Meyer, (1840); Maldonado-Koerdell, 1948. El segundo, fue el descubrimiento, durante la reorganización de la Colección de Invertebrados del Museo de Paleontología del mismo Instituto, de dos colecciones de moluscos marinos del Terciario provenientes de dos localidades en el estado de Michoacán.

El trabajo de campo se realizó entre 1977 y 1979 por S. P. Applegate y L. Espinosa-Arribarrena del Departamento de Paleontología, del Instituto de Geología y el Dr. W. Durham de la Universidad de Berkeley, California. Estos trabajos de reconocimiento condujeron a la ubicación y descripción de siete áreas con depósitos terciarios, localizadas desde Puerto Vallarta, en el estado de Jalisco, hasta el Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca (Durham, *et al.*, 1981). La ubicación de estas áreas se muestra en la Figura 1, de ellas, sólo La Mira y la Formación Ferrotepec, ambas en el estado de Michoacán, han sido estudiada en detalle (Perrilliat, 1987, 1992). Estos depósitos contrastan con las rocas cristalinas expuestas a lo largo de la costa occidental de México, reportadas y descritas por Álvarez (1949), Guzmán-Jimenez (1950) y De Cserna (1965).

Los depósitos sedimentarios del Terciario proporcionan información sobre la constitución y evolución de las costas del sudeste mexicano, que representan escasos vestigios de sedimentación costera asociados a un margen tectónico convergente activo.

A finales de los 70 y principios de los 80 como resultado del Proyecto de Perforación Profunda de los Océanos (DSDP) Etapa 66, fueron realizados diversos trabajos de investigación encaminados a interpretar el complejo de subducción del margen convergente en el Pacífico Mexicano. Estos trabajos resumen la historia deposicional del área en dos eventos principales: una transgresión marina durante el Mioceno temprano y una recuperación gradual donde las rocas fueron elevadas hasta su posición actual. Durante este proyecto también se descubren nuevos depósitos marinos del Neógeno al sudeste de Acapulco, algunos muy cercanos a Punta Maldonado.

La primera mención de las rocas expuestas en Punta Maldonado, es en el trabajo realizado por Durham y colaboradores (1981), quienes a partir de una muestra colectada en la playa de Punta Maldonado, cuya ubicación exacta no es dada a conocer, asignan basados en la presencia del género *Aragonia* una edad del Cretácico Tardío al Eoceno.

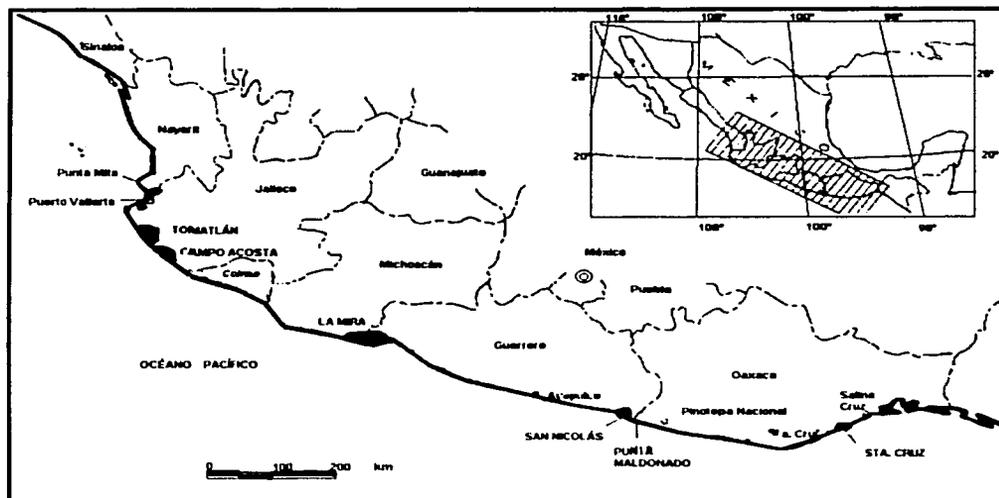


Figura 1. Localización de afloramientos de rocas terciarias (áreas sombreadas) descritas por Durham y colaboradores (modificado de Durham *et al.*, 1981).

Más tarde, Centeno-García (1990), describe por vez primera las terrazas marinas que constituyen la morfología típica de dicha región. Posteriormente, se realizaron algunos trabajos sobre erosión y depósito costero en esta área (Malpica-Cruz *et al.*, 1991, 1994).

A pesar de la importancia tectónica del área y de la presencia de depósitos marinos terciarios en Punta Maldonado reconocidos, éstos no han sido descritos, por lo que se desconoce su edad, ambiente de depósito y su relación con el resto de los depósitos marinos terciarios que afloran a lo largo del margen Pacífico Mexicano. El trabajo presente tiene como meta el estudio de foraminíferos con la intención de establecer el paleoambiente de depósito y la bioestratigrafía de las rocas terciarias de Punta Maldonado, Guerrero, complementada con la descripción y determinación de sus relaciones de campo.

Trabajos Previos

En 1990 a raíz de los artículos publicados en distintos periódicos nacionales referentes al avance del mar ocurrido en Punta Maldonado, se efectuó por parte del Instituto de Geología, un viaje de reconocimiento geológico con el fin de establecer las causas del fenómeno. Como resultado, se realizó un informe (Centeno-García, 1990) donde se recomienda la urgencia de emprender los trabajos de campo necesarios para elaborar la cartografía geológica del área y definir los sitios que representen mayor riesgo para la población.

Posteriormente, el Dr. Víctor Malpica-Cruz, investigador del Departamento de Geología Regional, emprendió junto con el estudiante de maestría en Geología el Ing. Gustavo

Padilla-Arredondo la cartografía del lugar. Parte del trabajo de campo, consistió en la medición de varias secciones estratigráficas y un muestreo sistemático con fines sedimentológicos y paleontológicos; dentro de este contexto, se enviaron muestras al laboratorio de Micropaleontología del Instituto de Geología de la UNAM. El estudio micropaleontológico elaborado por la Dra. Ana Luisa Carreño, reveló una edad neogénica para la secuencia, en contraste a la asignada por Durham y colaboradores (1981) como Cretácico Tardío-Eoceno. Como resultado de estos trabajos preliminares, se concluye que el avance del mar en esta zona, se encuentra relacionado con la redistribución de los sedimentos marinos frente a la bahía y se resalta la importancia de los procesos de depósito y erosión del área (Malpica-Cruz *et al.*, 1991, 1994). Para fines de la década de los 90, personal de la Universidad Autónoma de Guerrero a cargo de la M. en C. M. F. Campa, visitaron Punta Maldonado y son los primeros en reconocer públicamente la presencia de rocas de edad posiblemente neogénica, atribuyendo el depósito a un ambiente asociado con paleochimeneas hidrotermales así mismo designan manera informal a este afloramiento como Formación Punta Maldonado (Campa *et al.*, 2000), nombre que se emplea en la síntesis geológica de Werre-Keeman y Bustos-Díaz (2001).

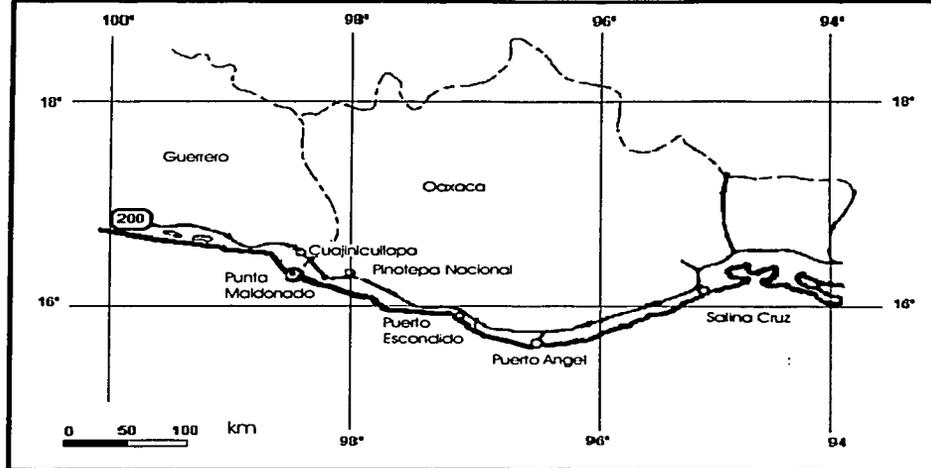
A finales del año 2000, las muestras de este estudio fueron enviadas al Laboratorio de Micropaleontología del Instituto de Geología, confirmandose su edad neogénica.

Debido a la riqueza del material micropaleontológico en las muestras colectadas por el Dr. V. Malpica-Cruz y el Ing. G. Padilla-Arredondo, así como el material enviado por la M. en C. M. F. Campa, se decidió realizar un viaje a Punta Maldonado para levantar una sección estratigráfica, que representara a toda la secuencia neogénica expuesta y comparar ésta con los materiales depositados en la Colección de Micropaleontología del Instituto de Geología de la UNAM.

ÁREA DE ESTUDIO

Punta Maldonado se localiza en el municipio de Cuajinicuilapa Guerrero, a 206 km al sudeste del Puerto de Acapulco (INEGI, 1989, carta E14-11, Acapulco 1:250 000; INEGI, 1989, carta E-14D72 Cuajinicuilapa 1:50 000;), y a 52 km de Pinotepa Nacional, cerca del límite entre los estados de Guerrero y Oaxaca (Figura 2). Se accede a través de la Carretera Federal número 200, hasta el poblado de Cuajinicuilapa donde se ubica una terracería de 7 km que conduce a Punta Maldonado, Guerrero (Figura 3).

Actualmente, Punta Maldonado se encuentra poblada por una colonia de pescadores denominada El Faro, la cual se asienta sobre una punta saliente de tierra que contribuye a la formación de una pequeña bahía al norte del poblado. En general la playa es angosta y desaparece al sudeste de la población, donde el mar golpea directamente sobre un acantilado formado por las rocas terciarias.



200 — Carretera Federal número 200 ○ Poblado

Figura 2. Ubicación del área de estudio (modificado de Durham *et al.*, 1981).



Figura 3. Vista hacia el noreste de la Bahía de Punta Maldonado, Guerrero, México, donde se observa expuesta la Unidad VI.

Marco Geológico

Las rocas que afloran a lo largo de la costa del Pacífico en México tienen origen y edad variadas, lo que da evidencia de una historia geológica compleja. Punta Maldonado está localizada en el extremo sudoriental de la provincia fisiográfica y morfotectónica denominada Sierra Madre del Sur, donde han sido reportadas rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Xolapa (Ortega-Gutiérrez, 1981 *in* Werre-Keeman, *et al.*, 2001).

Paralela a la costa, más o menos 60 km mar adentro, se extiende una fosa de más de 4 km de profundidad denominada Trinchera Mesoamericana. Dicha fosa es la expresión morfológica de la Zona de Subducción de Mesoamérica, donde la corteza oceánica se desliza bajo la corteza continental para fundirse e incorporarse al manto, extendiéndose desde las costas de Jalisco hasta Panamá (Centeno-García, 1990).

La interrelación de las placas de Norteamérica y Cocos, genera la alta sismicidad que se registra a lo largo de la costa, parte del volcanismo y, además, el levantamiento de algunos sectores, lo cual ha sido constado por medio de mediciones del nivel del mar en Acapulco y Puerto Escondido (Grivel y Aarce, 1971 *in* Centeno-García, 1990) dando origen a terrazas marinas que se encuentran distribuidas a lo largo de la costa del Pacífico (Centeno-García, 1990).

Las terrazas, son un rasgo morfológico típico de la zona costera cercana a Punta Maldonado y están compuestas por sedimentos marinos bien consolidados pero poco litificados. Su altura varía entre los 10 y 35 m sobre el nivel del mar y muestran un basculamineto hacia el norte, con una inclinación de aproximadamente 5° (Malpica-Cruz *et al.*, 1991).

De acuerdo con Centeno-García (1990) las terrazas marinas de Punta Maldonado, están constituidas por tres unidades litológicas: la base consiste de arenisca de grano fino de origen marino la cual está sobreyacida concordantemente por depósitos lacustres de lutita y limolita sobre los que descansan, en concordancia, depósitos continentales compuestos por arenisca de grano fino. Los depósitos más recientes están formados por una alternancia de horizontes de humus y areniscas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado para el presente trabajo procede de dos fuentes. Treinta y cuatro muestras fueron colectadas como parte de la investigación de tesis de maestría en Geología que desarrolla el ingeniero Gustavo Padilla-Arredondo, mismas que fueron cedidas amablemente para su estudio micropaleontológico. Las muestras fueron ubicadas geográficamente y renombradas para la elaboración del presente estudio. Las secciones se realizaron desde la desembocadura del Río Copala, al norte de Punta Maldonado, hasta el sur del poblado Las Culebras, al sudeste del área de estudio. Las secciones medidas por el ingeniero G. Padilla-Arredondo de norte a sur son: Arroyo la Fortuna IGM-3394, Faro Viejo IGM-3395, Arroyo La Presa IGM-3396, Arroyo La Vaca IGM-3397, Punta Tecoyame IGM-3398, Cantil de Punta Tecoyame IGM-3399, Cueva del Tigre IGM-3400, así como tres muestras más, que no pueden ser asociadas a ninguna columna y que fueron agrupadas como localidad IGM-3402. Nueve muestras adicionales, corresponden a la sección medida por el autor durante el trabajo de campo denominada El Sombrero, IGM-3401 la cual es equivalente a la sección Faro Viejo. De acuerdo con la reenumeración

realizada, la primera muestra de la sección El Sombrero corresponde a la muestra número cuatro. La ubicación de las secciones se muestra en la Figura 4.

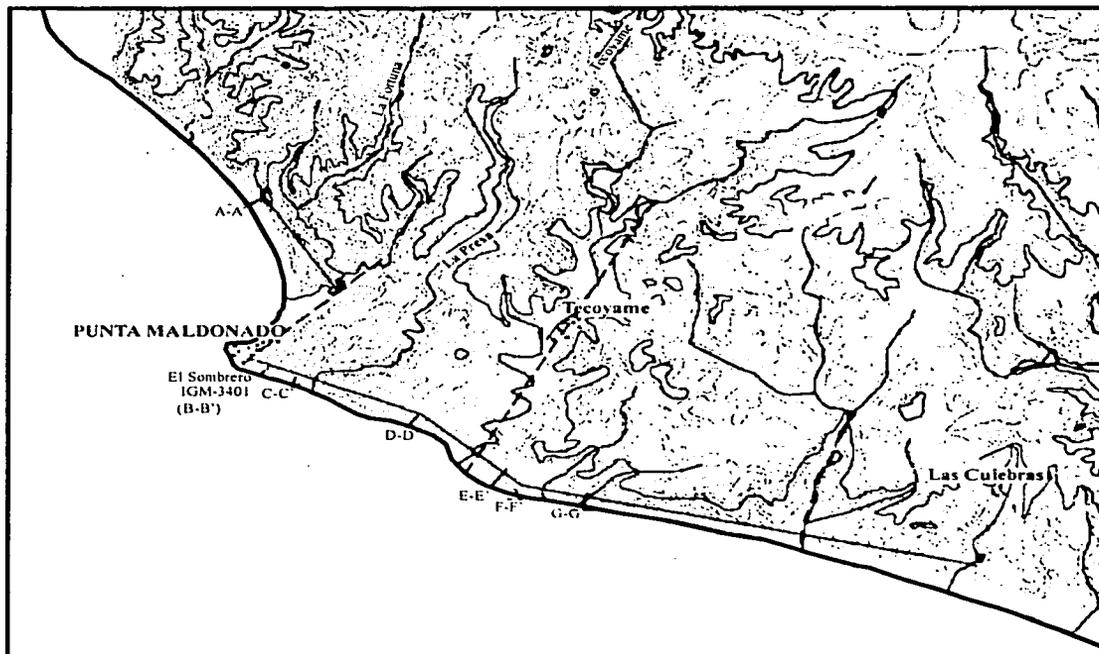


Figura 4. Secciones realizadas por G. Padilla-Arredondo y que fueron utilizadas en el presente trabajo; la simbología utilizada corresponde a: A-A' Arroyo La Fortuna, B-B' Faro Viejo, C-C' Arroyo La Presa, D-D' Arroyo La Vaca, E-E' Punta Tecoyame, F-F' Cantil de Punta Tecoyame y G-G' Cueva del Tigre. La sección El Sombrero medida para el presente estudio es equivalente a la sección B-B'.

Trabajo de Campo

Con base en el trabajo de campo realizado por el autor durante agosto de 2001 y apoyado por la descripción litológica proporcionada por el Ing. G. Padilla-Arredondo, se consideró que la columna estratigráfica más completa de la secuencia terciaria, aflora al sudeste de Punta Maldonado ($16^{\circ}19.616'$ Lat. N - $98^{\circ}34.179'$ Long. W) a lo largo de 3 kilómetros, siguiendo la línea de costa y que se ha designado aquí como Sección El Sombrero (Figura 4).

El trabajo de campo se dividió en tres etapas. La primera consistió en el reconocimiento de los distintos cuerpos de roca que forman la secuencia. Durante la segunda, se identificaron bases y cimas de los mismos y, por último se midió la columna estratigráfica con la ayuda de flexómetro y brújula tipo Brunton. Las muestras para el estudio

micropleontológico fueron tomadas en intervalos donde se observó cambio en la litología, de tal manera que el muestreo fuese representativo.

ESTRATIGRAFÍA

Localidad El Sombrero. La base de la secuencia no se observa por encontrarse sumergida, aunque se reporta discordante con respecto al Complejo Xolapa (Ortega-Gutiérrez, 1981). Por ello no fue posible medir una sección completa, no obstante, se elaboró una sección estratigráfica compuesta a partir de secciones individuales. La descripción de los diferentes cuerpos de roca basada en sus características litológicas, estructuras sedimentarias, atributos sedimentológicos, entre otras características, que permitieron su división en seis unidades (Figura 5), mismas que se describen a continuación de la base a la cima:

Unidad I – Con un espesor total de 1.5 m esta unidad es subdividida en tres cuerpos de roca de acuerdo a su geometría, siendo el paso de uno a otro, siempre transicional. De la base hacia la cima y con un espesor variable de entre 0.5 a 0.8 m se encuentra una arenisca de grano fino, con estratificación cruzada de bajo ángulo, formada principalmente por granos de cuarzo subangulosos y de baja esfericidad y bioclastos constituidos en su mayor parte por conchas de foraminíferos (Figura 7). En menor proporción se encuentran granos de feldespato potásico y biotita. Los granos se encuentran en contacto tangencial y están sostenidos por matriz original. Presenta baja bioturbación (0-30 % del área expuesta, Watkins, J. S., Moore, J. C. *et al.*, 1981.). Las galerías son tubos rectos, cilíndricos a subcilíndricos sin ramificaciones, con diámetro que van de los 2 a los 3 cm y alcanzan una longitud de 30 cm. Se encuentran en posición vertical y en ocasiones ligeramente curvos.

Transicionalmente este cuerpo pasa a una arenisca fina constituida en su mayor parte por granos de cuarzo subangulosos y bioclastos (conchas de foraminíferos principalmente), en tanto que los granos de biotita y el feldespato potásico se presentan en menor proporción (Figura 7). Los espacios entre los granos están ocupados por matriz original, o bien cemento. Este estrato tiene un espesor de aproximadamente 0.45 m y se caracteriza por presentar lentes constituidos por gránulos de cuarzo subredondeados, contenidos en una matriz de arenisca de grano medio y fino.

La parte superior de la unidad está formada por un cuerpo de roca de aproximadamente 0.5 m constituido por arenisca masiva de grano fino, compuesta principalmente por granos de cuarzo subangulosos y de baja esfericidad y en menor proporción por feldespato potásico y micas (Figura 7). El contacto entre los granos es tangencial y están sostenidos por matriz. El contacto superior es discordante con respecto a la unidad sobreyacente a través de una superficie erosiva irregular.

Unidad II - Esta unidad corta claramente las rocas de la Unidad I a través de una superficie irregular. Consiste de un conglomerado de guijarros de cuarzo redondeados contenidos en una matriz de arenas medias subangulosas, del mismo material. Este conglomerado rellena un paleocanal de 0.8 m de espesor en potencia. La relación de contacto con la Unidad I es discordante a través de una superficie erosiva irregular y se encuentra subyaciendo a la Unidad III discordantemente a través de una superficie erosiva.

Unidad III - Este cuerpo de roca consiste de una arenisca laminar de grano fino, constituida por fragmentos de cuarzo subangulosos de baja esfericidad. Los granos de feldespato potásico, bioclastos, micas y calcita se presentan en menor proporción (Figura 7).



Figura 5. Arenisca con estratificación cruzada (casi recta) de bajo ángulo, de la parte inferior expuesta de la Unidad I. Esta unidad representa la base de la sección El Sombrero.

Esta unidad presenta láminas bien litificadas, que varían entre 0.5–0.8 cm de espesor, que en su conjunto alcanzan un espesor máximo de 2.1 m. La existencia de capas con mineralogía y granulometría diferentes, explica que algunos estratos más resistentes a la erosión sobresalgan de los demás. Existe fracturas, las cuales presentan costras de calcita de entre 10 y 20 cm. No presenta bioturbación y se encuentra muy erosionada e intemperizada en algunos puntos del afloramiento. Esta unidad infrayase de manera discordante a la unidad IV por medio de una superficie erosiva irregular.

Unidad IV - Esta unidad corta claramente la Unidad III a través de una superficie irregular. Este cuerpo de roca se encuentra constituido por arenisca de grano fino masiva, cuyos componentes principales son fragmentos de cuarzo subangulosos de baja esfericidad y micas. Se encuentran en menor proporción, granos de feldespato potásico y calcita detrítica (Figura 7). Este cuerpo de roca alcanza un espesor de 1 m en potencia.

Unidad V - Esta unidad puede ser subdividida en dos partes de acuerdo a su contenido fósil y a su litología, siendo el paso de una a otra, transicional. La base de este cuerpo de roca tiene un espesor de 0.3 m y se encuentra en contacto con la unidad infrayacente a través de una superficie erosiva (Figura 8). La base de esta unidad corresponde a una arenisca constituida en mayor proporción por granos de cuarzo subangulosos y de baja esfericidad, y en menor proporción por granos de feldespato potásico, calcita, biotita y fragmentos líticos (Figura 7), caracterizándose por su alto contenido fósil, principalmente de restos vegetales y carbón, así como por una incipiente estratificación, evidenciada por una hilada de conchas de bivalvos desarticuladas (Figura 9).

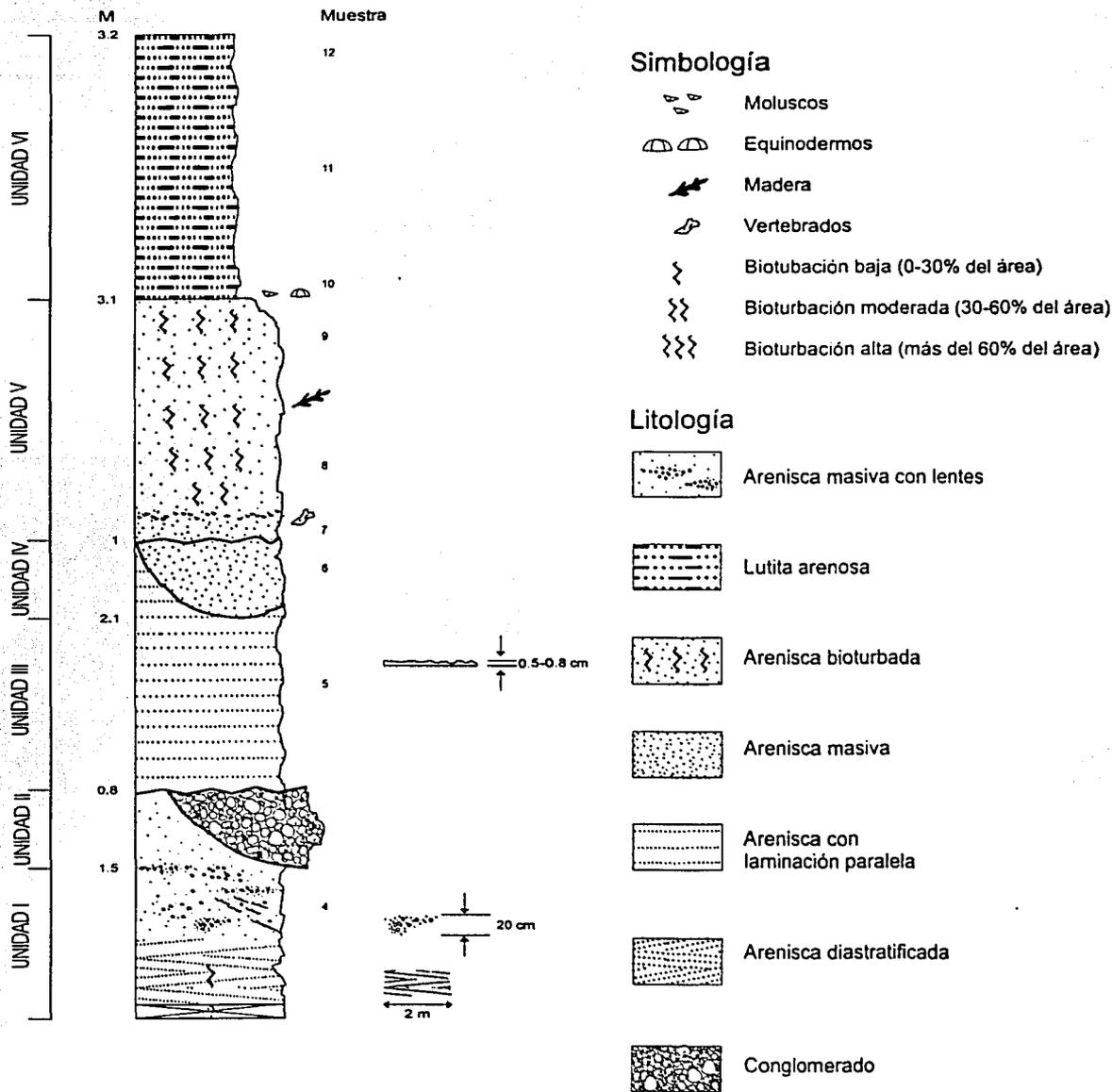


Figura 6. Columna estratigráfica medida, descrita y muestreada a detalle por el autor de la localidad El Sombrero, Punta Maldonado, Guerrero.

También fueron colectados restos de vertebrados.

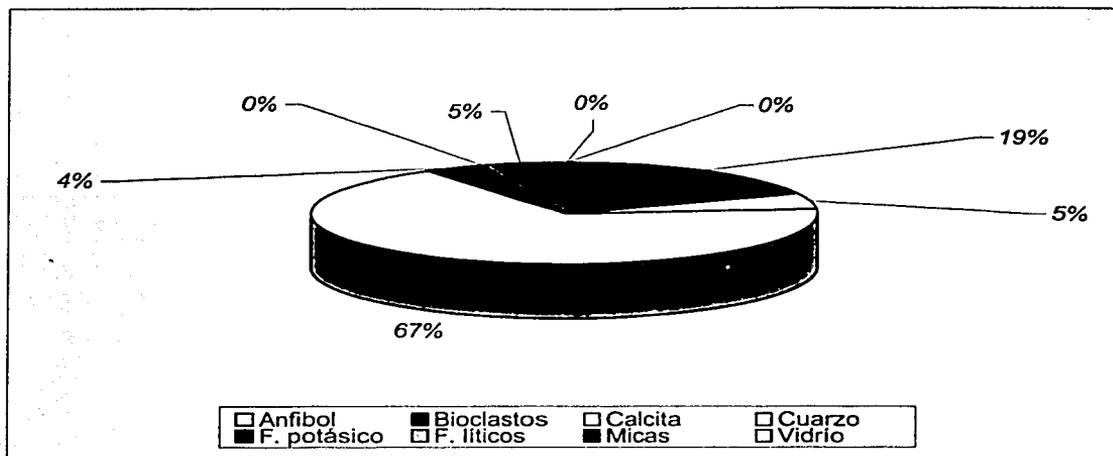


Figura 7. Composición mineralógica de las rocas presentes en Punta Maldonado. La gráfica muestra la abundancia de minerales para la sección El Sombrero, llevada a cabo por conteo modal (>300).

Sección arriba, este cuerpo de roca disminuye en la frecuencia de fragmentos líticos, micas y calcita detrítica. En cuanto a su contenido fosilífero, adicionalmente se encuentran restos de micromoluscos, esponjas, briozoarios, entre otros. Este cuerpo de roca tiene un espesor potencial de 3.1 m y se caracteriza por una alta bioturbación (más del 60 % del área, Watkins, J. S., Moore, J. C. *et al.*, 1981.), constituida por galerías bien litificadas a diferencia de la roca que las rodea (Figura 10). Las estructuras de bioturbación más comunes corresponden a tubos ramificados en forma de "Y" de alrededor de 30 cm de longitud, y ornamentados con pequeños nódulos, tubos rectos cilíndricos a subcilíndricos, que en ocasiones pueden estar ligeramente curvos y tubos dispuestos en forma de "Y", que alcanzan los 10 cm de longitud. Su contacto superior es concordante con respecto a la unidad suprayacente (Figura 4).

Unidad VI - Este cuerpo de roca consta de lutita arenosa masiva constituida por granos de cuarzo subangulosos de baja esfericidad, biotita, y menos frecuente es la presencia de bioclastos, calcita y feldespato potásico (Figura 7), cuyo espesor alcanza 3.2 m en potencia. En su parte basal, existe agregados de bivalvos así como algunos restos aislados de gasterópodos, equinodermos, tubos de anélidos y fragmentos de concha de diversos organismos. Estos restos se hacen escasos hacia la parte superior de la unidad, desapareciendo en la parte media de la misma. Este cuerpo de roca se encuentra sobreyacido por una cubierta Cuaternaria de lutita y humus alternadas. En algunas áreas esta cubierta descansa sobre la parte media de la unidad debido a la intensa erosión de la parte superior.

Las unidades no presentan rasgos de deformación encontrándose prácticamente en posición horizontal.



Figura 8. Contacto entre las unidades IV y V. La unidad IV se observa en la parte inferior de la fotografía. El contacto (a) está representado por una superficie erosiva paralela a las unidades; también puede observarse la hilada de conchas desarticuladas de bivalvos (b), transportadas *post-mortem* por corrientes de moderada energía. La Unidad V se caracteriza por presentar alta bioturbación (alrededor de 60%), que se incrementa hacia la parte superior de la Unidad con icnofósiles pertenecientes a *Ophiomorpha nodosa*, *Skolithos isp* y *Thalassinoides isp*, los cuales son típicos de condiciones cercanas a la costa.



Figura 9. Detalle de la base de la Unidad V que muestra la hilada de conchas de bivalvos desarticuladas que evidencian la orientación bimodal de las conchas, la cual sugiere la acción de flujos oscilatorios (b).



Figura 10. Detalle de la parte media de la Unidad V, la cual se caracteriza por una alta bioturbación (más del 60 %, Watkins, J. S., Moore, J. C. *et al.*, 1981.). La bioturbación consiste de galerías bien litificadas de casi 30 cm de longitud, que corresponden a *Ophiomorpha nodosa* (a), nótese la posición vertical de éstas, así como restos de plantas (b) y fragmentos de conchas de moluscos (c).

Trabajo De Laboratorio

Microfósiles - El material fue preparado para su examen microscópico por medio de las técnicas clásicas de pesado, lavado, secado, tamizado, plaqueado y selección de microfauna (Newmann, 1967). La identificación de los foraminíferos hasta nivel genérico, se realizó siguiendo la sistemática propuesta por Loeblich y Tappan (1988), mientras que para asignación de especies se consultó bibliografía especializada, entre los que se encuentran Blow (1969), Bolli y colaboradores (1994), Bolli y Saunders (1985), Finger (1990), Kennett y Srinivasan (1983), Kohl (1985), Postuma (1971) y Stainforth y colaboradores (1975), así como las descripciones originales de las especies publicadas en la serie de la Cushman Foundation for Foraminiferal Research.

Los tipos fueron depositados en la colección micropaleontológica del Instituto de Geología de la UNAM con las siglas IGM--Mi. Finalmente, los foraminíferos fueron fotografiados con un microscopio de barrido electrónico (MEB) modelo JEOL-35C, del Instituto de Geología de la UNAM, con el objetivo de ilustrar las especies índices de edad y paleobatimetría (Lámina 1).

Vertebrados - Durante el trabajo de campo se colectaron diferentes materiales, entre ellos, fragmentos de hueso que fueron preparados en el laboratorio de la siguiente manera: Primero se procedió a la limpieza del material por medio de ganchos odontológicos, eliminando todo el sedimento presente y aplicando frecuentemente endurecedor (gliptol) para evitar que el material se destruyera. Posteriormente se unieron y pegaron los fragmentos hasta reconstruir las piezas. Se aplicó yeso odontológico en las partes más frágiles para dar un mejor soporte. Debido a la mala conservación del material no fue posible establecer sus afinidades taxonómicas (Dra. Marisol Montellano com. pers., 2002), por lo que no se deposita en la Colección de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM.

Madera - Los fragmentos de madera colectados en el área de estudio, fueron enviados al laboratorio de laminación con la intención de elaborar láminas delgadas y llevar a cabo su estudio y conocer sus afinidades taxonómicas. El análisis de la madera constituye una herramienta más para la descripción del ambiente de depósito que prevaleció en aquel momento.

Sedimentología - La cobertura terciaria en Punta Maldonado está compuesta por rocas sedimentarias terrígenas poco consolidadas. La determinación de la composición mineralógica y características granulométricas, se realizaron con base en la descripción del tamaño, forma y tipo de partícula, así como el porcentaje de matriz. Los cuerpos de roca litificada se estudiaron en lámina delgada, dando mayor importancia a los aspectos descriptivos que a los interpretativos. No obstante, se hacen algunas interpretaciones en las muestras en las que la identificación de los componentes y texturas es inseparable de una interpretación genética.

Los parámetros granulométricos de los sedimentos que constituyen las rocas expuestas en Punta Maldonado que se tomaron en cuenta fueron forma, redondez y esfericidad, empleando la clasificación de Pettijohn y colaboradores (1973, *in* Lewis y McConchi, 1994).

La clasificación de las areniscas requiere del cálculo de las proporciones de los tipos de granos principales, realizado ya sea en lámina delgada o en muestra de mano. Aunque en la mayoría de los casos, es suficiente una estimación semicuantitativa, se realizó un conteo modal con un número de puntos identificados superior a 300 granos (Adams et al., 1997), con el fin de tener mayor certidumbre en la clasificación de estas rocas.

Las facies sedimentarias fueron definidas con base en la descripción de las estructuras sedimentarias, la litología, la geometría de los cuerpos de roca y fósiles contenidos en cada unidad, mientras que el trabajo de campo permitió establecer las relaciones espacio-temporales que las unidades guardan entre sí, y dan información suficiente para interpretar los ambientes que les dieron origen. Lo anterior se realizó debido a que una facies individual puede tener poco valor para hacer una interpretación del medio sedimentario; sin embargo, puede ser muy significativa si se analiza la relación vertical con las facies que se encuentran por encima y por debajo de ella realizándose una asociación de facies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de muestras (43), sólo treinta y uno contuvieron microfósiles, entre los cuales se incluyen ostrácodos, micromoluscos, foraminíferos planctónicos y bentónicos, espículas de esponja, así como fragmentos de bivalvos, gasterópodos, briozoarios, equinodermos, madera y vertebrados.

Los foraminíferos se encuentran bien preservados, con una alta diversidad inter e intraespecífica en su conjunto. El análisis cualitativo de los foraminíferos muestra que la diversidad y abundancia de especies bentónicas es mayor que la de planctónicas. Su distribución dentro de las rocas expuestas en Punta Maldonado, fue escasa en las areniscas de grano medio, y abundante en las muestras correspondientes a lutita.

La preservación de los foraminíferos es en la mayoría de las muestras muy buena siendo escasas las conchas deformadas y/o rotas. En algunos casos se observó retrabajo, evidenciado por una preservación y coloración distinta a la presentada por la mayoría de los ejemplares de cada muestra. Los géneros más comunes en las muestras colectadas son *Bolivina* (5 especies), *Cibicidoides* (3 especies), *Uvigerina* (4 especies), *Globigerinoides* (5 especies) y *Globorotalia* (6 especies). Sólo 5 especies se encuentran presentes en la mayoría de las muestras (en más del 40 %), por lo cual pueden considerarse como dominantes en las rocas aflorantes en la zona de estudio (*Hanzawaia depaloi*, *Globigerinoides subquadratus*, *Globigerinoides trilobus* s. l., *Globorotalia menardii* y *Uvigerina peregrina*).

Sistemática

Todos los especímenes presentes en el material de estudio pertenecen a especies ampliamente descritas por otros autores, por lo que sólo son listadas en orden alfabético (Apéndice). Algunos especímenes no fueron determinados hasta nivel específico debido a las condiciones de preservación, abundancia (un solo ejemplar), deformación, disolución y dilución, por lo cual se dejaron en nomenclatura abierta.

Se identificaron 67 taxa incluyendo especies y subespecies, de las cuales dos se dejan con cierto grado de incertidumbre (*cf.* ó *aff.*). Dieciocho especies incluidas en 8 géneros corresponden a foraminíferos planctónicos. En el caso de los ejemplares pertenecientes a los subórdenes Miliolina y Textulariina, son presentados como *Miliolina* spp. y *Textulariina* spp.

Edad

Los foraminíferos tienen un alcance geológico del Cámbrico Inferior hasta el Reciente, y muestran patrones de evolución y extinción variables, que son de un significado biológico y geológico considerable (Culver *in* Lipps, 1993). Los foraminíferos, por ser pequeños, abundantes, frecuentemente diversos, estar ampliamente distribuidos geográficamente y haber sufrido una rápida evolución, constituyen fósiles índices zonales ideales para las rocas marinas.

Actualmente, los esquemas zonales basados en foraminíferos planctónicos para depósitos marinos del Neógeno, están siendo refinados gracias al programa de perforación profunda de los mares (DSDP y ODP), lo que permite obtener un registro de alta resolución a partir de los alcances estratigráficos de los microfósiles en secuencias condensadas, así como su calibración por medio de paleomagnetismo y paleoceanografía, correlacionadas con escalas de tiempo paleo y radio magnéticas.

Los esquemas zonales realizados con base en los foraminíferos planctónicos, se establecen de acuerdo a las primeras y últimas presencias estratigráficas de las especies índice (*FAD*, first apparence datum y *LAD*, last apparence datum). Las unidades bioestratigráficas pueden ser clasificadas en tres tipos de acuerdo a lo establecido en el Código Norteamericano de Nomenclatura Estratigráfica (Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 1983). Biozonas de intervalo, cuando el cuerpo de roca se encuentra entre dos ocurrencias específicas y documentadas (la más baja, *FAD* o la más alta, *LAD*) de los taxa individuales. Biozonas de conjunto, las que se caracterizan por la asociación de tres o más taxa y pueden basarse en todos los tipos de fósiles presentes o restringirse a ciertas clases de ellos. Finalmente, biozonas de abundancia o ACME, que se caracterizan por tener máximos cuantitativamente diferentes de abundancia relativa de uno o más taxa

Existen tres esquemas zonales para el Neógeno basados en foraminíferos planctónicos que han sido empleados con éxito en México. El primero de ellos y que no ha sufrido ajustes desde su publicación es el de Blow (1969); el segundo es el de Bolli y Saunders (1985) y constituye una calibración a esa fecha de los primeros esquemas propuestos por Bolli (1957, 1970), Bolli y Bermúdez (1965) y Bolli y Premoli Silva (1973), todos para zonas tropicales y basados en su mayor parte en la distribución estratigráfica de foraminíferos recuperados en secciones continentales del Caribe y, la última inclusive, empleando secuencias condensadas del DSDP. Por último, el de Berggren y colaboradores (1995) el cual incluye especies que pueden estar presentes cuando los índices típicamente empleados en los dos esquemas anteriores están ausentes.

En el área de estudio ninguno de los tres esquemas zonales puede emplearse con 100 % de certitud debido a la ausencia de los fósiles índices empleados en el reconocimiento de las biozonaciones propuestas. Esta ausencia, puede ser explicada en función de las distintas condiciones climáticas (principalmente de temperatura y disponibilidad de carbonatos), prevalecientes entre la provincia del Caribe-Atlántico y del Indo-Pacífico. No obstante, y debido a la presencia de especies accesorias empleadas en la caracterización de algunas biozonas de Bolli y Saunders (1985), se decidió emplear en el presente trabajo este esquema zonal.

Dentro del conjunto de foraminíferos presentes en las rocas de Punta Maldonado, no fue posible establecer de manera confiable los primeras y últimas presencias estratigráficas,

debido, por un lado, a que los depósitos representan un lapso de tiempo relativamente corto y, por el otro, a que el muestreo corresponde a secciones puntuales. Aunado a esto, y como se explicó anteriormente, la mayoría de los índices zonales están ausentes, por lo que se emplea el alcance estratigráfico del conjunto de foraminíferos planctónicos, así como la abundancia cualitativa de cada especie por muestra y su distribución en cada columna.

La abundancia relativa y la distribución para las especies presentes en las secciones medidas en Punta Maldonado se presentan en la Figura 11, mientras que sus alcances estratigráficos, documentados por Bolli y Saunders (1985) se muestran en la Figura 12.

Las asociaciones de foraminíferos planctónicos y su distribución en las columnas, se discuten a continuación, iniciando por las localizadas al norte y finalizando con las presentes al sur del poblado.

Sección Arroyo La Fortuna - Se recobró una asociación caracterizada por *Globigerina bulloides*, *Globorotalia humerosa*, *G. pseudopima*, *G. menardii* 'A' y *G. menardii menardii*. De acuerdo con Bolli y Saunders (1985), la presencia de *G. pseudopima* sitúa a esta muestra en una edad máxima del Mioceno tardío equivalente a la Zona de *Globorotalia humerosa*, mientras que la presencia de *Globorotalia menardii menardii*, indica una edad mínima equivalente a la subzona de *Globorotalia margaritae evoluta*, ya que esta especie aparece en la parte superior de la misma. Sin embargo, dos aspectos no permiten tener certeza de la presencia de esta subzona. El primero, la coexistencia de *Globorotalia menardii* 'A' cuyo último registro estratigráfico se localiza en la cima de la subzona inmediata inferior a la de *Globorotalia margaritae evoluta* y, el segundo que sólo se recuperó un ejemplar de *Globorotalia menardii menardii* y pocos ejemplares de *G. menardii* "A" lo que plantea las posibilidades siguientes:

a) Que ambas especies o alguna de ellas esté mal identificada. Sin embargo, ambas se presentan de manera abundante en otras secciones y, con base en ello, se puede asegurar su correcta asignación específica.

b) Contaminación en el laboratorio. De acuerdo a la técnica empleada y que se describe en el capítulo de material y métodos, ambas o alguna de estas especies, debiera tener una coloración debida al azul de metileno, lo que evidenciaría la contaminación y, el sentido en el que ocurrió. Los ejemplares de ambas especies no presentan signos de contaminación, no obstante no puede descartarse esta posibilidad.

c) Por factores ambientales. Se tiene la certeza de la asignación específica de ambas especies. Sin embargo, es necesario aclarar que los ejemplares recuperados en Punta Maldonado no corresponden a las formas típicas de la provincia del Caribe-Atlántico, descritas por Banner y Blow (1960a) y Bolli (1970 in Bolli y Saunders, 1985) cuyos ecotipos son más robustos.

Aunado a esto, los cambios climáticos durante el Plioceno producidos por periodos glaciales e interglaciales, afectaron la distribución de foraminíferos planctónicos en todo el mundo (Bolli y Saunders, 1985). Las condiciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes en la provincia del Indo-Pacífico, pudieron favorecer la coexistencia de poblaciones de *Globorotalia menardii menardii* y *Globorotalia menardii* 'A' en esta provincia, lo cual se manifiesta en el registro fósil y resulta en alcances estratigráficos distintos al esquema propuesto por estos autores.

SECCIÓN	No. Muestra	<i>Globigerina bulloides</i>	<i>Globigerina</i> sp.	<i>Globigerinoides</i>				<i>Sphaeroidinellopsis</i> sp.	<i>Pulleniatina obliquiloculata</i>	<i>Globorotalia</i>						<i>Neogloboquadrina duterrei</i> s.l.	<i>Hastigerina aequilateralis</i>	<i>Orbulina universa</i>
				<i>G conglobatus</i>	<i>G obliquus extremus</i>	<i>G trilobus</i> s.l.	<i>G trilobus sacculiferus</i>			<i>G menardii</i> 'A'	<i>G menardii menardii</i>	<i>G menardii cultrata</i>	<i>G acostaensis</i>	<i>G humerosa</i>	<i>G pseudopima</i>			
Arroyo La Fortuna	1																	
	2	█							█	█								
	3																	
El Sombrero	4					█												
	5																	
	6																	
	7					█												
	8	█																
Faro Viejo	9					█												
	10					█												
	11	█																
	12	█				█												
	13					█												
	14	█																
	15																	
Arroyo La Presa	16	█				█												
	17					█												
	18	█																
	19					█												
Arroyo La Vaca	20					█												
	21					█												
	22					█												
Punta Tecoyame	23	█				█												
	24					█												
	25	█				█												
	26					█												
Cantil de Punta Tecoyame	27					█												
	28					█												
	29					█												
Cueva del Tigre	30	█				█												
	31					█												
	32					█												
	33					█												
Sin sección asociada	34					█												
	35					█												
	36					█												
Sin sección asociada	37					█												
	38					█												
	39					█												
	40					█												
	41					█												
Sin sección asociada	42	█				█												
	43					█												

— Escaso — Común █ Abundante █ Muy abundante

Figura 11. Distribución y abundancia de los foraminíferos planctónicos presentes en las rocas expuestas en Punta Maldonado.

Si las especies están bien determinadas, asumiendo que los factores ecológicos no repercutieron en estas poblaciones o al menos no significativamente y que de acuerdo con la técnica empleada para el lavado de muestras no hubo contaminación, cabe la posibilidad de que la muestra represente una mezcla de ambas subzonas y, por tanto esta sección es asignada al Plioceno inferior equivalente a la Zona de *Globorotalia margaritae*.

Secciones El Sombrero (= Faro Viejo), Arroyo La Presa, Arroyo La Vaca y Punta Tecoyame. Se recuperaron ejemplares pertenecientes a *Globigerina bulloides*, *Globigerinoides conglobatus*, *G. obliquus extremus*, *Globorotalia acostaensis*, *G. humerosa*, *G. pseudopima*, *G. menardii menardii*, *G. menardii cultrata*, *Neogloboquadrina dutertrei* s. l. y *Pulleniatina obliquiloculata*. De acuerdo a los alcances estratigráficos documentados por Bolli y Saunders (1985), la presencia de *Globorotalia acostaensis* sitúa a estas secciones en una edad máxima equivalente al Mioceno tardío dentro de la Zona de *Globorotalia acostaensis*, dado que la primera presencia estratigráfica de esta especie se ubica en la base de esta zona. La presencia de *Globorotalia menardii menardii* y *G. menardii cultrata* cuyos FAD se encuentra en la cima de la subzona *Globorotalia margaritae evoluta*, sitúa a estas secciones en una edad mínima equivalente a esta subzona. Con base en estos criterios estas secciones se ubican en la parte alta del Plioceno inferior dentro de la Subzona de *Globorotalia margaritae evoluta*.

Secciones Cantil de Punta Tecoyame y Cueva del Tigre. Aunque escasos, los ejemplares recuperados pertenecen a *Globorotalia acostaensis*, la cual como en casos anteriores sitúa a estas secciones en la base de la Zona de *Globorotalia acostaensis* con una edad máxima del Mioceno tardío. La presencia de *Pulleniatina obliquiloculata* y *Neogloboquadrina dutertrei*, ubican a la sección en la subzona de *Globorotalia margaritae margaritae*, ya que sus primeros registros estratigráficos se encuentran en la base de esta subzona y, por tanto, estas secciones estarían situadas en una edad máxima correspondiente a la base del Plioceno inferior. Ninguna especie de las que fueron recuperadas permite acotar la edad mínima. Sin embargo, por los resultados obtenidos en otras secciones, y de acuerdo con las relaciones de campo, es posible que efectivamente Cantil de Punta Tecoyame y Cueva del Tigre se ubiquen dentro de la subzona arriba mencionada.

Las muestras 41 a 43 corresponden a afloramientos reducidos y aislados; sin embargo por su contenido fósil y la información derivada de éste en la interpretación general de la edad de los depósitos de Punta Maldonado, son descritos de manera sucinta a continuación.

Las muestras 41 y 42 fueron colectadas a 150 m de la sección Arroyo La Fortuna. Los foraminíferos recuperados en estas muestras son muy abundantes y corresponden a *Globorotalia acostaensis*, *G. pseudopima*, *G. humerosa*, *G. menardii menardii*, *G. menardii cultrata*, *G. menardii 'A'* y *Pulleniatina obliquiloculata*. Como en secciones anteriores y debido a la presencia de *Globorotalia acostaensis* la edad máxima que puede ser asignada a las mismas es de Mioceno tardío, mientras que *Globorotalia menardii menardii* y *G. menardii cultrata*, sitúan a estas secciones en la subzona de *Globorotalia margaritae evoluta*. De acuerdo con esto, el depósito corresponde a la cima del Plioceno inferior y es sincrónico con la sección El Sombrero (=Faro Viejo).

ERA	PERIODO	ÉPOCA	EDAD m.a.	BIOZONACIÓN (BOLLY SAUNDERS, 1985)		<i>Globigerinoides ruber</i>	<i>Orbulina universa</i>	<i>Globorotalia menardii</i> 'A'	<i>Globorotalia acostaensis</i>	<i>Globigerinoides obliquus extremus</i>	<i>Globorotalia humerosa</i>	<i>Globorotalia pseudopima</i>	<i>Neogloboquadrina dutertrei</i>	<i>Globigerinoides conglobatus</i>	<i>Pulleniatina obliquiloculata</i>	<i>Globorotalia menardii menardii</i>	<i>Globorotalia menardii cultrata</i>	<i>Hasigerina aequilateralis</i>				
				Zona	Subzona																	
CENOZOICO	NEÓGENO	PLISTOCENO	1.9	<i>Globorotalia truncatulinoides truncatulinoides</i>	<i>Globigerina bermudezi</i>																	
					<i>Globigerina calida calida</i>																	
					<i>Globorotalia crassaformis hessi</i>																	
					<i>Globorotalia crassaformis viola</i>																	
		PLIOCENO	2.4	<i>Globorotalia tosaensis tosaensis</i>	<i>Globorotalia exilis</i>	<i>Globorotalia exilis</i>																
						<i>Globigerinoides trilobus fistulosus</i>																
						<i>Globorotalia margaritae exoluta</i>																
						<i>Globorotalia margaritae margaritae</i>																
						<i>Globorotalia margaritae margaritae</i>																
		MIOCENO	5.1	<i>Globorotalia humerosa</i>																		
				<i>Globorotalia acostaensis</i>																		
				<i>Globorotalia menardii</i>																		
				<i>Globorotalia maveri</i>																		
				<i>Globigerinoides ruber</i>																		
				<i>Globorotalia foehi robusta</i>																		
				<i>Globorotalia foehi lobata</i>																		
				<i>Globorotalia foehi foehi</i>																		
				<i>Globorotalia foehi peripheroronda</i>																		
				<i>Praeorbulina glomerosa</i>																		
				<i>Globigerinatella insueta</i>																		
				<i>Catapsydrax stainforthi</i>																		
				<i>Catapsydrax dissimilis</i>																		
<i>Globigerinoides primordius</i>																						

Figura 12. Alcances estratigráficos de las especies de foraminíferos planctónicos empleados en la asignación de edad de las rocas terciarias de Punta Maldonado.

La muestra 43 colectada en las inmediaciones de Punta Maldonado presenta abundantes ejemplares de *Globorotalia acostaensis*, *G. humerosa*, *G. menardii menardii*, *G. menardii cultrata* y escasos ejemplares de *Globigerina bulloides*, así como *Hastigerina aequilateralis*. Como en casos anteriores la presencia de *Globorotalia acostaensis*, la edad máxima que se puede asignar a este afloramiento es del Mioceno tardío, mientras que la presencia de *Hastigerina aequilateralis*, indica una edad mínima equivalente a la Zona de *Globorotalia tosaensis tosaensis*, ya que su primer registro estratigráfico se sitúa en la base de esta zona. Por lo tanto la edad asignada a esta muestra es del Plioceno superior.

La prospección en campo permitió el establecimiento de las relaciones espacio-temporales de las unidades que conforman este depósito. Los resultados presentados en párrafos anteriores, permiten establecer que los depósitos sedimentarios que afloran en Punta Maldonado y sus alrededores, corresponden a una secuencia pliocénica. A pesar de la distribución errática de los foraminíferos planctónicos, con aparentes extinciones y posteriores apariciones, así como la posición casi horizontal del mismo y la ausencia de eventos de deformación y/o fallamiento son evidencia de un depósito relativamente continuo, afectado, sin embargo, por eventos erosivos que serán discutidos más adelante.

Contrariamente a lo establecido por Durham y colaboradores (1981), en ninguna de las muestras estudiadas se encontró evidencia que indique la presencia de depósitos marinos más antiguos al Plioceno. Debido a ello, la interpretación sobre la presencia del género *Aragonia* que sitúa a los depósitos marinos de Punta Maldonado como del Cretácico Superior-Eoceno debe ser tomada con reserva, mientras que por otra parte se confirma con este estudio la edad neogénica previamente asignada por Campa y colaboradores (2000).

Ambiente de depósito

Para poder inferir el posible ambiente en el cual una unidad sedimentaria fue depositada, es importante tener en cuenta el contenido fósil o biofacies y la constitución litológica o litofacies.

Las biofacies están constituidas por un conjunto de especies dependientes de múltiples parámetros oceanográficos y climáticos. Por ello, para la correcta interpretación paleobatimétrica de los depósitos es necesario tomar en cuenta los trabajos sobre el carácter y distribución de las comunidades de foraminíferos bentónicos actuales, ya sea empleando biocenosis o tanatocenosis, que permitan el establecimiento de biofacies en términos de los principales límites y parámetros oceanográficos. Debido a lo anterior, es necesario conocer los parámetros en los cuales viven especies cercanas o emparentadas con aquellas que se presentan en el registro fósil.

Es importante reconocer que fenómenos climáticos y el retrabajo provocado por corrientes marinas y mecanismos tales como deslizamientos, derrumbes, flujos pasivos y turbiditas, producen el redepósito, por acción de la pendiente del talud continental, de organismos de facies someras hacia el fondo marino, formando una tanatocenosis que incluye una mezcla de organismos de biofacies diferentes. Por ello, en la interpretación de la paleobatimetría, se emplea un conjunto que representan la profundidad mayor, ya que se considera que éstos organismos no han sufrido transporte o remoción, aunque esta posibilidad no puede ser totalmente descartada. También es necesario considerar que los intervalos de profundidad para una especie dada en algunos esquemas batimétricos, se basan en registros con especies vivas en el momento de la colecta, mientras que otros, se basan en muestras sedimentarias sub-recientes o tanatocenosis. Por esta razón,

generalmente se toma en cuenta el límite superior del rango de profundidad consignado para cada especie o conjunto de especies. La abundancia relativa de foraminíferos planctónicos de acuerdo a Ingle (1980), constituye un parámetro adicional, así, las conchas son raras o ausentes en depósitos de plataforma externa (neríticos), mientras que su abundancia y diversidad aumenta hacia aguas más profundas o batial (oceánicos).

La distribución de los foraminíferos bentónicos recientes en los márgenes del Pacífico y Atlántico de América del Norte, México y Centroamérica ha sido documentada por varios autores resultando en la propuesta de distintos esquemas batimétricos. Algunos de estos esquemas, han sido basados en la distribución de especies bentónicas en áreas muy alejadas (Ingle y Keller, 1980) y, salvo por la presencia de especies cosmopolitas, muchas de las especies empleadas no se encuentran en el área de estudio. Otros esquemas (Culver y Buzas, 1987), son el resultado de la recopilación sobre la distribución batimétrica de especies consignada en publicaciones desde 1896 a 1980 y que incluye geográficamente desde Alaska hasta Panamá. En estas bases de datos no hay distinción entre tanatocenosis y biocenosis, y, tampoco hay una revisión taxonómica de las especies consideradas, por lo que en ocasiones no son muy útiles, particularmente cuando se trabaja con fósiles.

Las interpretaciones hechas en el presente trabajo se basan en las biofacies propuestas por Ingle (1980), debido a que en ésta la distribución de foraminíferos recientes ha sido calibrado en secciones neogénicas del Pacífico, incluidas el área de Baja California (Gastil *et al.*, 1999), isla María Madre (Carreño, 1980; McCloy *et al.*, 1988;) y Punta Mita, Nayarit (Gastil *et al.*, 1999), con un buen margen de confiabilidad. Cuando alguna especie de las recobradas en Punta Maldonado no estuvo considerada dentro de este esquema se tomó en consideración la información paleobatimétrica asignada en el trabajo de Butt (1982), por estar justo frente al área de estudio. De acuerdo con Ingle (1980) se reconocen la siguiente división batimétrica: de 0 a 50 m plataforma interna, de 50 a 150 m plataforma externa, de 150 a 500 m batial superior, de 500 a 1 500 m batial medio superior, de 1 500 a 2 000 m batial medio inferior y más de 2 000 m al batial inferior.

Los foraminíferos bentónicos presentes en las rocas de Punta Maldonado (Figura 13) fueron agrupados de acuerdo con Ingle (1980) en conjuntos que representan los rangos de profundidad en los que estas especies se distribuyen y, por tanto, pueden considerarse como características de un dominio bentónico en particular. De esta forma, las especies de foraminíferos bentónicos recuperados en las secciones de Punta Maldonado, se agrupan de acuerdo al límite superior de profundidad en un conjunto caracterizado por especies de amplio rango batimétrico (0 a 2000 m) como *Buliminella elegantissima*, *Eponides parantillarum*, *Hanzawaia depaloi*, *Bulimina marginata*, *Nonionella grateloupi*, *N. atlantica*, *Planulina exorna*, *Cancris sagra*, *Bolivina bicostata*, *Dentalina comunis* y *Cassidulina subglobosa*. Por supuesto que no es posible de acuerdo con esa información, tomar a este conjunto como indicativo de un ambiente en particular basándose exclusivamente en el límite batimétrico superior de estas especies. Sin embargo, *E. parantillarum*, *H. depaloi*, *N. grateloupi* y *B. bicostata*, tienen su límite batimétrico inferior cerca o en la zona batial superior, y en general están asociadas a *B. curta*, cuyo límite batimétrico superior se localiza a los 50 m y su límite inferior a los 150 m. Con base en estos límites, se sugiere que el primer conjunto corresponde de acuerdo con Ingle (1980) a una biofacies de plataforma externa-batial superior.

El segundo conjunto reconocido está constituido por especies que tienen de acuerdo con Ingle (1980) su límite superior de profundidad a los 150 m, en el dominio batial superior. Las especies representativas de este conjunto son: *Bolivina costata*, *B. argentea*, *B.*

seminuda, *B. interjuncta*, *Buliminella subfusiformis*, *Cassidulina subglobosa*, *C. tortuosa*, *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Cibicidoides mckannai*, *Trifarina carinata*, *Uvigerina peregrina*, *U. hannai* y *Globobulimina pacifica*.

Las secciones medidas en el área de Punta Maldonado contienen una mezcla constituida por los dos conjuntos definidos con anterioridad, lo cual de acuerdo con los criterios establecidos, la paleobatimetría en la cual ocurrió el depósito durante el Plioceno corresponde en todas las secciones al dominio plataforma externa-batial superior. Es importante hacer notar que Ingle (1980) define el límite entre el dominio de plataforma y el batial empleando como criterio la penetración efectiva máxima de la luz, y situándola a los 150 m el límite inferior de la zona fótica. Sin embargo, y de acuerdo con los esquemas batimétricos clásicos (Hedgpeth, 1957) se considera el promedio de la extensión de la plataforma continental ubicando el límite entre la plataforma y el dominio batial a los 200 m. Por tanto, no es contradictorio en el trabajo presente, tener una biofacies de foraminíferos bentónicos de un dominio batial superior o de plataforma externa de acuerdo con la definición anterior, ubicados en el límite entre la plataforma continental interna y externa. La ausencia de ostrácodos de aguas profundas o psicosféricos y la presencia de especies típicas de plataforma confirman una profundidad para estos depósitos de entre 50 y un máximo de 150 m (Carreño, com. pers., 2002), confirmando la interpretación hecha con base en foraminíferos bentónicos.

La interpretación paleobatimétrica de las rocas neogénicas de Punta Maldonado basada exclusivamente en las biofacies presentes, resulta incompleta o sesgada si no se toma en cuenta aspectos como la litología donde se encuentran incluidas éstas, así como otras características líticas como estructuras sedimentarias primarias y rasgos texturales, entre otros.

Las ocho secciones medidas en Punta Maldonado están constituidas por rocas de origen detrítico: arenisca, lutita arenosa y conglomerado con granos que van de finos (0.1 - 0.6 mm) a gruesos (>1 mm) y compuestos por cuarzo, micas, feldespato y bioclastos (conchas de foraminíferos, micromoluscos y restos de diversos organismos), correspondiendo de acuerdo con Udden y Wentworth (*in Adams et al.*, 1997) a una granulometría intermedia.

El análisis mineralógico de las muestras compuestas por arenisca y lutita se llevó a cabo por medio del microscopio óptico (Figura 7), mientras que los componentes mayores como los conglomerados y guijarros, fueron identificados en campo, con la ayuda de una lupa.

Como cada una de las secciones presenta variaciones litológicas y en la proporción entre foraminíferos planctónicos y bentónicos, así como en la dominancia de unas especie sobre otras, éstas deben tomarse en cuenta ya que sin duda reflejan la heterogeneidad del ambiente, como la variación en la topografía y en la circulación de las corrientes, y por tanto, cada sección será descrita individualmente, iniciando por las localizadas al norte y finalizando con las presentes al sur del poblado.

Sección La Fortuna - El conjunto de foraminíferos en esta sección está representado por una abundancia de foraminíferos planctónicos, bien conservados, donde la asociación dominante la constituye los foraminíferos bentónicos. La alta abundancia relativa de foraminíferos planctónicos y su conservación sitúan al depósito como relativamente alejado de la costa, aunque siempre en profundidades no mayores a los ca. 100 m. Esta interpretación se complementa por la presencia en esta sección de arenisca de grano fino a medio que sugiere un ambiente de moderada energía y con sustratos relativamente suaves.

Sección El Sombrero (= Faro Viejo). Con la intención de no resultar repetitivos en los párrafos que siguen, es necesario, en primera instancia, dejar asentado que a través de la sección el conjunto de foraminíferos bentónicos caracteriza una biofacies situada en los límites entre la plataforma interna y externa con una dominancia de los foraminíferos bentónicos sobre los planctónicos, los cuales en general son escasos y con una baja diversidad. Estas características sugieren para la mayor parte de la sección un depósito relativamente cercano a la costa, situado aproximadamente entre los 50 y 100 m de profundidad. La Unidad VI, es la única donde la razón entre foraminíferos planctónicos y bentónicos, sugiere una lejanía relativa de la costa, pero en una profundidad que no excedería los 150 m, dentro de la plataforma externa.

Es importante recordar que la Unidad I de acuerdo a sus características paleontológicas y sedimentológicas incluyendo textura, estructuras sedimentarias, geometría de los cuerpos de arenisca y relaciones estratigráficas, está separada en 3 cuerpos de roca. El cuerpo de roca basal de la unidad I, es caracterizado por la presencia de icnofósiles que fueron identificados como pertenecientes al género forma *Skolithos* isp. (Dr. Jorge Ledesma-Vázquez 2002, com. escrita), que corresponde a galerías producidas por organismos suspensívoros (*i. e.* gusanos poliquetos o forónidos e incluso moluscos), hábito que permite inferir un ambiente dónde la resuspensión de sedimentos es un factor importante (Pemberton, 1992 *in*: www.emory.edu/college/envs/research/ichnology/ichnofacies.htm). De acuerdo con Pemberton y Frey (1984 *in*: www.unipg.it/~pmonaco/ichnologysite/pages/icnfaciespage.html), estas comunidades se producen típicamente en la zona infralitoral; sin embargo pueden desarrollarse óptimamente dentro una plataforma interna asociada a un fuerte oleaje e incluso en una plataforma externa dominada por tempestades. La baja densidad de la bioturbación, el dominio de un género forma y la arenisca con estratificación cruzada de bajo ángulo, indican un depósito rápido de sedimento puesto en suspensión por olas de tormenta, situado probablemente en la parte proximal de la zona de tormenta, seguido por la instalación de la infauna, durante la fase de post-tormenta. Este cuerpo de roca pasa transicionalmente a una arenisca masiva de grano medio, con lentes constituidos por gránulos de cuarzo, que grada a finos hacia la cima. La estructura de este cuerpo de roca sugiere que el depósito de los sedimentos gruesos es simultáneo a la disminución de la energía ambiental, mientras que, el depósito de los finos ocurre una vez que se han restablecido el clima siendo la energía del sistema moderada. Durante estos eventos de tormenta y restablecimiento del clima, se desarrollan corrientes de densidad ocasionadas por los cambios fisico-químicos como salinidad, temperatura, entre otros, mismas que forman en el fondo canales someros y estrechos paralelos a la dirección de la corriente (Archer, 1992). A medida que el relleno de éstos, tiene granulometría más gruesa, el depósito está más cercana a la costa, lo que sugiere que este cuerpo de roca, fue depositado entre la parte proximal de la tormenta y el *shoreface*.

Las unidades II y IV representan estructuras erosivas, probablemente paleocanales, que cortan claramente las rocas subyacentes a través de una superficie irregular. La dominancia de guijarros de cuarzo subangulosos de baja esfericidad, sugiere la posibilidad de que el depósito haya sido producto de corrientes de resaca o contracorrientes de alta velocidad que transportaron materiales desde el continente (Reading, 1996). Ambas unidades están en contacto discordante con las unidades sobreyacentes correspondientes. Como ya se hizo hincapié, este ambiente se considera como un sistema altamente erosivo; sin embargo, de acuerdo con el registro bioestratigráfico no se registran discontinuidades. Más aún, en el caso de la sección La Fortuna, de acuerdo con el alcance estratigráfico de las especies de

foraminíferos planctónicos, se ha propuesto la posibilidad de que el conjunto de organismos esté representando una mezcla de dos biozonas. Por tanto, se asume que las superficies erosivas evidenciadas por discordancias o las mezclas de biozonas son producidas por la dinámica erosiva del sistema, por lo que se considera a la sección como un depósito continuo.

La Unidad III caracterizada por un cuerpo de roca con estratificación paralela sugiere condiciones de depósito en aguas someras, con una energía ambiental moderada a baja que produce un fondo poco agitado permitiendo una sedimentación continua (Vázquez-García, 1996). La ausencia de organismos infaunales y el dominio de microfósiles epibentónicos sugiere la presencia probable de ondas oscilatorias y corrientes someras de baja intensidad, que proporcionan movilidad del sedimento, la cual impide el establecimiento de estas comunidades (Archer, 1992).

La Unidad V se caracteriza por su alto contenido fósil, principalmente de restos vegetales (hojas, madera fósil, entre otros), así como carbón y restos de vertebrados. El origen de este material es continental y pudo ser arrastrado por corrientes fluviales cercanas a la costa y posteriormente depositadas en el mar. En general, este tipo de materiales es susceptible de ser transportado y fragmentado por corrientes generadas después de una tormenta. El estudio de madera fósil en láminas delgadas sugiere su pertenencia al grupo de las Angiospermas (Dr. Sergio Cevallos Ferriz com. pers., 2002), mientras que los fragmentos de vertebrados corresponden a una costilla y una escápula que aún mantiene la cavidad glenoidea (Dra. Marisol Montellano com. pers., 2002). En ningún caso, debido a su estado de preservación, fue posible establecer sus afinidades taxonómicas a un nivel inferior. Este material sugiere un origen no marino y su estado de preservación, caracterizado por estar muy fragmentado y, por su posición caótica dentro de la capa sugiere que éste fue transportado del continente y que pudiera, incluso, tener su origen en un ambiente pantanoso debido a la presencia de carbón de origen vegetal en esta parte de la sección. La presencia de fragmentos de madera es un buen indicador de perturbaciones atmosféricas intensas capaces de afectar a la flora terrestre de la región y transportarlos hacia el mar por acción fluvial y, posteriormente, depositarlos en el fondo marino. En general la presencia de pedazos de plantas y madera puede explicarse por la acción de fuertes tormentas, ya que estos materiales son susceptibles de ser transportados por ríos y arroyos y depositados mar adentro (Vázquez-García, 1996).

Esta interpretación se refuerza por el hecho de que este evento también está registrado en el Sitio 486 del DSDP (Butt, 1982), donde se documenta la presencia de fragmentos de madera y vegetales provenientes de un ambiente deltaico cercano a la costa, los cuales se depositaron por acción de corrientes de turbidez, junto con escasos foraminíferos bentónicos batiales, bajo el límite de compensación de carbonatos. Otra evidencia se encuentra en Fournier y colaboradores (1982), quienes documentan en el Sitio 493 del DSDP, la presencia de esporas pertenecientes a helechos como *Polyciisporites*, *Polypodiisporites* y *Multiaerolites formosus*, así como la presencia de granos de polen de la familia Compositae como *Artemisia*, *Ambrosia* y *Helianthus*, los cuales se asume fueron transportados por viento y sistemas fluviales cercanos a la costa y luego llevados hasta un ambiente batial superior por acción de flujos de fondo.

La presencia de la hilada de conchas de bivalvos desarticuladas sugiere transporte *post-mortem*. Infortunadamente, no fue posible hacer un estudio tafonómico *in situ*, razón por la que no se puede hacer inferencias confiables sobre el tipo evento que la origina. Sin embargo, la orientación bimodal de las conchas, sugiere la acción de flujos oscilatorios, y

por tanto, depósito en la porción distal de la zona de tormenta. La litología dominante en este cuerpo de roca está representada por arenisca de grano fino a medio subanguloso y de baja esfericidad, con presencia de matriz que sugiere que ésta se depositó mecánicamente al mismo tiempo que ocurría la sedimentación (Lewis y McConchie, 1994). De la base a la cima, este cuerpo de roca tiende a aumentar la densidad en la bioturbación, identificándose por lo menos tres géneros-forma *Thalassinoides* isp., *Ophiomorpha nodosa* (los de mayor abundancia) y en menor número las trazas fósiles pertenecientes a *Skolithos* isp. (Dr. Jorge Ledesma-Vázquez 2002, com. escrita). Las dos primeras estructuras generalmente se atribuyen a organismos como camarones y cangrejos, que colonizan de manera oportunista sustratos removidos después de un evento de tormenta debido al aporte de nutrientes que se generan durante estos eventos climáticos. Los tres icnogéneros son frecuentes en la icnofacies de *Skolithos*, típica de ambientes someros con sustratos duros pero no litificados donde la superficie queda bajo acción erosiva de las olas, pero sin llegar a emerger. El alto grado de bioturbación y, por tanto de erosión de este cuerpo, sugiere una serie de eventos de tormenta, que oculta o que ha erosionado las estructuras primarias que se generan durante la tormenta como la estratificación cruzada de bajo ángulo, entre otras.

La Unidad VI, compuesta de arenisca fina y lutita arenosa, aunada a la estructura del conjunto de microfósiles, sugiere en primera instancia, un ambiente ligeramente más alejado de la costa que las unidades subyacentes y/o un ambiente ligeramente más profundo entre los 100 y 150 m que sugiere un posible avance del mar hacia el continente, o bien un aumento de la profundidad controlado por un ajuste isostático del basamento o por la compactación del sedimento. La presencia de cemento entre las partículas que conforman estas rocas indica la existencia de precipitación química posterior al depósito (Lewis y McConchie, 1994).

El análisis sedimentológico de las rocas de la sección (Figura 7), indica que el 86 % de la población de granos contabilizados corresponden a cuarzo y el feldespato y que los fragmentos líticos no están presentes. El carácter dominante de areniscas cuarcíferas a través de la sección, sugiere bajo aporte de sedimentos y, por tanto, se infiere que el depósito corresponde a una plataforma siliciclástica (Reading, 1996). La gradación hacia los finos sección arriba, con arenisca de grano grueso-medio en la base y lutitas arenosas hacia la cima, sugiere que la plataforma está asociada a un evento transgresivo; mientras que la mezcla de arenisca con granulometría diferente, la presencia de estratificación cruzada de bajo ángulo, arenisca laminar, arenisca masiva, lentes de gránulos de cuarzo, superficies y estructuras erosivas, así como diferentes grados de bioturbación e icnofacacias, son indicativas de un depósito influenciado por tormentas.

Los micro- y macro fósiles recobrados, así como la sucesión de facies e la sección refuerzan la interpretación de que las rocas de Punta Maldonado corresponden a un depósito situado en la zona de transición, entre la biofacies de costa afuera (*offshore*) y la de intermarea (foreshore), con subfacies distal y proximal de la tormenta y periodos de recuperación climática, así como una subfacies que probablemente estuvo en o alrededor del límite de la más alta marea durante la tormenta (*foreshore*), representada por la unidad V, sin estar totalmente emergida.

Por tanto, la columna representa una alternancia de condiciones de alta y baja energía asociada al sistema, donde durante las condiciones de clima estable, los sedimentos de grano fino están en suspensión y los del fondo son bioturbados; mientras que durante las tormentas, el fondo es afectado por corrientes unidireccionales o bidireccionales que forman estratificación cruzada de bajo ángulo. Al perder energía el oleaje de tormenta, se

generaron olas someras ondulatorias que formaron facies de arenisca laminar, hasta llegar a una energía moderada que propició corrientes de retorno, estrechas y de alta velocidad, que transportaron clastos desde el litoral hacia mar adentro, mismos que fueron depositados en los canales que se producen por efecto de la erosión de estas corrientes.

Secciones **Arroyo La Presa, Arroyo La Vaca, Punta Tecoyame y Cantil de Punta Tecoyame** se caracterizan por la presencia de depósitos de grano fino a medio que sugieren un ambiente de depósito de energía moderada con abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos bien preservados. La fauna perteneciente al Conjunto II, permite sugerir una paleobatimetría batial superior y la abundancia de foraminíferos planctónicos un carácter ligeramente más oceánico de manera semejante a como se presenta en la sección El Sombreo.

Sección **Cueva del Tigre** se caracteriza por la escasez tanto de foraminíferos bentónicos como planctónicos, sin embargo la abundancia de los primeros es mayor. Los foraminíferos recuperados en esta sección pertenecen al Conjunto II, lo que sugiere un ambiente de depósito del batial superior. La presencia de lutita en esta sección sugiere un ambiente de depósito relativamente alejado de la costa.

Finalmente, las muestras 41, 42 y 43, las cuales no pueden ser asociadas a ninguna sección, presentan una alta diversidad tanto de foraminíferos planctónicos como bentónicos. En términos generales, y al igual que las secciones arriba descritas, la paleobatimetría se define con base en la presencia de especies pertenecientes al Conjunto II, correspondiendo a un ambiente batial superior. Sin embargo, el aumento de la abundancia y variabilidad de los foraminíferos planctónicos, parece conferirle a esta parte de la sección un carácter más oceánico y, por tanto, asumir una mayor lejanía de la costa.

En general las rocas neogénicas de Punta Maldonado, corresponden a un depósito de plataforma, con fauna bentónica indicativa de profundidades máximas de alrededor de 150 m, con variaciones en los conjuntos de foraminíferos planctónicos asociadas con la lejanía o cercanía con la costa.

Los minerales presentes en las rocas de la Sección El Sombrero (= Faro Viejo) tienen un origen volcánico, pero no hay evidencia de sulfuros de cobre, zinc y fierro (esfalerita, piritita, marcacita, calcopiritita y wurzita), sulfatos de calcio y bario (anhidrita y barita), o nódulos ferro-magnesianos que pudieran indicar un depósito asociado a chimeneas hidrotermales como fuera propuesto por Campa et al. (2000). Por otra parte, aunque los icnofósiles y conchas de bivalvos de gran tamaño, son abundantes éstas no corresponden a *Riftia* (pogonóforos), *Alvinella* y *Paralvinella* (poliquetos), *Calyptogena* (ostra gigante) o a fauna que ha sido descrita en estos ambientes (Aguayo et al., 1996).

Los conjuntos de foraminíferos planctónicos están caracterizados por una mezcla de organismos de afinidad tropical como *Globigerinoides* y especies quilladas de *Globorotalia* y organismos subtropicales o templados como algunos morfotipos de *Neogloboquadra dutertrei* y las globorotalias no quilladas (Ingle, 1977; Carreño, 1985). Las variaciones entre la dominancia de un grupo sobre otro, indican oscilaciones de la temperatura superficial de la masa de agua de cálido a templado, que representan temperaturas asociadas a variaciones climáticas durante el Plioceno; sin embargo, la ausencia de especies que se puedan asociar a masas de agua fría (corrientes, surgencias, entre otras) indican que la temperatura variaba de 20-25° C (Ingle, 1977).

Lo anterior, coincide *grosso modo* con el registro de palinomorfos recuperados del Sitio 493 (Fournier et al., 1982), que sugiere un ambiente seco y cálido durante el Plioceno temprano, por la presencia de polen de *Pinus* y por la escasez de fungoesporas, mientras que para Plioceno tardío sugieren un clima más frío y seco, indicado por la virtual desaparición de especies de robles, representantes de la familia Sapotaceae y por la disminución de las especies de helechos, condiciones que prevalecen hasta la parte superior del Plioceno tardío, donde aparentemente se registra un incremento en la precipitación y en la actividad fluvial.

Aunque la base del depósito expuesto en Punta Maldonado no fue observada durante el reconocimiento en campo, con base en la información bioestratigráfica y paleodeposicional esbozada, es posible sugerir que depósitos más antiguos podrían encontrarse aún cubiertos o al menos una parte de ellos. La presencia en los sitios 489 y 493 de la Etapa 66 del DSDP (correspondientes a las secuencias marinas recuperadas más cercanas a la costa) documenta la presencia de calcarenitas transgresivas con abundantes fragmentos de concha del Mioceno inferior discordantes sobre basamento Cretácico. Si se considera que el Sitio 493 está actualmente distante de la costa 16 km, es posible que este evento transgresivo haya alcanzado la actual línea de costa hasta el Mioceno inferior tardío, cuando se registra para estos Sitios 489 y 493 una profundidad de 1000–2000 m y de 1000–1500, respectivamente. No obstante, parte de esos depósitos pudieron ser erosionados durante el evento regresivo resultado del levantamiento de la corteza continental durante el Mioceno medio y la porción temprana del Mioceno superior. Reforzando lo anterior, se documenta un hiatus que comprende este intervalo de tiempo, en ambos sitios, seguido de depósitos de edad Mioceno superior tardío-Plioceno temprano, con depósitos interpretados como batiales superiores o de plataforma externa los cuales también evidencian una disminución del tirante de agua lo cual es coherente con el depósito de aproximadamente 150 m máximo, interpretado en Punta Maldonado. Hacia finales del Plioceno, de acuerdo con la información de la Etapa 66 del DSSP el levantamiento continúa, sin embargo en Punta Maldonado el depósito, de acuerdo a las biofacies y litofacies se profundiza ligeramente lo cual puede ser el resultado de subsidencia local controlada por carga del sedimento, compactación, así como ajuste isostático del basamento.

La cima de esta secuencia está cubierta por alluvión y suelos recientes. La ausencia de depósitos marinos pertenecientes al Pleistoceno puede ser explicada por erosión ocurrida a causa del levantamiento iniciado desde el Mioceno y que se intensificó en el área a partir del Pleistoceno, mismo que continua actualmente.

CONCLUSIONES

Por vez primera se describe en detalle el depósito marino sedimentario que aflora en Punta Maldonado, Guerrero. El trabajo presente permitió, mediante la determinación taxonómica reconocer los conjuntos de foraminíferos planctónicos y, establecer en función de sus alcances estratigráficos, la bioestratigrafía y, en consecuencia la edad del depósito entre 5.3 y 3.6 m. a.

Con base en la identificación taxonómica de las especies de foraminíferos bentónicos, de la distribución de las biofacies que la caracterizan, así como en la descripción de las características litológicas de las rocas, se infirieron las condiciones paleoambientales de depósito, siendo posible esbozar la historia paleodeposicional del área para el Plioceno. Con base en los datos disponibles, se hipotetiza que el área ha sufrido, al menos desde el

Plioceno, un levantamiento de entre 320 y 400 m como resultado de la subducción de la placa de Cocos bajo la de Norteamérica. No obstante los depósitos presentes en Punta Maldonado muestran, sección arriba, un aumento en la profundidad, la cual pudo haber estado controlada por la compactación del sedimento o como un ajuste isostático del basamento.

Esta contribución al conocimiento de las biotas neogénicas fósiles del Pacífico Mexicano, pone de manifiesto la necesidad de realizar prospecciones geológicas intensivas con un carácter regional, ya que todavía queda por conocer y documentar una parte importante de su historia geológica.

De manera particular en Paleontología, los icnofósiles presentes en Punta Maldonado, ofrecen un extenso campo de investigación, que contribuirían de manera importante en la interpretación de los ambientes en los cuales se originaron. Otro ejemplo lo constituyen el estudio de ostrácodos y nanoplancton calcáreo que no fueron objeto de estudio en el presente trabajo y que al estar asociados a los foraminíferos, seguramente aportaran información que permita calibrar las edades y complementar las interpretaciones paleoambientales.

Es evidente que estos depósitos pliocénicos corresponden a una nueva unidad litoestratigráfica que debe ser designada formalmente, de acuerdo con el Código de Nomenclatura Estratigráfica 1983 (Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 1984).

REFERENCIAS

- Adams, A.E., W.S. Mackenzie, y C. Guilford, 1997, Atlas de rocas sedimentarias. Masson, España, 106 p.
- Aguayo, J.E. y R. Trápaga, 1996, Geodinámica de México y minerales del mar, Fondo de Cultura Económica, Mexico 186 p.
- Álvarez, M., 1949, Unidades de la República Mexicana: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, t 14, p 1-22.
- Berggren, W.A., D. V. Kent, C. C. Swisher III, y M-P Aubry, 1995, A revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy in Berggren, W. A., *et al.*, eds.: Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation: Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication, 54, p 129-212.
- Blow, W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy: Proceedings of the first International Conference on Planktonic Microfossils, in Brönnimann, P., y H.H. Renz. eds., Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, 967, Leiden E.J. Brill, Geneva, v. 1, p 199-422, 54 placas.
- Bolli, H.M., 1957, Planktonic Foraminifera from the Oligocene-Miocene Cipero and Lengua formations of Trinidad, B.W.I.: Bull U.S. natl. Mus., núm. 215, p. 97-123.
- Bolli, H.M., 1970, The foraminifera of Sites 23-31, Leg 4, in Bader, R.G., *et al.*, *Init. Repts.* DSDP, 4: Washington (U. S. Govt. Printing Office), 577-643.
- Bolli, H.M. y P.J., Bermúdez, 1965, Zonation based on planktonic foraminifera of Middle Miocene to Pliocene warm-water sediments. Boletín Informativo, Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo, v.8, núm. 5, p. 119-149.

- Bolli, H.M. y I. Premoli Silva, 1973, Oligocene to Recent planktonic foraminifera and stratigraphy of Leg 15 Sites in the Caribbean Sea: *in* Heezen, Bruce C., MacGregor, Ian D., *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 15: Washington (U. S. Govt. Printing Office), 475-497.
- Bolli, H.M. y J.B Saunders, 1985, Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera *in* Bolli, H.M., J.B. Saunders y J. Perch-Nielsen, eds. *Plankton Stratigraphy*, Cambridge University Press, Gran Bretaña, p 155-262.
- Bolli, H.M., J.P. Beckmann y J. B. Saunders, 1994, Benthic foraminiferal biostratigraphy of the south Caribbean region, Cambridge University Press, Gran Bretaña, 408 p.
- Butt A., 1982, Syndepositional Tectonics along the Middle America Trench, whit special reference to foraminiferal bathymetry, *in*: Watkins, J. S., Moore, J. C. *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 66: Washington (U. S. Govt. Printing Office), p 671-680.
- Campa, M.F., E.A. Cardoso-Vázquez, L. De Nova-Mejía y P. Salmeron-Ureña, 2000. Ecosistema fósil de una paleochimenea hidrotermal de grieta de piso oceánico (Formación Punta Maldonado): VII Congreso Nacional de Paleontología y I Simposio Geológico en el Noreste de México, 22-28 julio, Linares, Nuevo León, México: Sociedad Mexicana de Paleontología y Univ. Autón. Nuevo León, México, Resúmenes, p 19.
- Carreño, A.L., 1985, Biostratigraphy of the Late Miocene to Pliocene on the Pacific Island María Madre, Mexico: *Micropaleontology*, v. 31, no. 2, p 139-166.
- Centeno-García, E., 1990, Reconocimiento geológico preliminar de Punta Maldonado, estado de Guerrero, Instituto de Geología, UNAM, México, Informe (inédito), 16 p.
- Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 1984, Código Estratigráfico Norteamericano 1983, traducido por Sánchez-López M y L. Cabib-Levi, Instituto de Geología, U.N.A.M., Sociedad Geológica Mexicana y Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, México, 87 p.
- Cserna, Z. de., 1965, Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, estado de Guerrero: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 62, 75 p.
- Culver, S.J. y M.A. Buzas, 1987, Distribution of Recent benthic foraminifera off the Pacific coast of Mexico and Central America: *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, no. 30, 184 p.
- Durham. J.W., P.A. Shelton, y L. Espinosa-Arrubarena, 1981, Onshore marine Cenozoic along southwest Pacific coast of Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, V. 92, p 384-394.
- Finger, K.L., 1990, Atlas of California Neogene Foraminifera: Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication, núm. 28, 271 p.
- Fournier, G.R., 1982, Palynostratigraphic analysis of cores from Site 493, *in*: Watkins, J. S., Moore, J. C. *et al.*, 1981. *Init. Repts. DSDP*, 66: Washington (U. S. Govt. Printing Office), 661-670.
- Gastil, G.R., J. Neushaus, M. Cassidy, J.T. Smith, J.C. Ingle Jr., D. Krummenacher, 1999, Geology and paleontology of southwestern Isla Tiburón, Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 16, no. 1, p 1-34.
- Guzmán-Jimenez, Eduardo J., 1950, Geología del noreste de Guerrero: *Asoc. Mexicana Geólogos Petrol.*, Bol., v. 2, p. 95-156.
- Hedgpeth, J.W., 1957, Classification of marine environments, *in* Hedgpeth, J. W., ed., *Treatise on marine ecology and paleoecology*: *Geol. Soc. America Mem.* 67, v.1, p 17-28.
- INEGI, 1989; [Hoja] Acapulco (E14) Guerrero: Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección de Estudios del Territorio Nacional, Carta Geológica, escala 1:250 000.

- INEGI, 1989; [Hoja] Cujinicuilapa, (E14D72) Guerrero y Oaxaca: Secretaría de Programación y Presupuesto, Dirección de Estudios del Territorio Nacional, Carta Topográfica, escala 1:50 000.
- Ingle, J.C., 1977, Summary of late Neogene planktic foraminiferal biofacies, biostratigraphy, and paleoceanography of the marginal North Pacific Ocean: *Internat. Cong. Pacific Neogene Stratigraphy*, Firs, Tokyo, Proc., p177-182.
- Ingle, J.C., 1980, Cenozoic Paleobathymetry and depositional history of selected sequences within the southern California continental borderland: *Cushman Foundation Special Publication*, no. 19, p 163-195.
- Ingle J.C. y G. Keller, 1980, Benthic foraminiferal biofacies of the eastern Pacific Margin between 40° S and 32° N: Quaternary depositional environments of the Pacific Coast. *Pacific Coast paleogeography Symposium 4. Pacific Section; Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists*, Los Angeles, p 341-355.
- Karing, D.E., R.K. Caldwell, G.F., Moore y D.G. Moore, 1978, Late Cenozoic subduction and continental margin truncation along the northern Middle America Trench: *Geological Society of America Bulletin*, v. 89, p 265-276.
- Kennett, J.P. y S.M. Srinivasan, 1983, *Neogene Planktonic Foraminifera: A Phylogenetic Atlas*, Hutchinson Ross Publishing Company, E. U. A., 263 p.
- Kohl, B., 1985, Early Pliocene Benthic Foraminifera from the Salina Basin, southeastern Mexico. *Bulletins of American Paleontology*, v. 88, no. 322, 173 p.
- Lewis, D.W. y D. McConchie, 1994, *Analytical Sedimentology*, Chapman and Hall, E. U. A., t 2, caps. 4-6, p 89-152.
- Lipps, J., 1993, *Fossil Prokaryotes and Protists*, Blackwell Scientific Publications, Inc. E. U. A. 437 p.
- Loeblich, A.R. Jr. y H. Tappan, 1988, Foraminiferal genera and their classification, *Van Nostrand Reinhold*, Nueva York, 2 vols., p 970 y 212, 847 figuras.
- Maldonado-Koerdell, M., 1948, Peces fósiles de México, I. Elasmobranchios: *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, v. 9, núms. 1-2, p. 127-136.
- Malpica-Cruz, V. y G. Padilla-Arredondo, 1994, La formación de cárcavas, un riesgo geológico para la población de Punta Maldonado, Guerrero: Tercera Reunión Nacional de Geomorfología, Guadalajara, Jal. Mayo 18-20 de 1994. Libro de Resúmenes, p 111-113.
- Malpica-Cruz, V., E. Solleiro-Rebolledo, G. Padilla-Arredondo, S. Pedrín-Avilés y F. Aceves-Quesada, 1991, Erosión-depositación como la causa posible de destrucción marina en Punta Maldonado, estado de Guerrero, *in* R. Rubinovich K. y A. L. Carreño (eds), *Convención sobre la Evolución Geológica de México*, Primer Congreso de Mexicano de Mineralogía, *Memoria*, Instituto de Geología, UNAM, Ins. De Ciencias de la Tierra, UAH, Soc. Mex. de Mineralog., Sub. Educ. Sup. e Invest. Cient.-SEP, p 92-95.
- McCloy, C., J.C. Ingle y J.A. Barron, 1988, Neogene stratigraphy, foraminifera, diatoms, and depositional history of María Madre Island, Mexico-evidence of early Neogene marine conditions in the southern Gulf of California: *Marine Micropaleontology*, v. 13, no. 3, p 193-212.
- Neumann, M., 1967, *Manuel de Micropaléontologie des Foraminifères (Systématique - Stratigraphie)*, Gauthier-Villars, Paris, Francia, 297 p.
- Ortega-Gutiérrez, F., 1981, Metamorphic belts of southern Mexico, and their tectonic significance: *Geofísica Internacional*, v.20, núm.3, p. 177-202.
- Palmer, R.H., 1926, Upper Pleistocene occurrence along the Oaxaca Coast of México: *Science*, v. 63, p 476.

- Palmer, R.H., 1928a, Geology of southern Oaxaca, Mexico: *Jour. Geology*, v.36, p 716-734.
- Palmer, R.H., 1928b, Fossil and Recent corals and coral reefs of Western Mexico. Three new species: *American Philosophical Society, Proceedings*, v. 47, p 21-31.
- Palmer, R.H. y L.G. Hertlein, 1936, Marine Pleistocene mollusks from Oaxaca, Mexico: *Bulletin of the southern California Academy of Science*, v.35, p 65-81.
- Perrilliat, M.C. 1987, Gasterópodos y un cefalópodo de la Formación Ferrotepec (Mioceno medio) de Michoacán: *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana*, núm. 52, 58 p.
- Perrilliat, M.C. 1992, Bivalvos y gasterópodos de la Formación Ferrotepec (Mioceno medio) de Michoacán: *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana*, núm 60, 49 p.
- Postuma, J.A., 1971, *Manual of Planktonic Foraminifera*, Elsevier Publishing Company. Holanda, 420 p.
- Reading H.G. y J D. Collinson, 1996, *Clastic coast in Reading H. G., 1996, Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, Blackwell Science, E. U. A., p 154-231.
- Rögl F. y M. Bolli, 1973, Holocene to Pleistocene Planktonic foraminifera of Leg 15, Site 147 (Cariaco Basin Trench), and their climatic interpretation: *in Heezen, Bruce C., MacGregor, Ian D., et al., Init. Repts. DSDP, 15: Washington (U. S. Govt. Printing Office)*, p 553-615.
- Stainforth, R.M., J.L Lamb, Hanspeter Luterbacher, J.H. Beard y R.M. Jeffords, Cenozoic Planktonic Foraminiferal Zonation and Characteristics of Index Forms Appendix, Article 62, 425 p.
- Vázquez-García, A., 1996, *Litología y ambientes de depósito de la Formación Tepetate en el arroyo El Conejo, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura (Geología). Universidad Autónoma de Baja California Sur, México*, 73 p.
- Watkins, J.S., Moore, J.C. *et al.*, 1981. *Init. Repts. Deep Sea Drilling Project Leg 66: Deep Sea Drilling Project Leg 66, V. 66, Offshore Mexico-Geological Processes along an active margin*, p 12.
- Werre-Keeman, F. J. y J.L. Bustos-Díaz, 2001, Síntesis geológica y evolución tectónica del Terreno Xolapa, Estado de Guerrero: *Boletín Técnico de la Comisión de Recursos Minerales (COREMI). Año VI, no. 42. p 2-23.*

APÉNDICE

Todos los especímenes mencionados en el presente trabajo, se encuentran resguardados en la Colección de Micropaleontología del Museo de Paleontología del Instituto de Geología de la UNAM con las siglas IGM- -Mi. Las muestras de mano y las placas con los conjuntos se encuentran depositados en el Laboratorio de Micropaleontología de la misma institución.

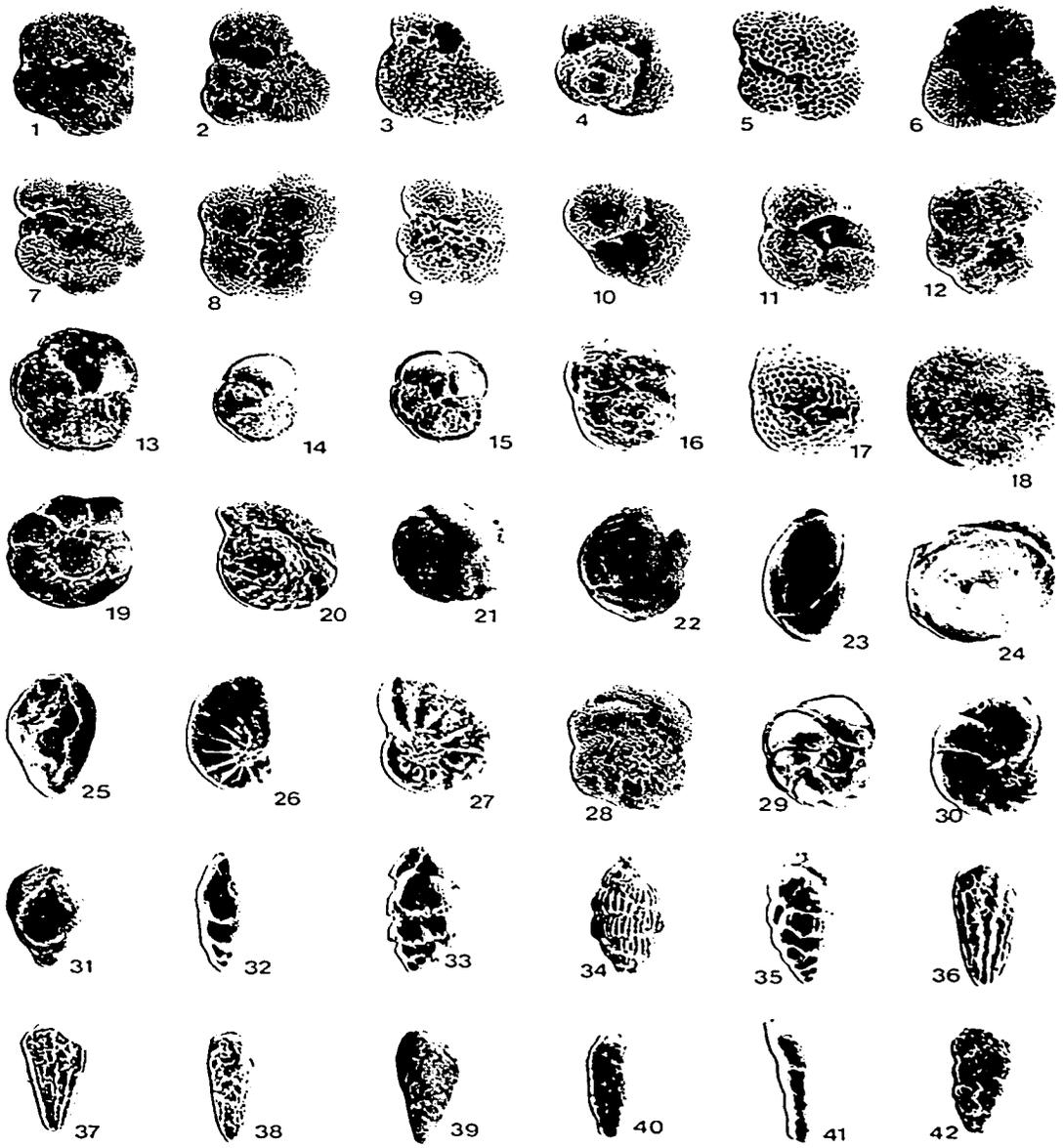
1. *Bolivina argentea* Cushman, 1926 IGM-673-Mi
2. *Bolivina costata* d'Orbigny, 1839 IGM-674-Mi
3. *Bolivina interjuncta* Cushman, 1926 IGM-675-Mi
4. *Bolivina interjuncta bicostata* Cushman y McCulloch, 1942 IGM-676-Mi
5. *Bolivina seminuda* Cushman, 1911 IGM-677-Mi
6. *Bolivina* spp.
7. *Bulimina marginata* d' Orbigny, 1826 IGM-678-Mi
8. *Buliminella curta* Cushman, 1925 IGM-679-Mi
9. *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny, 1839) Phleger y Parker IGM-680-Mi
10. *Buliminella subfusiformis* Cushman, 1925 IGM-681-Mi
11. *Cancris comunis* Cushman y Todd, 1942 IGM-682-Mi
12. *Cancris sagra* d'Orbygni, 1839 IGM-683-Mi
13. *Cassidulina subglobosa* Brady, 1881 IGM-684-Mi
14. *Cassidulina tortuosa* Cushman y Hughes, 1925 IGM-685-Mi
15. *Cibicidoides mckannai* (Galloway y Wisslery, 1927) Thalmann IGM-686-Mi
16. *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman, 1922) Thalmann IGM-687-Mi
17. *Cibicidoides* sp. IGM-688-Mi
18. *Criboelphidium poeyanum* (d'Orbigny, 1839) Loeblich y Tappan IGM-689-Mi
19. *Criboelphidium* sp. IGM-690-Mi
20. *Dentalina communis* (d'Orbygni, 1826) Cushman IGM-691-Mi
21. *Elphidium crispum* (Linneo, 1767) Woodring, Bramlette y Kleinpell IGM-692-Mi
22. *Elphidium* sp. IGM-693-Mi
23. *Eponides parantillarum* Galloway y Heminway, 1941 IGM-694-Mi
24. *Eponides* sp. IGM-695-Mi
25. *Fursenkoina compressa* (Bailey, 1851) Loeblich y Tappan IGM-696-Mi
26. *Fursenkoina* spp. IGM-697-Mi
27. *Glabratellina albida* (McCulloch, 1961) Seiglie y Bermúdez IGM-698-Mi
28. *Globigerina bulloides* d'Orbigny, 1826 IGM-699-Mi
29. *Globigerinoides conglobatus* (Brady, 1879) Parker IGM-700-Mi
30. *Globigerinoides obliquus extremus* Bolli y Bermudez, 1965 IGM-701-Mi
31. *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny, 1839) Drooger IGM-702-Mi
32. *Globigerinoides trilobus* (Reuss, 1850) Bolli IGM-703-Mi
33. *Globigerinoides trilobus sacculifer*, (Brady, 1877) Bolli IGM-704-Mi
34. *Globobulimina auriculata* Bailey, 1851 IGM-705-Mi
35. *Globobulimina pacifica* Cushman, 1927 IGM-706-Mi
36. *Globorotalia acostaensis* Blow, 1959 IGM-707-Mi
37. *Globorotalia humerosa* Takayanagi y Saito, 1962 IGM-708-Mi
38. *Globorotalia menardii* 'A' Bolli, 1970 IGM-709-Mi
39. *Globorotalia menardii cultrata* (d'Orbigny, 1939) Banner y Blow, IGM-710-Mi
40. *Globorotalia menardii menardii* (Parker, Jones y Brady, 1865) Banner y Blow, IGM-711-Mi
41. *Globorotalia pseudopima* Blow, 1969 IGM-712-Mi

42. *Hansenisca* sp. IGM-713-Mi
43. *Hanzawaia depaloi* Finger y Lipps, 1990 IGM-714-Mi
44. *Hanzawaia* sp. IGM-715-Mi
45. *Hastigerina aequilateralis* Brady, 1884 IGM-716-Mi
46. *Lagena* sp. IGM-717-Mi
47. *Miliolina* spp.
48. *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny, 1839) Bandy IGM-718-Mi
49. *Nodosaria* sp. IGM-719-Mi
50. *Nonionella atlantica* Cushman, 1947 IGM-720-Mi
51. *Nonionella grateloupi* (d'Orbigny, 1839) Schnitker IGM-721-Mi
52. *Orbulina universa* d'Orbigny, 1839 IGM-722-Mi
53. *Planulina ariminensis* d'Orbigny, 1826 IGM-723-Mi
54. *Planulina exorna* Phleger y Parker, 1951 IGM-724-Mi
55. *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker y Jones, 1865) Bermúdez IGM-725-Mi
56. *Reussella pacifica* Cushman y McCulloch, 1948 IGM-726-Mi
57. *Reussella spinulosa* (Reuss, 1850) Cushman IGM-727-Mi
58. *Sphaeroidinellopsis* sp. IGM-728-Mi
59. *Textularina* spp.
60. *Trifarina carinata* (Cushman, 1927) Cushman y McCulloch IGM-729-Mi
61. *Uvigerina* cf. *excellens* Tood, 1948 IGM-730-Mi
62. *Uvigerina hannai* Kleinpell, 1938 IGM-731-Mi
63. *Uvigerina obesa* Cushman, 1926 IGM-732-Mi
64. *Uvigerina peregina* Cushman, 1923 IGM-733-Mi
65. *Uvigerina* sp. IGM-734-Mi
66. *Virgulina* aff. *complanata* Egger, 1893 IGM-735-Mi

LÁMINA 1

1. *Globigerinoides trilobus* (Reuss, 1850) Bolli. Vista umbilical, X 120, muestra 34, Cantil de Punta Tecoyame, Plioceno inferior, (IGM-703-Mi).
2. *Globigerinoides trilobus* (Reuss, 1850) Bolli. Vista espiral, X 60, muestra 34, Cantil de Punta Tecoyame, Plioceno inferior, (IGM-703-Mi).
3. *Globigerinoides obliquus extremus* Bolli y Bermudez, 1965. Vista umbilical, X 100, muestra 16, Faro Viejo, Plioceno inferior, (IGM-701-Mi).
4. *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny, 1839) Drooger. Vista espiral, X 130, muestra 42, Loc. IGM-3402, Plioceno inferior, (IGM-702-Mi).
5. *Globigerinoides conglobatus* (Brady, 1879) Parker. Vista umbilical, X 100, muestra 25, Arroyo La Vaca, Plioceno inferior, (IGM-700-Mi).
6. *Globigerinoides trilobus sacculifer*, (Brady, 1877) Bolli. Vista umbilical, X 60, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-704-Mi).
7. *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny, 1839) Bandy. Vista umbilical, X 75, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-718-Mi).
8. *Globorotalia pseudopima* Blow, 1969. Vista espiral, X 75, muestra 42, Loc. IGM-3402, Plioceno inferior, (IGM-712-Mi).
9. *Globorotalia humerosa* Takayanagi y Saito, 1962. Vista umbilical, X 80, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-708-Mi).
10. *Globorotalia acostaensis* Blow, 1959. Vista umbilical, X 80, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-707-Mi).
11. *Globigerina bulloides* d'Orbigny, 1826. Vista umbilical, X 120, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-699-Mi).
12. *Hastigerina aequilateralis* Brady, 1884. Vista umbilical, X 80, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-716-Mi).
13. *Globorotalia menardii cultrata* (d'Orbigny, 1939) Banner y Blow. Vista umbilical, X 55, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-710-Mi).
14. *Globorotalia menardii menardii* (Parker, Jones y Brady, 1865) Banner y Blow. Vista umbilical, X 55, muestra 17, Faro Viejo, Plioceno inferior, (IGM-711-Mi).
15. *Globorotalia menardii* 'A' Bolli, 1970. Vista umbilical, X 55, muestra 2, Arroyo La Fortuna, Plioceno inferior, (IGM-709-Mi).
16. *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker y Jones, 1865) Bermúdez. Vista apertural, X 110, muestra 41, Loc. IGM-3402, Plioceno inferior, (IGM-725-Mi).
17. *Sphaeroidinellopsis* sp. Vista umbilical, X 90, muestra 21, Arroyo La Presa, Plioceno inferior, (IGM-728-Mi).
18. *Orbulina universa* d'Orbigny, 1839. X 75, muestra 25, Arroyo La Vaca, Plioceno inferior, (IGM-722-Mi).
19. *Cibicidoides pseudoungerianus* (Cushman, 1922) Thalmann. Vista espiral, X 50, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-687-Mi).
20. *Cibicidoides mckannai* (Galloway y Wisslery, 1927) Thalmann. Vista espiral, X 65, muestra 32, Punta Tecoyame, Plioceno inferior, (IGM-686-Mi).
21. *Cassidulina tortuosa* Cushman y Hughes, 1925. Vista apertural, X 200, muestra 42, Loc. IGM-3402, Plioceno inferior, (IGM-685-Mi).
22. *Cassidulina subglobosa* Brady, 1881. Vista apertural, X 150, muestra 23, Arroyo La Presa, Plioceno inferior, (IGM-684-Mi).
23. *Globobulimina pacifica* Cushman, 1927. X 90, muestra 16, Faro Viejo, Plioceno inferior, (IGM-706-Mi).
24. *Eponides parantillarum* Galloway y Heminway, 1941. Vista espiral, X 65, muestra 25, Arroyo La Vaca, Plioceno inferior, (IGM-694-Mi).

25. *Trifarina carinata* (Cushman, 1927) Cushman y McCulloch. X 130, muestra 21, Arroyo La Presa, Plioceno inferior, (IGM-730-Mi).
26. *Nonionella grateloupi* (d'Orbigny, 1839) Schnitker. Vista espiral, X 80, muestra 25, Arroyo La Vaca, Plioceno inferior, (IGM-721-Mi).
27. *Nonionella atlantica* Cushman, 1947 Vista espiral, X 180, muestra 13, Faro Viejo, Plioceno inferior, (IGM-720-Mi).
28. *Planulina exorna* Phleger y Parker, 1951. Vista espiral, X 60, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-724-Mi).
29. *Cancriis sagra* d'Orbygni, 1839. Vista espiral, X 90, muestra 17, Faro Viejo, Plioceno inferior, (IGM-683-Mi).
30. *Hanzawaia depaloi* Finger y Lipps, 1990. Vista espiral, X 110, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-714-Mi).
31. *Buliminella curta* Cushman, 1925. X 150, muestra 23, Arroyo La Presa, Plioceno inferior, (IGM-679-Mi).
32. *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny, 1839) Phleger y Parker. X 110, muestra 18, Faro Viejo, Plioceno inferior, (IGM-680-Mi).
33. *Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826. X 150, muestra 18, Faro Viejo, Plioceno inferior, (IGM-678-Mi).
34. *Uvigerina peregrina* Cushman, 1923. X 110, muestra 29, Punta Tecoyame, Plioceno inferior, (IGM-734-Mi).
35. *Uvigerina hannai* Kleinpell, 1938. X 80, muestra 43, Loc. IGM-3402, Plioceno superior, (IGM-732-Mi).
36. *Bolivina interjuncta* Cushman, 1926. X 45, muestra 23, Arroyo La Presa, Plioceno inferior, (IGM-675-Mi).
37. *Bolivina costata* d'Orbigny, 1839. X 110, muestra 41, Loc. IGM-3402, Plioceno inferior, (IGM-674-Mi).
38. *Bolivina* sp. X 150, muestra 17, Faro Viejo, Plioceno inferior.
39. *Bolivina argentea* Cushman, 1926. X 120, muestra 29, Punta Tecoyame, Plioceno inferior, (IGM-673-Mi).
40. *Bolivina seminuda* Cushman, 1911. X 120, muestra 41, Loc. IGM-3402, Plioceno inferior, (IGM-677-Mi).
41. *Dentalina communis* (d'Orbygni, 1826) Cushman. X 45, muestra 24, Arroyo La Vaca, Plioceno inferior, (IGM-691-Mi).
42. *Textularina* sp. X 50, muestra 25, Arroyo La Vaca, Plioceno inferior.



ESTA TESIS NO SALE

EN LA BIBLIOTECA