



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**MICROPALEONTOLOGÍA DE
FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS
EN SERIES TERRÍGENAS
TERCIARIAS DEL SE DE MÉXICO:
IMPLICACIONES BIOCRONOLÓGICAS.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA

P R E S E N T A :
CRISTINA PÉREZ CASTILLO



DIRECTOR DE TESIS:
DR. JULIO CÉSAR GONZÁLEZ LARA

2005



m345384



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Pérez Castillo

FECHA: 13 de Junio del 2005

FIRMA: Cristina

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

Micropaleontología de foraminíferos planctónicos en series terrígenas terciarias del SE de México: implicaciones biocronológicas.

realizado por Cristina Pérez Castillo

con número de cuenta 9339465-1 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dr. Julio César González Lara

Propietario Dra. Sara Alicia Quiroz Barroso

Propietario Dr. Francisco Sour Tovar

Suplente Dra. María Antonieta Sánchez Ríos

Suplente Dra. Silvia Elizabeth Rivera Olmos

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGIA

AGRADECIMIENTOS

Hago patente mi muy especial agradecimiento al **Instituto Mexicano del Petróleo** por brindarme todas las facilidades para desarrollar esta tesis, así como al **Dr. Mario Guzmán Vega** por autorizar mi participación en el programa de Estancias de tesis de licenciatura del IMP.

Al **M. en I. Mario Limón González**, por su apoyo para la realización de la excursión de campo y por ende la obtención de las muestras utilizadas en el presente trabajo.

En particular al **Dr. Julio César González Lara** director de esta tesis, le expreso mi más profundo agradecimiento, por su muy atinado asesoramiento, por haberme brindado sus conocimientos, experiencia y consejos pero sobre todo, impulsar mi superación profesional.

Así mismo, a la **Dra. María Antonieta Guadalupe Sánchez Ríos** por su asesoramiento, y por brindarme el apoyo necesario para el desarrollo de esta tesis, así como fomentar mi desarrollo profesional.

Agradezco a mis sinodales:

Dra. Sara Alicia Quiroz Barroso

Dra. Silvia Elizabeth Rivera Olmos

Dr. Francisco Sour Tovar

Por aceptar formar parte del comité de evaluación, brindarme su tiempo y conocimientos, por sus comentarios, correcciones y asesoramiento que enriquecieron esta tesis. Mil gracias.

A mi esposo **Ing. Luis Angel Valencia Flores** por ser un gran ejemplo de superación y motivarme día a día para lograr un feliz termino de este trabajo.

A mi maestra **Biól. Rita González** por aceptar revisar este trabajo y enriquecerlo con sus sugerencias, gracias.

Agradezco también a **Yolanda Cabañas** y **Guillermo Aguilar** por su gran ayuda, y en especial por su compañía y amistad. A **Florencio Cortes** por su apoyo en la impresión de este trabajo.

Así como a **Marcela Ugarte** por su ayuda en la toma de imágenes en el microscopio electrónico de barrido, y al **Ing. Hugo Ramírez** por el asesoramiento geológico brindado.

A la **M. en C. María del Carmen Rosales Domínguez** mi mas grande agradecimiento por sus valiosos comentarios y atinada revisión.

A **Paula Alejandra Fuentes Franco** por su apoyo en el desarrollo de esta tesis, por ser mi amiga y colega de trabajo.

Al **Ing. José Antonio Gómez Ponce** y a **Jorge Alvarado Alemán** por su amistad y experiencia brindada.

A **Ricardo León Rico** y **Aidé Cruz Salazar** por su compañía y amistad durante mi estancia en la Facultad de Ciencias.

Doy gracias también a mis amigos y compañeros **Toño, Leti, Aarón, Paty, Móny, Daniel, Vicki, Janett** y **Bruno**, que me dieron su apoyo profesional y moral durante toda la realización de esta tesis.

Por supuesto, mi infinito agradecimiento a mi escuela, la **Facultad de Ciencias** y a la **Universidad Nacional Autónoma de México**, así como a mis profesores por la formación profesional otorgada.

Dedico esta tesis:

A mis queridos padres:

Ma. Guadalupe y Guillermo,

por su amor y enseñanza que me alientan a luchar en la vida,
gracias a ustedes he alcanzado esta meta.

A mi hermano: **Guillermo,**

por su cariño y apoyo incondicional.

A mis hermanos:

Daniel y Guadalupe, con amor.

A mi amado esposo **Luis Angel,**
por ser el motor de mi vida.

A la memoria de:

mis abuelitos **Luis y Guadalupe,**
y de mi tío **Dario.**

Con cariño a mi querida abuelita: **Carmen.**

A mis **tíos, primos y sobrinos.**



**MICROPALEONTOLOGÍA DE FORAMINÍFEROS
PLANCTÓNICOS EN SERIES TERRÍGENAS
TERCIARIAS DEL SE DE MÉXICO: IMPLICACIONES
BIOCRONOLÓGICAS.**

CONTENIDO

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
I.1 Objetivos	3
I.2 Localización	4
I.3 Antecedentes	7
II. GEOLOGIA GENERAL	11
II.1 Marco Tectónico Regional	11
II.2 Cuencas Terciarias	14
II.2.1 Sierra de Chiapas	14
II.2.2 Cuencas del Sureste	18
II.3 Estratigrafía de la región	20
III. SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS ESTUDIADAS	32
III.1 Sección Bochil	35
III.2 Sección San Pedro	37
III.3 Sección Tapijulapa	39
III.4 Sección Chintul	41
III.5 Sección Rosario	43
III.6 Sección Navidad	45
III.7 Sección Atardecer	47

IV. METODOLOGÍA	49
IV.1 Método de muestreo en campo	49
IV.2 Técnica de laboratorio	51
IV.2.1 Técnica de lavado	52
IV.2.2 Técnica para la obtención de láminas delgadas	55
IV.2.3 Análisis micropaleontológico	58
IV.2.4 Análisis biocronológico	61
IV.2.5 Análisis bioestratigráfico	62
IV.2.5 Microscopio Electrónico de Barrido	63
V. ORDEN FORAMINIFERA	65
V.1 Generalidades	65
V.2 Organización celular de los foraminíferos	67
V.3 Ciclo de Vida	69
V.4 Clasificación taxonómica	70
V.5 Foraminíferos planctónicos	72
VI. MICROPALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA	83
VII. BIOCRONOLOGÍA	146
VIII. BIOESTRATIGRAFÍA	171
IX. BIOCRONOESTRATIGRAFÍA	183
X. CONCLUSIONES	188
XI. REFERENCIAS	190
XII. ANEXOS	
XII. Atlas fotográfico	
XII. Glosario	

RESUMEN

Con base al estudio micropaleontológico de los foraminíferos planctónicos de siete series terrígenas del Terciario del Sureste de México, se realizó la interpretación biocronológica y la delimitación de unidades tiempo. Se identificaron: 4 familias, 17 géneros, 36 especies y 19 subespecies de la Superfamilia Globigerinacea del orden Foraminífera del Paleoceno, Oligoceno y Mioceno. El Paleoceno se determinó en las secciones Bochil, San Pedro y Tapijulapa de la Sierra de Chiapas. A la Sección Bochil se le asignó una edad del Paleoceno Temprano por la presencia de los fósiles *Parvularuglobigerina longiapertura*, *Globigerina fringa*, *Guembelitra danica* y *Guembelitra irregularis*, cuyo alcance estratigráfico está restringido al Daniano. Las secciones San Pedro y Tapijulapa se determinan como sedimentos correspondientes al Paleoceno Tardío por la presencia del fósil índice *Planorotalites pseudomenardii*. El Oligoceno se estableció en los sedimentos de la Sección Chintul de la Sierra de Chiapas, por la aparición del fósil índice *Globorotalia opima opima* y de *Globigerina ciperoensis ciperoensis* y *Globigerina ciperoensis angulisuturalis*, determinándose una edad del Oligoceno Medio; se propone el posible límite Oligoceno Medio-Oligoceno Tardío con la primera aparición evolutiva de *Globorotalia mayeri*. Las secciones estraigráficas Rosario, Navidad y Atardecer de la Cuenca Salina del Istmo, se datan como sedimentos del Mioceno Medio por la presencia de *Globorotalia fohsi peripheroacuta* y *Sphaeroidinellopsis multiloba*.

I. INTRODUCCIÓN

Los foraminíferos planctónicos constituyen un grupo de microorganismos marinos que forman una estructura de carbonato de calcio llamada testa, esta particularidad ha permitido que se encuentren ampliamente representados en el registro fósil.

Su presencia abundante en las rocas sedimentarias formadas desde el Jurásico hasta el reciente, aunado a su amplia distribución geográfica, su fácil determinación taxonómica, a la considerable diversidad de especies, y a que gran parte de estas son fósiles índices, han hecho a los foraminíferos planctónicos uno de los primeros microorganismos que se empezaron a estudiar.

Fue entre los años 1826 y 1857 cuando el francés Alcide d'Orbigny realiza estudios de la morfología, distribución y clasificación de foraminíferos tanto actuales como fósiles, por lo que se considera el padre de la Micropaleontología, además de que pone de manifiesto el valor bioestratigráfico de este grupo fósil. Este descubrimiento constituye la base del desarrollo de la Micropaleontología Aplicada, la cual surge a partir de la década 20's cuando en los Estados Unidos de Norteamérica se generaliza el uso de estos microfósiles para determinar la edad de los testigos de sondeos en la Industria Petrolera.

Sin embargo, es hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando las empresas petrolíferas descubren la importancia de los foraminíferos planctónicos en la datación de sedimentos.

Desde 1957 a la fecha, los foraminíferos planctónicos han sido una de las principales herramientas utilizadas para la realización de numerosos estudios estratigráficos y de prospección petrolera en diferentes partes de la República Mexicana por parte del personal de Petróleos Mexicanos e investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo.

Por su amplia aplicación biocronológica en la Industria Petrolera y por constituir una herramienta valiosa en estudios bioestratigráficos, es primordial lograr el conocimiento de las características taxonómicas que influyen principalmente en la clasificación de las especies, con el fin de obtener información que sirva de base para realizar interpretaciones biocronológicas.

Por otra parte, debido a que el número de especies fósiles es mayor que de las especies actuales, la sistemática de este grupo ha sido establecida principalmente por micropaleontólogos, basándose generalmente en los caracteres morfológicos de la concha.

Por tal motivo, en el presente trabajo se planteó primeramente un estudio micropaleontológico-sistemático, el cual consiste en describir los caracteres morfológicos y determinar las especies fósiles para su posterior aplicación en la interpretación biocronoestratigráfica y poder definir la correcta sucesión y edad de las capas sedimentarias de las secciones estudiadas.

I.1. Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Realizar el estudio micropaleontológico y la interpretación biocronológica de los sedimentos terrígenos de siete secciones del Terciario del Sureste de México, con base en los foraminíferos planctónicos.

Objetivos particulares:

- ❖ Aprender las técnicas de muestreo y procesado de sedimentos para el estudio micropaleontológico con base a foraminíferos planctónicos.
- ❖ Conocer la sistemática y la taxonomía de los foraminíferos planctónicos y su importancia y aplicación en la industria petrolera.
- ❖ Estudiar los foraminíferos planctónicos presentes en los sedimentos de las secciones con base a sus caracteres morfológicos.
- ❖ Conocer, aprender y aplicar los conceptos, técnicas, metodologías y sistemática interpretativa de los estudios biocronoestratigráficos del Terciario.
- ❖ Identificar los principales bioeventos que apoyen el análisis biocronológico, así como su presencia y continuidad dentro de los sedimentos estudiados.

I.2. Localización

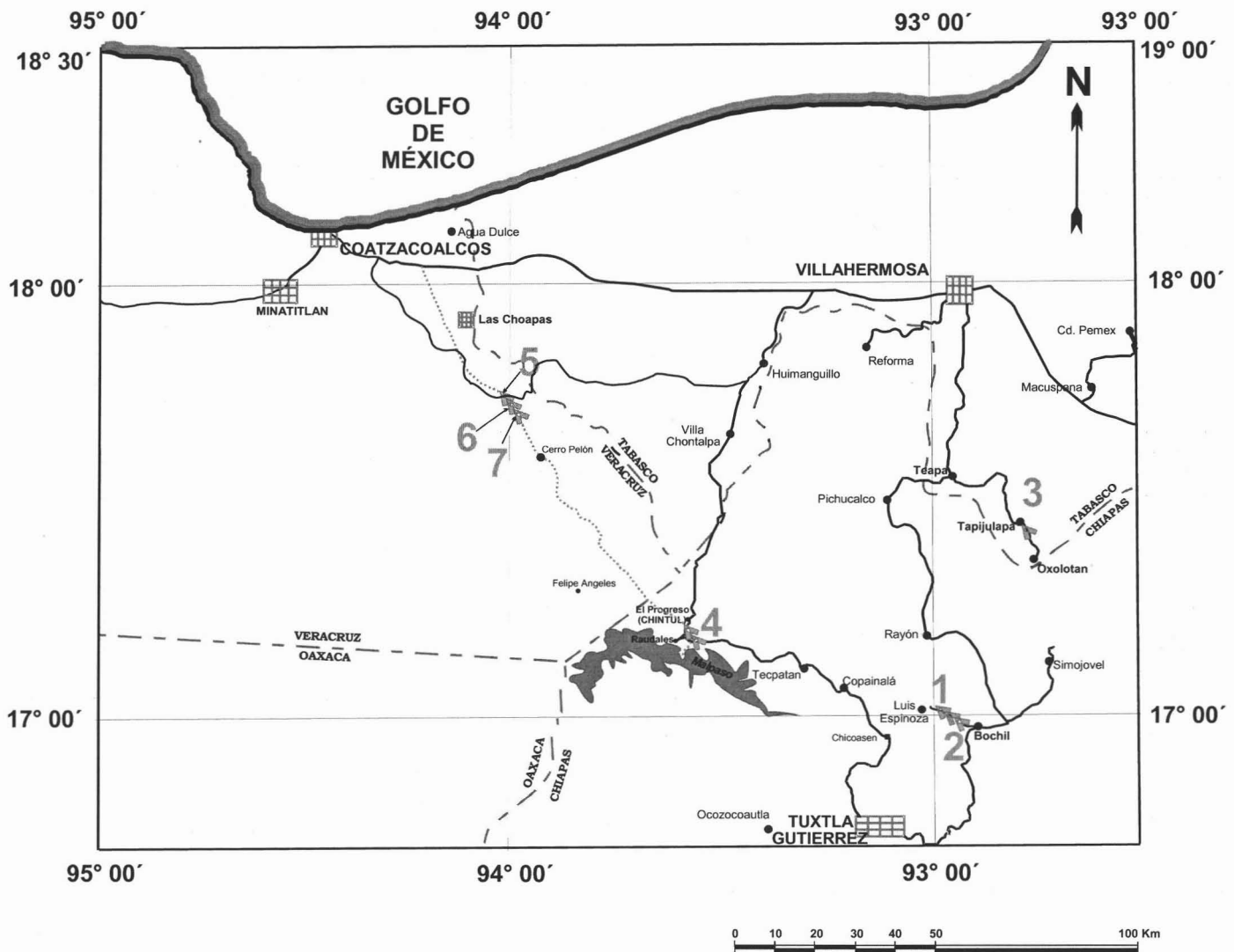
El material utilizado para el presente estudio proviene de siete secciones superficiales que se ubican geográficamente en el Sureste de México. Particularmente las secciones Bochil, San Pedro y Chintul, se localizan al NW del Estado de Chiapas; la Sección Tapijulapa se ubica al S del Estado de Tabasco, y las secciones Atardecer, Navidad y Rosario se encuentran en la parte SE del Estado de Veracruz (Fig.I.1).

Las secciones estratigráficas Bochil y San Pedro, se localizan a 9 Km y 4 km respectivamente al NW del poblado Bochil, en la parte central del estado de Chiapas. Estas secciones afloran sobre el trazo del camino de terracería que va del poblado Bochil hacia el poblado Luis Espinoza. La vía de comunicación es por la carretera que va de Tuxtla Gutiérrez a Villahermosa, al llegar al poblado Bochil se toma la desviación hacia el poblado Luis Espinoza, y a los 4 km y 9 km de recorrido sobre esta carretera se ubican las secciones estudiadas.

La Sección Chintul se localiza en la parte norte de la presa Mal Paso sobre el trazo de la autopista Coatzacoalcos-Tuxtla Gutiérrez; la vía de comunicación es por la carretera que va de Coatzacoalcos a Villahermosa, y a la altura del poblado Huimanguillo se toma la desviación que va hacia Raudales (hacia el Sur), aproximadamente 15 Km antes de llegar a Raudales, corta el trazo de la autopista, y a los 1.5 Km del entronque de la autopista con la carretera Huimanguillo-Raudales se localiza la sección.

La Sección Tapijulapa, se localiza en las afueras del poblado Tapijulapa en el Estado de Chiapas, sobre la carretera que va hacia Oxolotán. Para llegar a esta sección, partiendo de Villahermosa por la carretera hacia el poblado Teapa, se toma la desviación hacia el poblado Oxolotán; una vez cruzado el poblado Tapijulapa y pasando el primer puente, se ubica la sección a mano izquierda.

Las secciones Rosario, Navidad y Atardecer, se sitúan en la parte SE del Estado de Veracruz, aflorando sobre el trazo de la autopista Coatzacoalcos-Tuxtla Gutiérrez aproximadamente a 30 Km al SE del poblado Las Choapas. La vía de acceso a estas secciones es por la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa hasta llegar al entronque con el trazo de la autopista Coatzacoalcos-Tuxtla Gutiérrez. Sobre esta autopista al km 50 se ubica la Sección Rosario, al km 51 la Sección Navidad y al km 53 la Sección Atardecer.



SECCIONES

- 1 BOCHIL
- 2 SAN PEDRO
- 3 TAPIJULAPA
- 4 CHINTUL
- 5 ROSARIO
- 6 NAVIDAD
- 7 ATARDECER

SIMBOLOGÍA

- Sección
- - - Límite estatal
- Carretera
- ⋯ Autopista
- ⋯⋯ Terracería
- ▣ Ciudad
- Poblado

Fig.I.1. Plano de localización de las secciones estratigráficas estudiadas.

I.3. Antecedentes

Debido a que los foraminíferos planctónicos son abundantes y se distribuyen ampliamente en los sedimentos de facies marinas, desde el Paleozoico Tardío, Mesozoico hasta el Cenozoico, proporcionan uno de los registros fósiles más completos. Esto origina que sean uno de los grupos fósiles más estudiados, Hans Bolli a partir de los años 50's los estudia por su valiosa herramienta estratigráfica (Pérez *et al.*, 1995).

Durante las últimas décadas se ha demostrado el valor estratigráfico de los foraminíferos planctónicos en diversos trabajos realizados por investigadores en varios países, por lo que se consideran como un grupo ideal para definir límites cronoestratigráficos de aplicación mundial.

Asimismo, el desarrollo de la exploración petrolera ha conducido a investigaciones cada vez más detalladas de los alcances estratigráficos de los foraminíferos planctónicos, dando como resultado el desarrollo de esquemas zonales basados sobre todo en la distribución de las especies y subespecies de estos fósiles.

Por ser estos fósiles marinos los más importantes desde el punto de vista biocronoestratigráfico, el personal del IMP y de PEMEX han realizado diferentes investigaciones micropaleontológicas a través del estudio de las asociaciones de foraminíferos planctónicos en secuencias marinas Terciarias y Mesozoicas en el Sureste de México.

La información que ha arrojado los resultados de estos trabajos ha servido para conocer y entender aspectos estratigráficos regionales y locales, de los cuales se mencionan algunos que han servido como antecedentes para este trabajo.

Uno de los primeros análisis sistemático de los foraminíferos con fines de aplicación económica en la exploración petrolera, se inicia con el estudio de los foraminíferos del Paleoceno en México por Cushman, 1925.

Por lo cual, las primeras etapas de aplicación de los foraminíferos del Terciario de México estuvieron a cargo de profesionales extranjeros. Sin embargo, en 1935 se funda el laboratorio de Paleontología en el Instituto de Geología de la UNAM, en el cual los paleontólogos mexicanos iniciaron el estudio y conocimiento micropaleontológico de los foraminíferos de México (Salmerón, 2001).

Siendo una de las primeras publicaciones relacionada con los foraminíferos la realizada por el Dr. Agustín Ayala en 1956 titulada: *Consideraciones sobre Micropaleontología de Foraminíferos*, en este trabajo se incluye un glosario de términos morfológicos de la testa, así como el establecimiento de las bases taxonómicas para iniciar dentro del campo de la determinación de los foraminíferos.

Salmerón (1971) realiza un estudio bioestratigráfico al NW de Chiapas basado en el análisis sistemático de los foraminíferos planctónicos del Cenozoico. En este estudio define 16 biozonas del Paleoceno Inferior hasta el Mioceno Medio y una discordancia situada entre el Oligoceno Medio y el Mioceno Inferior.

Rosales *et al.*, en 1991 realizan un estudio paleontológico de los foraminíferos planctónicos y del nanoplancton calcáreo en muestras de dos secciones en el área de San Gabriel Esquinca, en la Sierra de Chiapas. Establecen el posible límite Cretácico-Terciario, por la desaparición de los globotruncánidos y macroforaminíferos cretácicos, y por la aparición de pequeños globigerínidos y nanoplancton del Terciario, lo cual reafirma el supuesto límite.

Sánchez-Ríos *et al.*, en 1993 realizan un estudio con base a nanoplancton calcáreo, los foraminíferos planctónicos y los foraminíferos bentónicos para las Secciones Láminas Uno y Nicapa, ubicadas al NW de la Sierra de Chiapas. En la Sección Láminas Uno proponen tres niveles batimétricos con base a los foraminíferos bentónicos: Nerítico externo, Batial superior y Batial inferior, mientras que para la Sección Nicapa, asignan dos niveles: Nerítico medio-externo y Batial superior.

González-Lara (1994a), desarrolla una investigación biocronoestratigráfica con foraminíferos planctónicos y bentónicos de seis localidades del Sureste de México: Achotal-Río La Soledad, Caobal-Puente Naranja, El Cautivo-Zanja Prieta y Medias Aguas- Campo Nuevo, del Sur de Veracruz; y Nicapa y Ostuacán del NW de Chiapas; y determina una columna neógena compuesta del Mioceno Inferior al Plioceno Inferior. Define 15 biozonas de foraminíferos planctónicos, entre el Mioceno Inferior y el Plioceno Inferior. Las edades propuestas en este estudio con base en los foraminíferos planctónicos son:

Mioceno Inferior por la presencia de: *Catapsydrax stainforthi*, *Praeorbulina transitoria*, *Globorotala cf. continuosa*, *Globigerinoides bisphericus*, *Praeorbulina sicana* y *Praeorbulina glomerosa curva*. **Mioceno Medio**, definido por: *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, *Globorotalia fohsi praefohsi* y *Globorotalia fohsi lobata*. El **Mioceno Superior** no define una biozonificación, pero determina la edad por la primera ocurrencia de *Globigerinoides obliquus extremus*. En el **Plioceno Inferior** define seis biozonas: *Globorotalia margaritae*, *Neogloboquadrina dutertrei* s.l., *Globorotalia multicamerata*, *Globorotalia pseudopima*, *Globorotalia merotumida* y *Globorotalia tumida plesiotumida*.

Además este mismo autor efectúa una calibración biocronoestratigráfica de foraminíferos bentónicos con planctónicos, destacando la importancia de las especies bentónicas no sólo como indicadores paleobatimétricos, sino también como una importante herramienta cronoestratigráfica.

Posteriormente, (González-Lara, 2001) realiza un estudio bioestratigráfico, sedimentológico y paleoecológico de los sedimentos carbonatados y siliciclásticos del Paleoceno de la Cuenca de Chiapas, donde define una zonación basada en los foraminíferos planctónicos. Con esta biozonación delimita 8 biohorizontes: 4 para el Daniano, 2 para el Selandiano y 2 para el Thanetiano.

En este estudio, observa dos regresiones muy importantes en Chiapas: una en el límite Daniano/Selandiano (límite marcado entre las zonas de *Acarinina uncinata* y *Morozovella angulata*) y la otra en la cima del Thanetiano (límite entre las zonas de *Luterbacheria pseudomenardii* y *Morozovella velascoensis*). También detecta dos episodios transgresivos mayores: uno en el Selandiano (dentro de la zona de *Igorina albeari*) y otro en el Thanetiano (en la zona de *Luterbacheria pseudomenardii*).

II. GEOLOGÍA GENERAL

II.1. Marco Tectónico Regional

La región que involucra el actual estudio está ubicada al Sureste de México; se localiza cerca de una zona de convergencia entre las placas Norteamericana, Caribe y Cocos (Fig.II.1). Esta tectónica ha moldeado la geología de la región, plegando las rocas existentes en sierras con dirección preferencial NW-SE, siendo más evidente en la parte sur de la zona de Chiapas y disminuyendo gradualmente hacia el norte hasta llegar a la Planicie Costera del Golfo de México y desapareciendo por completo.

Desde el punto de vista geomorfológico, el SE de México se encuentra limitado al norte y al sur por los Golfos de México y Tehuantepec respectivamente (Fig.II.2), mientras que al oeste se localiza la Sierra de Juárez y hacia el este la Sierra de Chiapas. Además la zona presenta en sus extremos dos planicies: al norte una de ellas aproximadamente de 100 km de ancho la cual se une al Golfo de México, y al sur, la planicie costera de Tehuantepec con apenas 30 km, la cual se une con la planicie del Pacífico (Ramírez, 2000).

Los rasgos geomorfológicos (A-A', B-B', C-C', D-D') del Sureste de México, son el resultado de la tectónica de la región (Fig.II.2). En ellas se puede apreciar las zonas con mayor relieve, como son las Sierras de Chiapas y la de Juárez en Oaxaca (sección D-D'), así como las planicies costeras del Golfo de México y de Tehuantepec (con nulo relieve).

Las secciones estratigráficas estudiadas en este trabajo: **Atardecer, Navidad y Rosario**, se localizan en la parte norte de la sección B-B', geomorfológicamente se encuentran en la Planicie Costera del Golfo. En tanto que las secciones **Bochil, San Pedro, Tapijulapa y Chintul**, se ubican en el frente norte de la Sierra de Chiapas, lo cual se muestra en la sección C-C'.

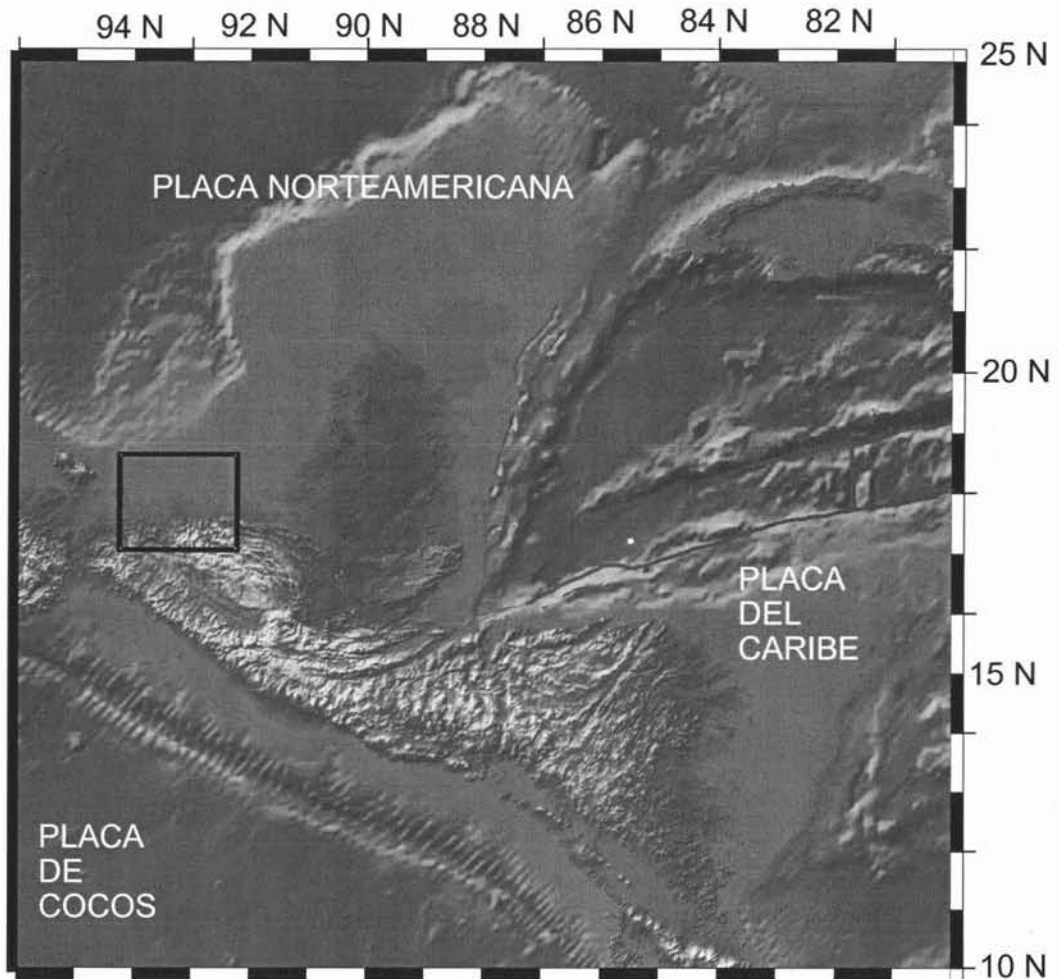


Fig.II.1. Tectónica regional del SE de México (el recuadro indica el área de estudio).

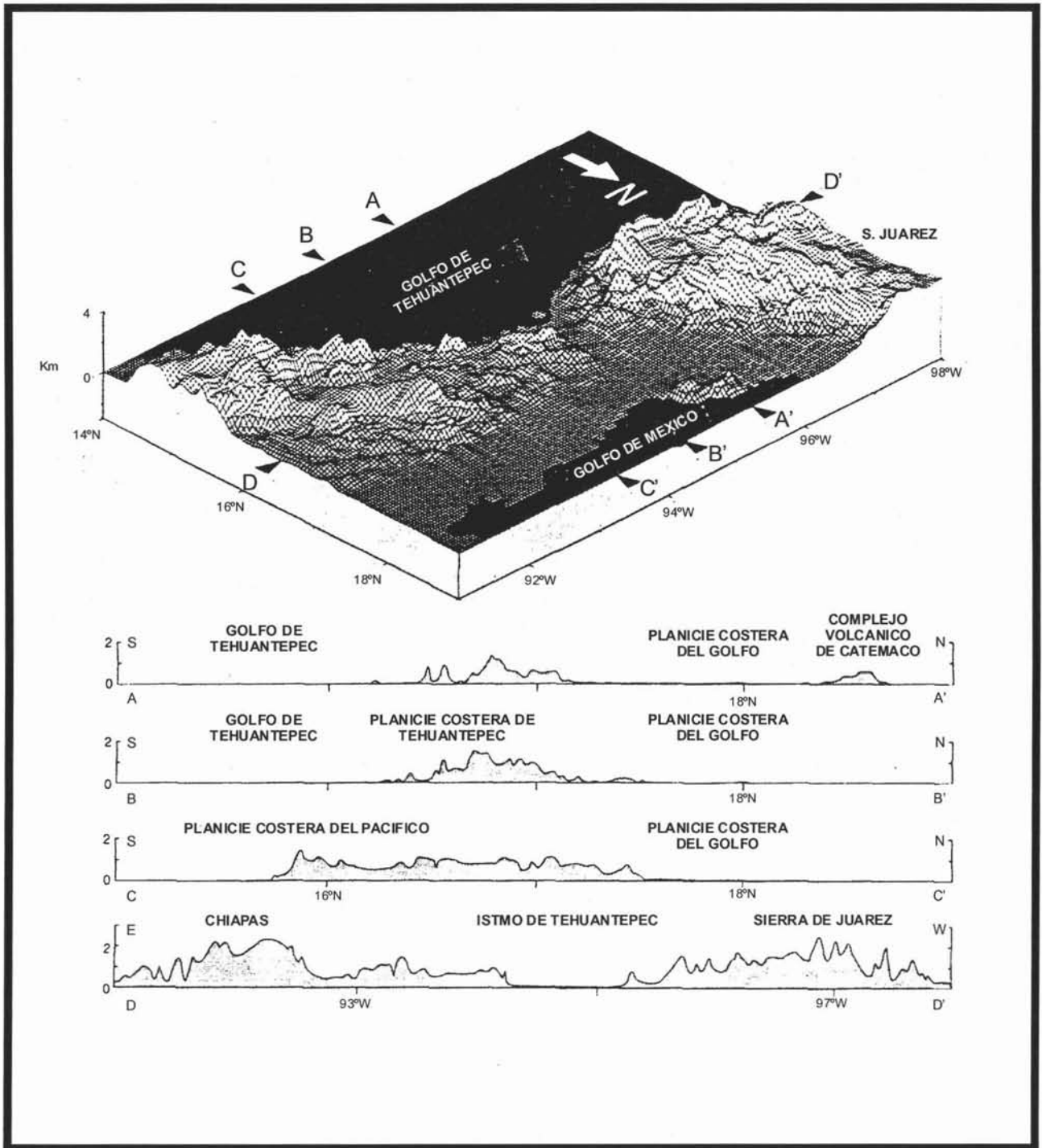


Fig.II.2. Principales rasgos geomorfológicos del SE de México (tomado de Barrier *et al.*, 1998)

II.2. Cuencas Terciarias

Dentro de las principales cuencas sedimentarias de interés petrolero en México, se encuentran las Cuencas Terciarias (Fig.II.3), las cuales son unidades tectónico-sedimentarias que incluyen el actual Golfo de México y una franja continental de aproximadamente 200 Km de amplitud y paralela a la costa. Estas cuencas se han dividido en dos partes: la primera corresponde a la plataforma noroccidental en la que se incluye la Cuenca de Burgos, y la segunda corresponde a las cuencas: Tampico-Misantla, Veracruz, las Cuencas del Sureste y la Plataforma de Yucatán.

Durante el Cretácico, la Cuenca del Golfo presentó un predominio de depósitos carbonatados, mientras que en el Terciario, este depósito continuó en la Plataforma de Yucatán y en menor proporción existió una sedimentación mixta de carbonatos-terrágenos en el área conocida como "Sierra de Chiapas", localizada al Sur de las Cuencas Terciarias del Sureste (Cabrera y Lugo, 1984). A partir de esto se origina la distribución actual y edades de las rocas del sureste de México (Fig. II.4).

Considerando que las secciones estudiadas geológicamente se localizan en las Cuencas Terciarias, específicamente dentro de la Sierra de Chiapas y las Cuencas del Sureste de México, a continuación se presenta una síntesis geológica de cada una de ellas:

II.2.1. SIERRA DE CHIAPAS

En la Sierra de Chiapas (Fig. II.3) se localizan 4 de las secciones estudiadas en este trabajo: Bochil, San Pedro, Tapijulapa y Chintul.

Esta provincia geológica se localiza geográficamente en la porción sureste de la República Mexicana, comprende casi todo el estado de Chiapas y una parte de los estados de Oaxaca, Veracruz y Tabasco. Limita al norte, con la Planicie Costera del Golfo de México; al occidente, con el Istmo de Tehuantepec; al oriente, con la República de Guatemala y hacia el sur, con el Océano Pacífico (Meneses, 1991).

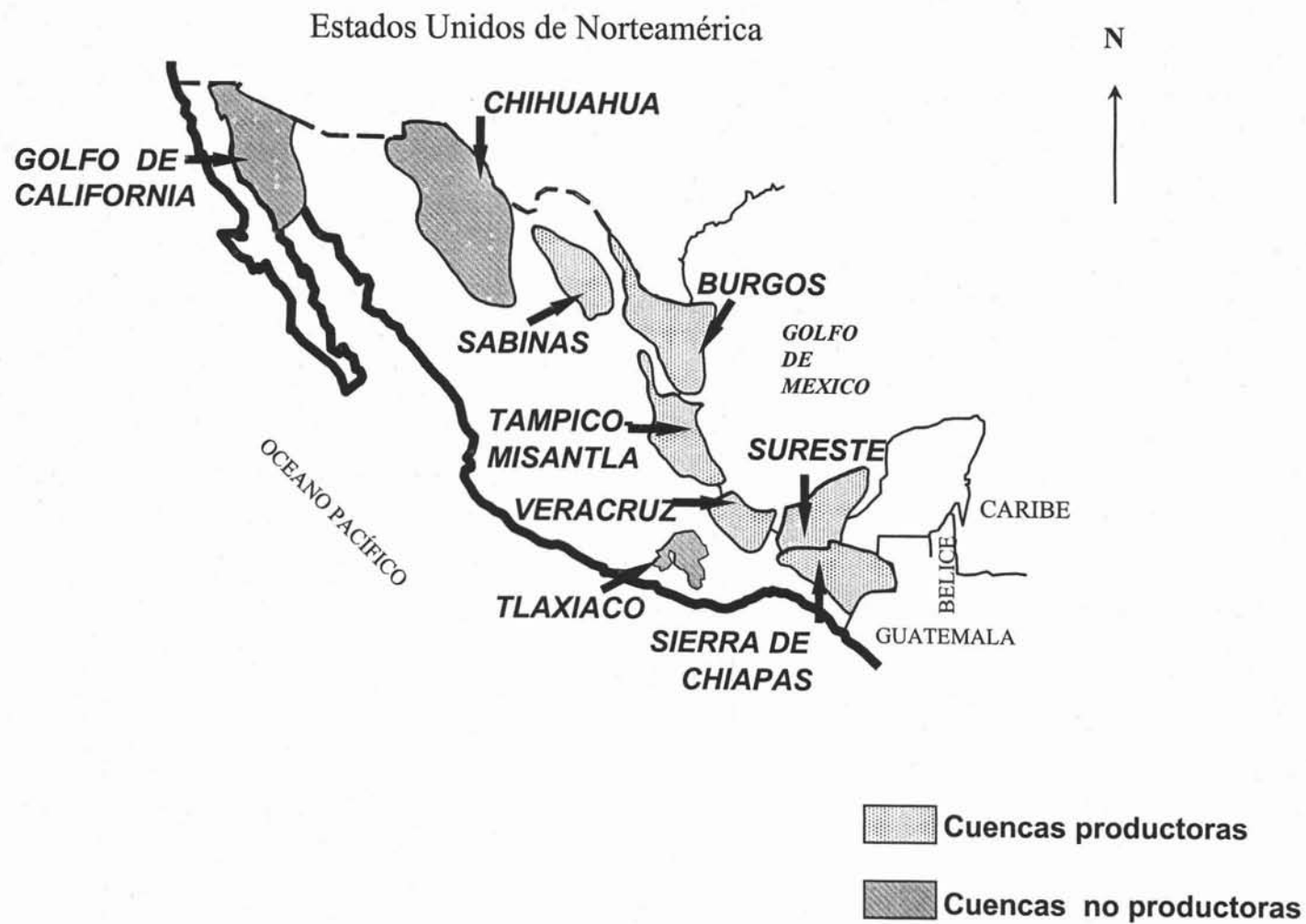


FIG. II.3 Principales cuencas sedimentarias de interés petrolero en México (tomado de González-Lara, 2001)

La Sierra de Chiapas se encuentra entre la Cuencas Terciarias del Sureste y el Macizo de Chiapas. Es un elemento de transición, en donde las rocas cenozoicas marinas incluyen principalmente sedimento terrígeno y carbonatos en segundo término, depositados en el intervalo Paleoceno-Plioceno (Cabrera y Lugo, 1984).

El basamento que subyace a esta secuencia de rocas es Pre-mesozoico; posterior a ello se tiene localmente la presencia de rocas para el Paleozoico, y el depósito de las del Mesozoico y Cenozoico. Considerando el objetivo del trabajo, se restringió al Terciario el detalle de la estratigrafía que es la que a continuación de menciona.

Durante este tiempo, la variación de las condiciones de depósito aumenta como resultado de una gran regresión marina hacia el norte, acompañado del mismo evento tectónico que inicia en el Cretácico Superior. Observando los planos paleogeográficos del Terciario Inferior, el Paleoceno es transgresivo sobre el Cretácico.

Con una topografía recién generada, los sedimentos de la Formación Lacandón y los carbonatos de la plataforma son depositados en la parte oriental de la Sierra de Chiapas, así también, en la parte occidental de este depósito son acumulados los carbonatos de la Formación Tenejapa y las lutitas de la Formación Soyaló, volviéndose más finas hacia el oeste y norte donde tiene lugar la Formación de las lutitas de la Formación Nanchital (Meneses, 1991).

Al término del Eoceno, los pilares tectónicos se erosionan originando los depósitos de la Formación el Bosque en la parte oriental del Batolito de Chiapas, esta Formación se intercala con terrígenos y carbonatos de la Formación Lomut. El conglomerado Uzpanapa se deposita también en la porción noroccidental del área, en este tiempo. Durante el Oligoceno en la región oriental de la Sierra de Chiapas, no se produce sedimentación, se cree debido a la influencia de fosas y pilares, originada durante el Cretácico Superior. Por otra parte, en el frente nororiental del Batolito de Chiapas se depositaron las calizas de la Formación Mampuyil.

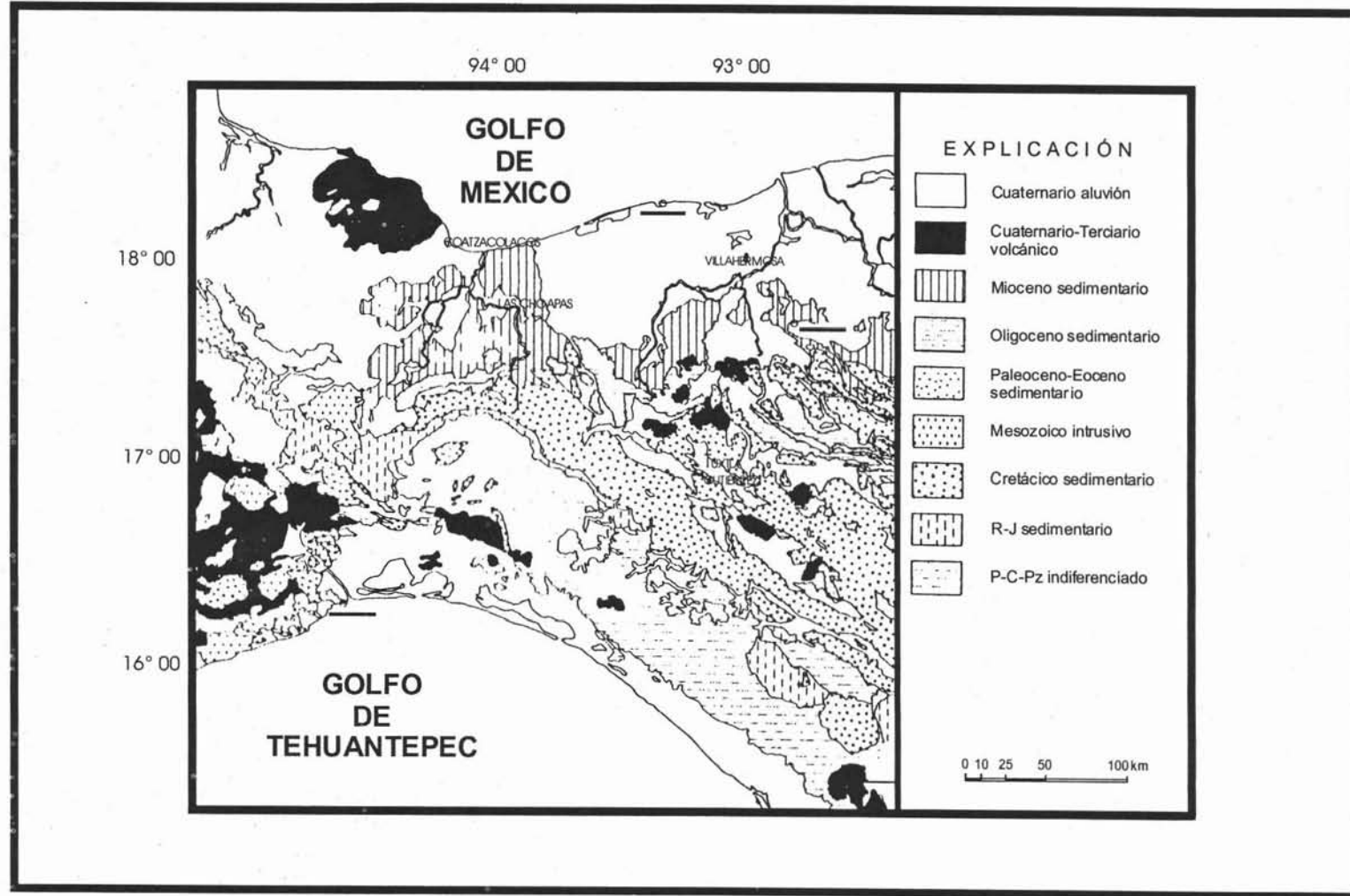


Fig.II.4. Mapa geológico del SE de México (tomado de Velasquillo, L., 1994)

Ya para el Mioceno se tiene el depósito de los sedimentos de la Formación Tulijá, llevado a cabo en la porción central de la Sierra de Chiapas, con sus correspondientes facies lagunar y litoral, intercalándose en la parte norte con la facie arrecifal de la Formación de la caliza Macuspana. En la porción norte, son depositados los carbonatos del Grupo Modelo y los terrígenos del Grupo Río Hondo; y en la parte inferior la Formación Ixtapa. Las formaciones Encanto, Concepción Inferior y Concepción Superior son depositadas en la porción noroccidental del área (Meneses, 1991).

Durante el cuaternario, se generan depósitos aluviales, suelos residuales, gravas y arenas mal consolidadas. bajo la influencia de los agentes erosivos

II.2.2. CUENCAS DEL SURESTE

Se localizan al sureste de la República Mexicana, abarcando el sureste del Estado de Veracruz y casi todo el Estado de Tabasco (Fig. II.3); comprenden a las Cuencas: Salina del Istmo, la Subcuenca de Comalcalco y la Cuenca de Macuspana (Fig. II.5). Limitan al norte con el talud continental del Golfo de México, al sur con el frente norte de la Sierra de Chiapas, al oeste con la Cuenca de Veracruz y al este con la Plataforma de Yucatán (Santiago *et al.*, 1984).

De estas cuencas, la Cuenca Salina del Istmo involucra las secciones estratigráficas: Rosario, Navidad y Atardecer revisadas en el presente trabajo.

La Cuenca Salina del Istmo se ubica en la parte norte de la región más estrecha del Istmo de Tehuantepec, entre los ríos Coatzacoalcos y Tonalá (Fig. II.5). La base de la formación salina no se encuentra expuesta y la cubierta se manifiesta en las estructuras Salinas del Istmo entre las que se encuentran caliza dolomítica, anhidrita y yeso (Meneses, 1991).

Durante el Jurásico Superior y la mayor parte del Cretácico, las condiciones fueron tales que los depósitos principales fueron grandes espesores de caliza. Un cambio completo en el tipo de sedimentación tuvo lugar hacia el final del Cretácico, depositándose grandes espesores de lutita durante el Cretácico Superior y principios del Terciario. Además de la diferencia de facies hay una importante discordancia entre la sección de caliza y la gruesa serie de lutita que yace sobre ella. Además, existen conglomerados no estratificados que yacen sobre las lutitas, indicando otro cambio notable en las condiciones de sedimentación. Es obvio que antes de que se depositaran los conglomerados, las sierras de las cuales derivaban estos cantos deben haber sido elevadas y sujetas a una fuerte erosión.

El final del Oligoceno marca un período importante de deformación, dando lugar a las unidades clásticas de mayor espesor en el Istmo. Las condiciones de sedimentación fueron notablemente constantes en esa época, conformándose los estratos, principalmente de lutita y capas delgadas de arenisca fina, en la parte oriental se encuentran facies de agua somera que dieron lugar a arenisca no estratificada. En resumen se puede observar que para la zona dentro de la región de estudio solo se encuentran rocas sedimentarias.

La parte norte de la Cuenca Salina del Istmo se encuentra conformada por rocas sedimentarias (arenisca y lutita principalmente), las cuales reportan edades que van del Mioceno al Plioceno de acuerdo a la cartografía (Vázquez y Villaseñor, 1990) y a estudios de datación aplicando la técnica del nanoplancton calcáreo (Sánchez-Ríos, 1997).

II.3. ESTRATIGRAFÍA DE LA REGIÓN

En el área de estudio se encuentran rocas cuyas edades varían del Precámbrico al Reciente; predominando las del Mesozoico en la porción sur y las del Cenozoico en la porción norte.

Todas estas rocas conforman una serie de sierras con orientación NW-SE y E-W, en cuyos antecedentes estratigráficos podemos mencionar entre otros, el trabajo realizado por Quezada-Muñetón en 1987, el cual es uno de los principales pioneros en el estudio de la columna estratigráfica del Terciario de Chiapas. Este autor propone una columna estratigráfica para la Sierra de Chiapas (Fig.II.5) dentro de la cual delimita varias unidades litoestratigráficas, tomando importancia aquellas formaciones del Paleoceno al Mioceno, en las cuales se localizan las secciones estratigráficas aquí estudiadas.

A continuación se describen cada una de las unidades litoestratigráficas representativas de la columna del Terciario para el área de estudio:

FORMACIÓN LACANDON

La Formación Lacandón la define Quezada-Muñetón en 1987, como una secuencia de packstone de intraclastos, bioclastos y miliólidos pequeños, parcialmente afectados por dolomitización y recristalización. Con base al contenido microfaunístico de bentónicos y a la presencia de *Globorotalia* cf. *aequa*, este autor le asigna edad Paleoceno al Eoceno Inferior.

Esta formación se encuentra distribuida en forma regional en la porción central y oriental de la Sierra de Chiapas; se le reconoce en el núcleo y flancos de las numerosas estructuras anticlinales que caracterizan a esta provincia.

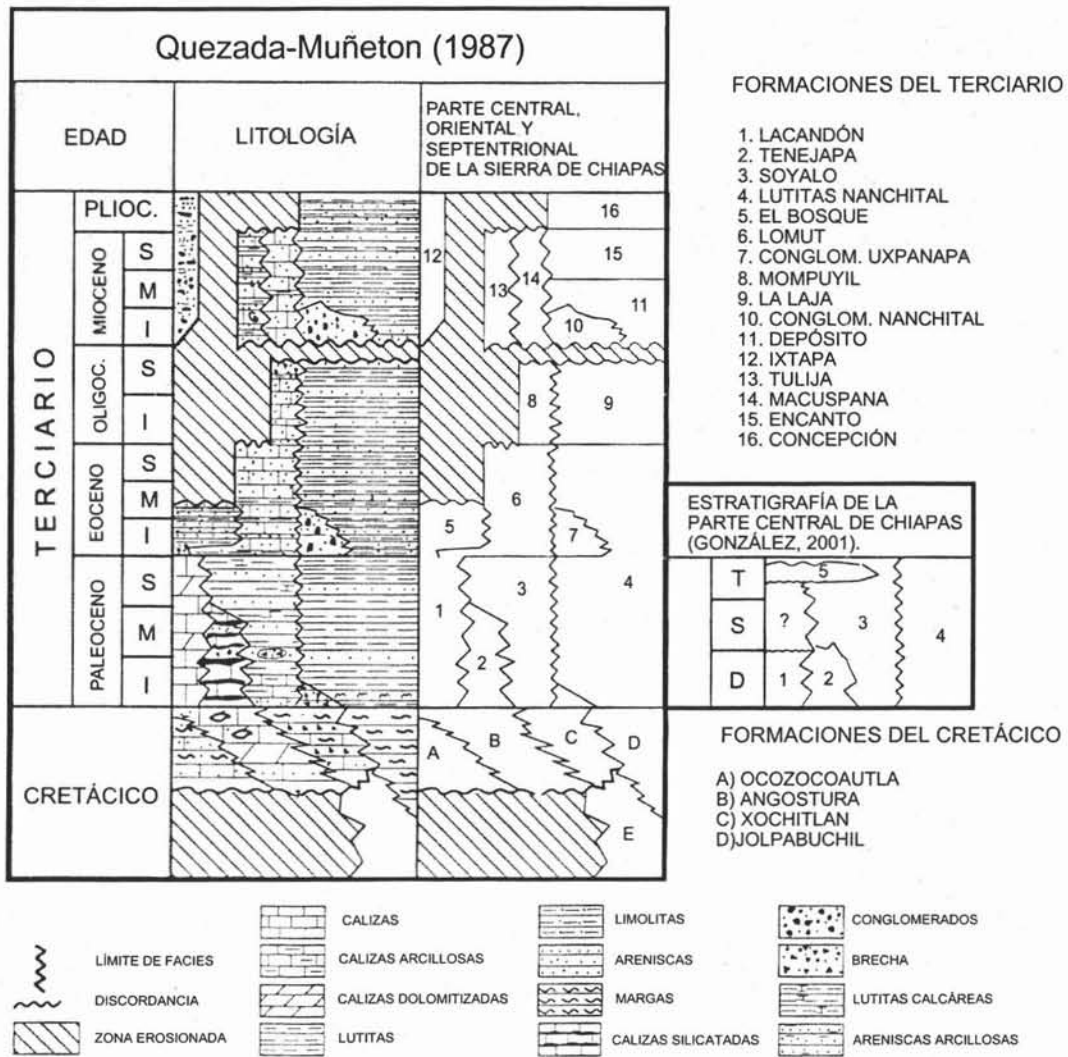


Fig.II.5. Columna Estratigráfica del SE de México (tomada de Gonzalez-Lara, 2001)

Se correlaciona únicamente con sedimentos de similar litología expuestos en la porción y oriental de la Sierra de Chiapas y áreas limítrofes de Guatemala.

Por sus características litológicas y su contenido faunístico, se interpreta que el depósito de esta formación evolucionó en una plataforma, basculada hacia el occidente, en cuyo frente se desarrollaron ambientes de plataforma externa en facies carbonatadas con nódulos de pedernal correspondientes a la Formación Tenejapa (Quezada-Muñetón, 1987) y de mar abierto de carácter principalmente arcillo-arenoso, descritas con el nombre de Formación Soyaló.

Como se menciona anteriormente, Quezada-Muñetón (1987), le asigna a la Formación Lacandon una edad del Paleoceno al Eoceno Inferior, con un ambiente de plataforma. Sin embargo, en estudios realizados por González-Lara (2001) en la parte central de Chiapas, con base al estudio de foraminíferos planctónicos establece la zona de *Acarinina uncinata*, por lo cual este autor propone una edad del Daniano Superior, y una sedimentología de plataforma interna calcárea (Fig.II.5).

FORMACIÓN TENEJAPA

Quezada-Muñetón (1987) define esta formación como una secuencia de packstone de pequeños bioclastos y organismos planctónicos con intraclastos de color café claro a crema, con bandas y nódulos de pedernal, e intercalaciones de brechas calcáreas y packstone rudáceos, expuestos a 3 Km al NE de Tenejapa, Chiapas (Localidad Tipo), se localiza a su vez, a 20 km al noreste de la Ciudad de San Cristóbal de las Casas, de una edad del Paleoceno Inferior al Paleoceno Medio (Fig.II.5).

Se distribuye principalmente al NE de San Cristobal de las Casas, Chiapas, bordeando la porción occidental de las facies de Plataforma de la Formación Lacandón.

Por las características litológicas, la estratificación boudinada, la presencia de nódulos de pedernal y el contenido de microfauna planctónica mezclada con formas de bentónicas, se interpreta que el depósito ocurrió en facies de plataforma externa, en la que fueron comunes las intercalaciones de flujos turbidíticos proximales y distales, derivados de la zona de plataforma somera al oriente, donde evolucionaron simultáneamente los depósitos de la Formación Lacandón.

A la Formación Tenejapa (Fig.II.5) se le atribuyó una edad del Paleoceno Inferior-Medio (Quezada-Muñeton, 1987). Sin embargo, en el trabajo realizado por González-Lara (2001), se establece la zona de *Acarinina uncinata*, datada estos sedimentos correspondientes al Daniano, y como hemipelágicos de plataforma externa y del talud externo.

FORMACIÓN SOYALÓ

La Formación Soyaló (Fig.II.5) se caracteriza por una alternancia de lutita y arenisca con espesores de hasta 900 m expuesta en los alrededores del poblado de Soyaló, Chiapas; la lutita es gris verdoso, y café claro alternando con arenisca delgada color café claro (de grano fino), intercaladas con capas de caliza fosilífera de 20 a 30 cm de espesor. Estos sedimentos son de amplia distribución en la parte central, media norte y occidental de la Sierra de Chiapas.

Quezada-Muñeton (1987) propone una edad para estos sedimentos de Paleoceno con base a la presencia de microfauna planctónica, y propone un ambiente de depósito correspondiente a facies de talud que pasan transicionalmente a facies de plataforma externa y mar abierto, relacionadas con la mecánica de "flysh".

Sin embargo, en el trabajo de González-Lara (2001), se propone para los sedimentos de esta formación una edad de Daniano, Selandiano y Thanetiano con base al estudio de foraminíferos planctónicos.

Este autor determina las primeras biozonas del Daniano: *Parvularugoglobigerina eugubina* y *Parasubbotina pseudobulloides*, las cuales aportan evidencia de los depósitos de cuenca en esta formación; la cima caracterizada por la zona de *Acarinina trinidadensis* correspondiente a sedimentos de cuenca representados por margas y los remanentes gravitatorios de las influencias fluviales y de la plataforma carbonatada.

En el Selandiense, González-Lara (2001) establece las biozonas de *Morozovella angulata* e *Igorina albeari*, las cuales corresponden a de sedimentos hemipelágicos y pelágicos por la influencia de aportes fluviales en la base y en la cima de esta formación. Por ultimo, determina el Thanetiano con la zona de *Luterbacheria pseudomenardii* correspondiente a depósitos de margas azulosas, remanentes gravitatorios y de slumps de la cima de la serie.

FORMACIÓN LUTITAS NANCHITAL

La Formación Lutitas Nanchital (Fig.II.5) fue primeramente citada en el sureste de México, por Gibson, B. J., (1936) para diferencia a una secuencia constituida por una alternancia de lutita y arenisca, de color gris oscuro (*in* Quezada-Muñeton, 1987). Esta formación tiene la particularidad de incluir en algunas áreas intercalaciones de cuerpos de conglomerados de fragmentos de calizas principalmente.

Se encuentra expuesta en el frente norte y noreste de la Sierra de Chiapas, por lo que se considera con distribución regional en gran parte al área adyacente a las cuencas Terciarias del Sureste. Presenta un espesor aproximado entre 300 a 550 metros.

El contacto inferior, se considera discordante dentro del área, mientras que el contacto superior se considera transicional y normal con la base de la Formación La Laja del Oligoceno.

Paleontológicamente se ha reconocido la existencia de los siguientes microfósiles: *Globorotalia elongata*, *G. pseudobulloides*, *G. compressa*, *G. velascoensis*, *G. pseudomenardii*, *G. aequa*, *G. angulata*, *G. spinoloinflata*, etc. Por la fauna reportada en esta unidad, se le considera un rango Paleoceno-Eoceno, y se correlaciona con las Formaciones Velasco, Chicontepec, El Bosque, areniscas Ixtacomitán y el conglomerado Uxpanapa.

La fauna encontrada, así como sus características litológicas y petrográficas, permiten considerar que este cuerpo se depositó en un mar abierto que estuvo recibiendo aporte detrítico de zonas levantadas al sur y en el que se pueden reconocer flujos masivos de sedimentos gruesos que se acuñaban.

FORMACIÓN EL BOSQUE

La Formación Areniscas Rojas El Bosque (Fig. II.5) fue citada por primera vez por López-Vega (1963) para hacer referencia a los depósitos de capas rojas, expuestos en la región de Simojovel, Chis (Área Bochil-San Cristóbal). Consiste predominantemente de limolita, arenisca y conglomerado rojizo de ambiente continental. Aflora en la porción central y media oriental de la Sierra de Chiapas.

Presenta un espesor aproximado de 400 a 900 metros, consistente, de la base a la cima por marga limosa de color gris verdoso, que pasa gradualmente a limolita rojiza y guinda, para dar paso a un paquete potente de arenisca de cuarzo de grano fino a grueso, de color café rojizo con cemento arcillo-ferruginoso y en ocasiones calcáreo, dispuestas en capas irregulares que alternan con lentes de gravilla de cuarzo y con conglomerado de las mismas características. Son comunes los restos de plantas, la estratificación cruzada y las rizaduras por corrientes.

Quezada-Muñetón (1987), le asigna una edad del Eoceno Inferior-Medio, con base a su posición estratigráfica con respecto a las formaciones Lacandón, Soyalo y Lomut debido a la ausencia de fauna diagnóstica.

Sin embargo, en el estudio realizado por González-Lara (2001), para los sedimentos de la Formación El Bosque propone que la edad puede ser más antigua debido a que se describió foraminíferos planctónicos de la zona de *Igorina laevigata*, del Thanetiano Superior.

En el trabajo de Quezada-Muñetón (1987), se considera que los sedimentos de esta Formación corresponden a un ambiente de depósito completamente continental, pero González-Lara (2001) determina episodios marinos de poca profundidad, así mismo, ambientes de mar abierto como es el caso de las arcillas con foraminíferos planctónicos que le permitieron fechar la Formación. Las principales características de estos sedimentos es que presentan influencia fluvial y continental.

FORMACIÓN LOMUT

Quezada-Muñetón (1987) define la Formación Lomut (Fig. II.5) como la secuencia sedimentaria del Eoceno con influencia marina. Esta formación está caracterizada por una gruesa sección litoral y de plataforma somera, que presentan marcados cambios de facies tanto laterales como verticales; en su localidad tipo, la formación está constituida por una alternancia de limolita arenosa en partes nodular y bentonítica con abundante materia orgánica; esta limolita gradúa a arenisca de grano medio a arenisca conglomerática. En esta formación son comunes las intercalaciones de grainstone fosilífero y dolomitizado que alternan a su vez con arenisca cuarzosa.

Aflora en la porción central y media oriental de la Sierra de Chiapas, en una franja irregular orientada SW a NE, que inicia al Sur de Tuxtla Gutiérrez y termina al Sur de Palenque.

Con base al contenido microfaunístico y a su posición estratigráfica, se determina una edad del Eoceno para esta formación.

El depósito de la Formación Lomut, es producto de facies que varían de lagunares a litorales y de plataforma somera, a veces alternantes, relacionadas con una etapa regresiva de los mares hacia el norte y occidente.

FORMACIÓN MOMPUYIL

La secuencia sedimentaria correspondiente a este nivel estratigráfico (Fig.II.5), fue originalmente definida con el nombre de Formación caliza Mompuyil, por Gutiérrez, (1949); citando como localidad tipo los afloramientos de calizas que forman la Sierra de Santa Lucía, localizada entre el Sinclinal Agua Blanca y el Anticlinal Mompuyil, de la porción NE de la Sierra de Chiapas (*in* Quezada-Muñeton, 1987).

Consiste en su parte inferior de caliza fosilífera color café claro, con intercalaciones hacia la cima de lutita gris verdoso, arenisca gris claro y conglomerado fosilífero; su parte media consta de una alternancia de lutita gris verdoso, arenisca gris claro en capas delgadas y caliza de color crema muy fosilíferas; la porción superior comprende una alternancia de arenisca y lutita, la primera de color café crema y la segunda gris claro.

El contacto inferior con la Formación Lomut se presenta normal y transicional, y el contacto superior hacia la porción norte se reporta concordante con la Formación Macuspana, y al sureste se encuentra discordante con la Formación Tulijá.

La Formación Mompuyil se encuentra distribuida desde la porción central hasta el frente NE de la Sierra de Chiapas; también desde los alrededores de Ixtapa, Bochil y Simojovel hasta el Sur de Palenque.

De acuerdo a los conjuntos faunísticos encontrados, su edad corresponde al Oligoceno. Se correlaciona con la secuencia arcillo-arenosa de facies de mar abierto de la Formación La Laja, expuesta al occidente, en el frente norte y NW de la Sierra de Chiapas y en el subsuelo de las Cuencas Terciarias del Sureste.

Por las características litológicas y su contenido faunístico, su depósito ocurrió en facies que variaron de plataforma somera a litoral, y culminando hacia el sur en facies lagunares (área de Simojovel, Chiapas)

FORMACIÓN LA LAJA

La Formación La Laja (Fig.II.5), esta constituida por capas de lutita gris, azulosa, verdosa y negruzca, generalmente dura, quebradiza y muy bien estratificada, alternando con capas de arena, arenisca no consolidada y arenisca dura calcárea. En ocasiones, contiene capas de toba intercalada con arenisca, así como lentes y bloques de caliza coralina.

Según Castillo (1955), La Laja Superior consta principalmente de capas de arenisca y toba donde predominan las capas de lutita tobácea. Mientras tanto, La Laja Inferior tiene un mayor contenido de arena.

Benavides (1956) describe para el área de Chalchijapan la secuencia de la Formación La Laja para referirse a capas de lutita gris, ligeramente arenosa, con estratificación delgada y escasas intercalaciones de arenisca de grano fino a grueso. Es él quien incluye y registra por vez primera dentro de la Formación La Laja la presencia de un cuerpo de conglomerado de espesor variable entre 500 y 600 m formado por cantos de caliza y de roca ígnea. En las capas de lutita arenosa se reporta la presencia de microfauna planctónica y bentónica del Oligoceno.

Con base en la asociación de foraminíferos bentónicos se le asigna una edad de Oligoceno Inferior y Medio, misma que confirman asociaciones de foraminíferos planctónicos con *Catapsydrax dissimilis*, *Globigerina ampliapertura* y *Globorotaloides* spp.

Sin embargo, trabajos más recientes identifican también la presencia del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior, con base en la presencia de *Heterostegina antillea*, *H. panamensis*, *Lepidocyclina* sp., *L. cf. canelli* y *Amphistegina* sp., así como de los foraminíferos planctónicos *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, *G.c.angulisuturalis* y *Globigerinoides primordius*.

Por lo tanto, se le asigna una edad del Oligoceno y se correlaciona con aquellos sedimentos que afloran en todo el frente de la Sierra de Chiapas, representadas por la caliza Mompuyil. Los sedimentos de esta formación fueron depositados en un ambiente de mar abierto.

Aflora en amplias zonas localizadas hacia el frente de la Sierra de Chiapas y en la parte norte del Istmo de Tehuantepec.

FORMACIÓN TULIJÁ

La Formación Tulijá (Fig.II.5) está constituida por una secuencia que varía de 400 a 700m de espesor, formada por estratos masivos de lutita de color gris verdoso, arenosa y calcárea, con abundantes macrofósiles e intercalaciones de cuerpos masivos de caliza; presentándose hacia la cima inclusiones arcillosas y de arena.

Se encuentra distribuida en la porción noreste y centro de la Sierra de Chiapas, desde el Sur de Palenque hasta cerca de Bochil. El contacto Inferior de esta formación es discordante sobre las formaciones Mompuyil, El Bosque y Lomut, mientras que el contacto superior está erosionado y cubierto por suelos residuales.

Se le asigna una edad del Mioceno Inferior. Se correlaciona por cambio de facies con la Formación Macuspana de ambiente de Plataforma y arrecifal, y también es isócrona con la lutita y arenisca de ambiente profundo de la Formación Depósito, así como con la parte inferior de la Formación Ixtapa.

Por las características litológicas y contenido faunístico, esta formación se depositó en facies litorales.

FORMACIÓN MACUSPANA

La Formación Macuspana (Fig.II.5) litológicamente consiste de caliza de color crema, blanco y gris claro, presenta estratificación masiva y delgada, corresponde a una caliza de facies arrecifales. Esta caliza predomina hacia el noreste de Palenque y en el occidente de la Plataforma de Yucatán.

Su contacto superior es desconocido y el inferior es probablemente concordante sobre la lutita Misopá. Sin embargo, estudios micropaleontológicos posteriores realizados por Chirinos (1972) la sitúan en el Mioceno Inferior.

FORMACIÓN ENCANTO

La Formación Encanto (Fig.II.5) fue descrita como una serie alternada de arena, arenisca de grano fino y lutita muy arenosa de color variable; la arena es generalmente de color gris amarillento o gris azulado. Ocasionalmente, se llegan a presentar conglomerados. En algunas regiones se presenta como estratos de arena gruesa o fina, cementados parcialmente, ligeramente arcillosas de color gris azulado o gris claro, con granos de cuarzo y ortoclasa. La arenisca, de color gris azulado, llega a encontrarse bien cementada, dándoles una mayor dureza, hallándose en espesores de 10 y 50 centímetros.

Esta arenisca alterna con capas de 5 a 30 centímetros de arcilla dura de fractura concoidal, de color gris oscuro a café, muy intemperizadas.

En otras ocasiones, la formación llega a presentar arcilla de color gris obscuro, masiva, con intercalaciones de arena fina o bien de grano medio, bien cementadas con arcillas. Presenta un espesor de aproximadamente 800 metros.

La edad de la Formación Encanto es Mioceno Medio-Plioceno Inferior con base en foraminíferos bentónicos y planctónicos tales como *Globorotalia fohsi lobata*, *G. f. peripheroacuta*, *Uvigerina peregrina*, *Hanzawaia concentrica*, *Orbulina universa*, *Globigerinoides trilobus immaturus*, *G. t. trilobus*, *Globoquadrina altispira altispira*, *Planulina ariminensis*, *Amphistegina lessoni*, *Brizalina marginata*, *Ceratobulimina contraria*, *Marginolinopsis goajiraensis* y *Archaias* sp.

Los sedimentos de esta formación descansan de manera normal sobre la Formación Depósito y suprayacen a los de la Formación Concepción Inferior.

III. SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS ESTUDIADAS

Es primordial mencionar que de las siete secciones que incluye este trabajo, solo la Sección **Bochil** ha sido previamente estudiada por otros autores (Grajales *et al.*, 2000; González-Lara, 2001), debido a su relación con el límite K/T que resulta de gran interés por tratarse de una crisis biótica de amplia magnitud mundial. Respecto a las secciones **San Pedro, Tapijulapa, Chintul, Rosario, Navidad y Atardecer** no hay referencias previas, dado que la mayor parte de los afloramientos son nuevos, sin embargo en el plano geológico (De la Cruz, 1990), están señaladas como sedimentos que fueron depositados durante el Terciario.

Con base a la información obtenida en el trabajo de campo y a la descripción litológica realizada con las muestras de mano en laboratorio, en el presente capítulo se realiza una descripción litológica de las siete secciones estudiadas, así como un análisis del ambiente de depósito. Aunque el estudio del ambiente de depósito de las secciones no está dentro de los objetivos de este trabajo, fue importante analizar de manera muy superficial las condiciones ambientales de estos sedimentos, el cual se realizó con base exclusivamente al porcentaje relativo de foraminíferos planctónicos y bentónicos observado directamente en las muestras estudiadas.

El porcentaje relativo de foraminíferos planctónicos y bentónicos permite obtener información referente a la columna de agua y el lugar de depósito de los sedimentos marinos que constituyen la roca. El análisis de la batimetría se basa en el hecho de que los foraminíferos planctónicos por vivir en la columna de agua, son abundantes en los ambientes de plataforma externa y talud (Fig.III.1), correspondientes a una batimetría de nerítico externo a batial (200-2000m), por lo cual se les puede asignar un valor batimétrico en estos niveles, y son escasos en ambientes de plataforma, en donde los foraminíferos bentónicos por vivir en la interfase agua-sedimento son característicos de este ambiente (Fig.III.1), correspondientes a una batimetría de nerítico interno a nerítico externo (0-200m), (Salmerón, 2001).

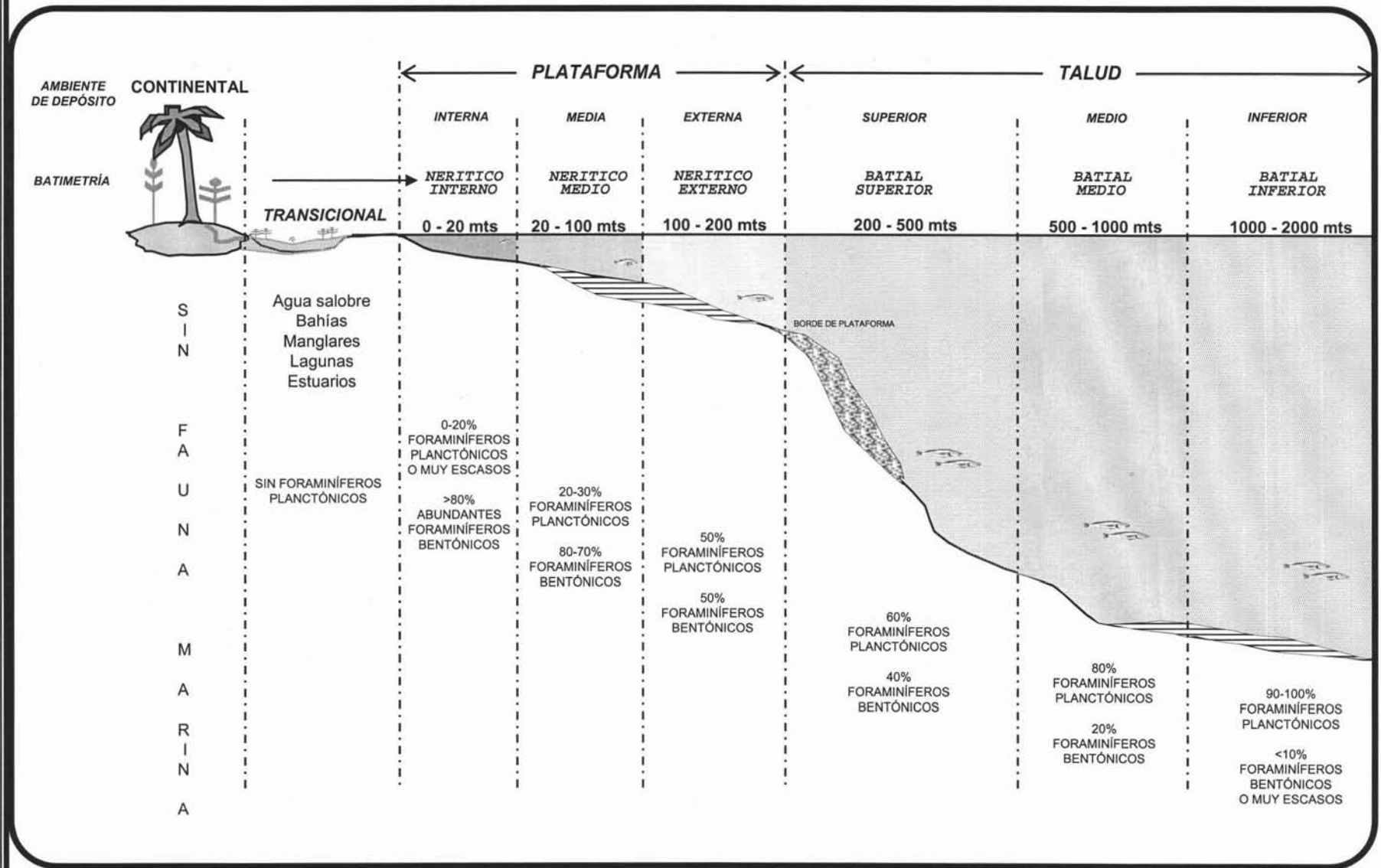
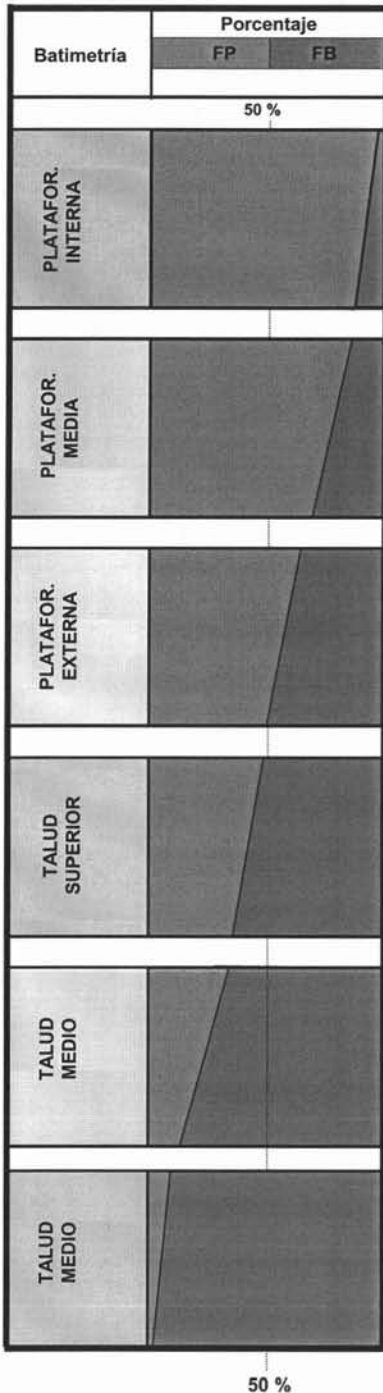


Fig.III.1. Esquema de un perfil batimétrico mostrando la proporción de foraminíferos planctónicos y bentónicos propuestas por Salmerón, 2001.



Por lo cual, graficando la proporción de foraminíferos planctónicos contra los foraminíferos bentónicos observados en las muestras analizadas (Fig.III.2), se observa que en ambientes de depósito de plataforma interna los foraminíferos planctónicos son escasos (<20%), en la plataforma media aumenta el porcentaje de foraminíferos planctónicos (20-30%), y los foraminíferos bentónicos disminuye un poco su abundancia (80-70%), en la plataforma externa se observa una relación de foraminíferos planctónicos casi en proporciones iguales con los bentónicos (50%/50%), mientras que en la plataforma externa y talud, dominan los foraminíferos planctónicos (>50%) sobre los bentónicos (Fig.III.1), (Salmerón, 2001).

Considerando esto, para cada una de las secciones estudiadas se presenta una gráfica del porcentaje relativo de foraminíferos planctónicos y bentónicos por muestra, y el análisis del posible ambiente de depósito.

Fig. III.2. Gráfica de porcentajes de foraminíferos planctónicos (FP) contra foraminíferos bentónicos (FB).

III.1. Sección Bochil.

Esta sección fue cartografiada como Cretácico Superior (De la Cruz, 1990) dentro de las formaciones Jolpabuchil y Méndez; posteriormente Montanari en 1994, propone una edad del Paleoceno Temprano con base a conchas de *Globigerina eugubina*, (in Sánchez y Salmerón,1996). En el estudio de González-Lara (2001), esta sección corresponde a rocas de la Formación Soyaló y determina una edad del Paleoceno Temprano correspondiente a la Base del Daniano con base al estudio de foraminíferos planctónicos. En esta sección se muestreó un espesor de aproximadamente 1.5 m, con un total de 7 muestras (Fig.III.3); como se mencionó anteriormente, en este afloramiento está representado el límite K/T (Fig.III.4). Se levantaron muestras de los sedimentos correspondientes a la parte superior del límite K/T constituido por una brecha calcárea, y la parte basal de Paleoceno representado por una margas de color beige.

En el análisis realizado a las muestras correspondientes a la margas, se observó una proporción menor del 10% de foraminíferos planctónicos, siendo abundantes los foraminíferos bentónicos, más del 90% (Fig.III.3), por lo cual, el depósito de estos sedimentos con base a esta relación corresponde a un ambiente de plataforma, contrario a lo propuesto para la Formación Soyaló, la cual se considera como un ambiente de talud.

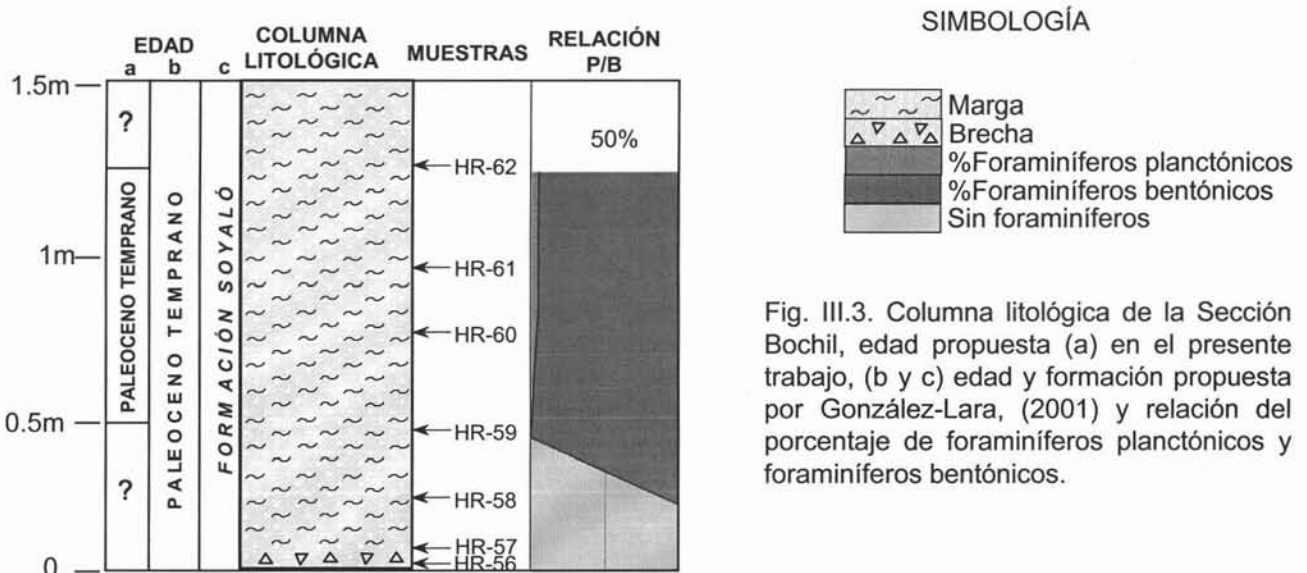
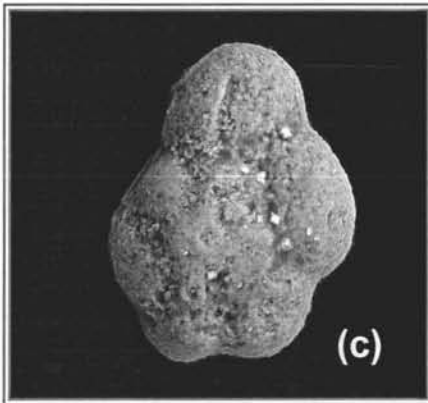


Fig. III.3. Columna litológica de la Sección Bochil, edad propuesta (a) en el presente trabajo, (b y c) edad y formación propuesta por González-Lara, (2001) y relación del porcentaje de foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.



Parvularugoglobigerina longiapertura



Fig. III.4. (a) Panorámica de la Sección Bochil, las flechas indican zonas de muestreo; (b) Detalle del límite K/T constituido en la base por una secuencia de brecha seguida por un conglomerado grano decreciente; (c) *P. longiapertura*, fósil índice utilizado para determinar la edad Paleoceno Temprano.

III.2. Sección San Pedro.

Los sedimentos de la Sección San Pedro están cartografiados como Paleoceno, dentro de la Formación Soyaló (De la Cruz, 1990).

Esta sección corresponde a una columna litológica de aproximadamente 20 m de espesor, de los cuales se obtuvo un total de 13 muestras; este afloramiento esta caracterizado por una alternancia de estratos delgados de limolita y arenisca de grano fino (Figs.III.5 y III.6), los cuales presentan una coloración beige en muestra de mano.

En esta sección se observan fluctuaciones en la proporción de foraminíferos planctónicos y bentónicos, presentándose en general un porcentaje del 50% de foraminíferos planctónicos (Fig. III.5), considerando esto, se puede inferir un ambiente de plataforma externa, próximo al ambiente de talud propuesto para la Formación Soyaló en la cual se incluyen los sedimentos de esta sección.

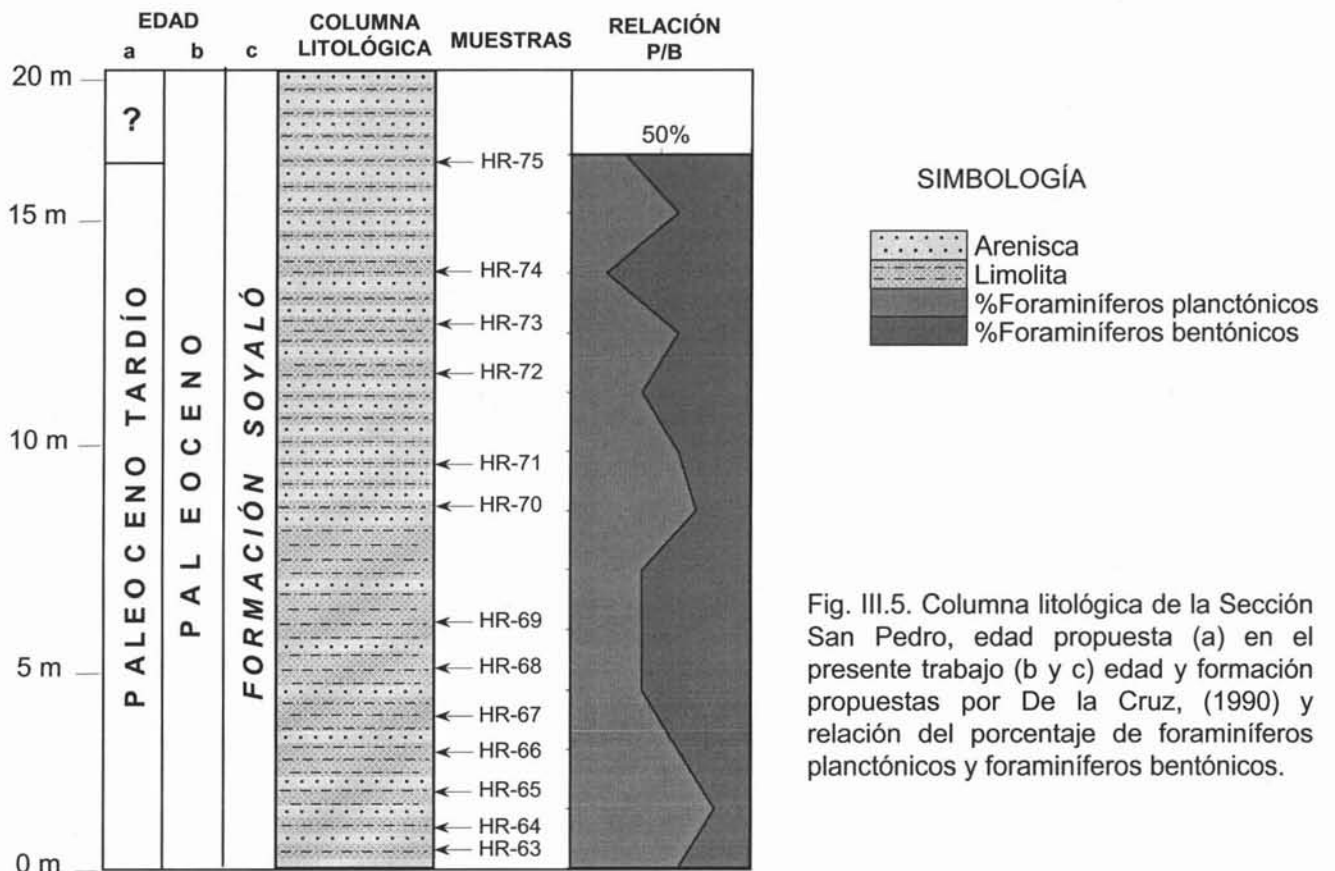


Fig. III.5. Columna litológica de la Sección San Pedro, edad propuesta (a) en el presente trabajo (b y c) edad y formación propuestas por De la Cruz, (1990) y relación del porcentaje de foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.

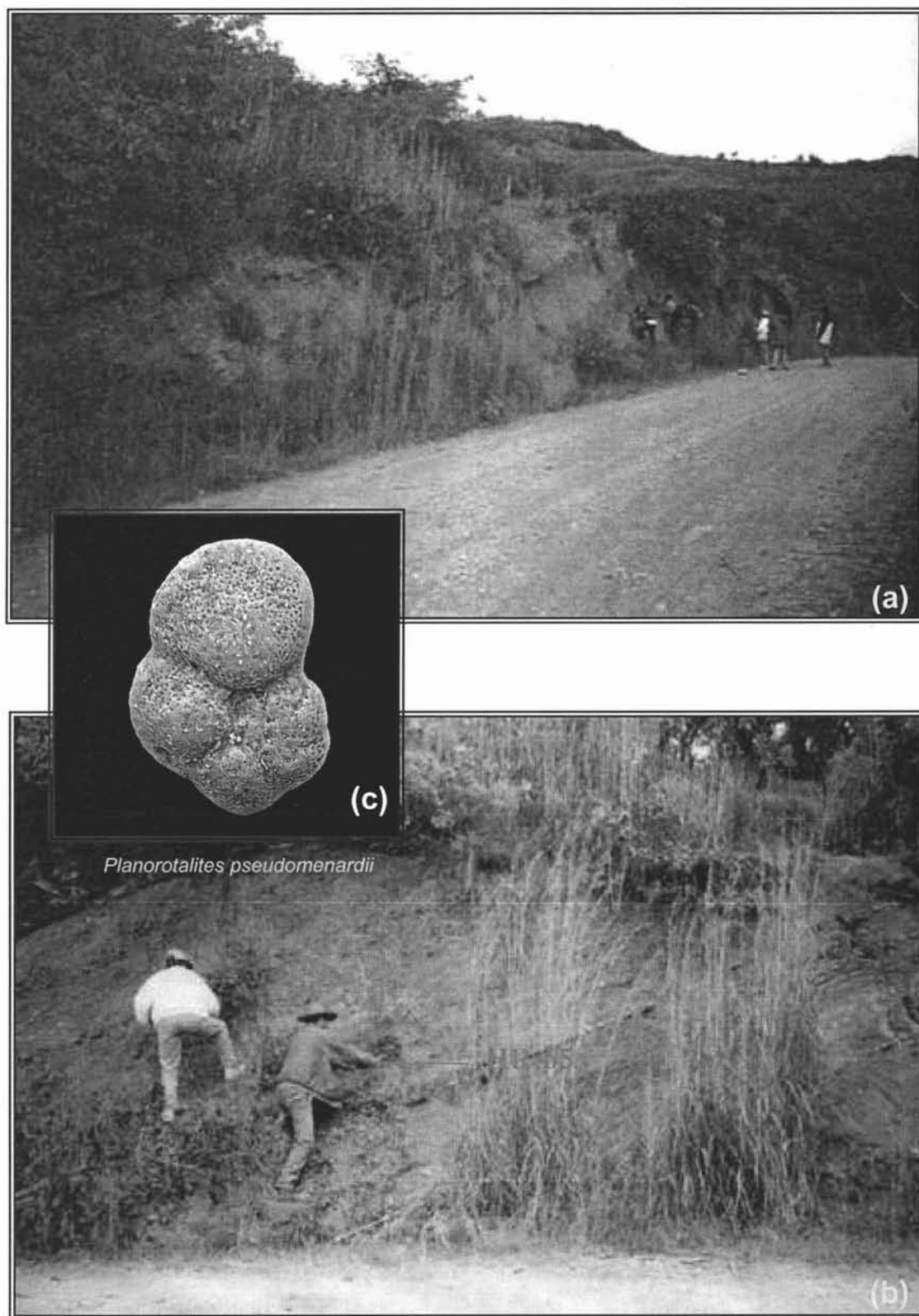


Fig.III.6. (a) Panorámica de la Sección San Pedro; (b) secuencia de limolita y arenisca de grano fino con estratificación delgada, las flechas indican zonas de muestreo; (c) *P. pseudomenardii*, fósil índice del Paleoceno Tardío, presente en los sedimentos de esta sección.

III.3. Sección Tapijulapa.

La Sección Tapijulapa corresponde a sedimentos cartografiados como Paleoceno, también dentro de la Formación Soyaló (De la Cruz, 1990). Se caracteriza litológicamente por una secuencia de limolita de color gris oscuro de estratificación delgada (Fig.III.8); el afloramiento presenta un espesor aproximado de 30 m, de los cuales se tomaron un total de 19 muestras (Fig.III.7).

En la mayor parte de esta columna litológica se observa una proporción ligeramente mayor del 50% de foraminíferos planctónicos, (Fig.III.7), por lo cual posiblemente el depósito de estos sedimentos corresponde a un ambiente de plataforma externa, próximo a lo establecido para la Formación Soyaló en la cual se propone un ambiente de talud.

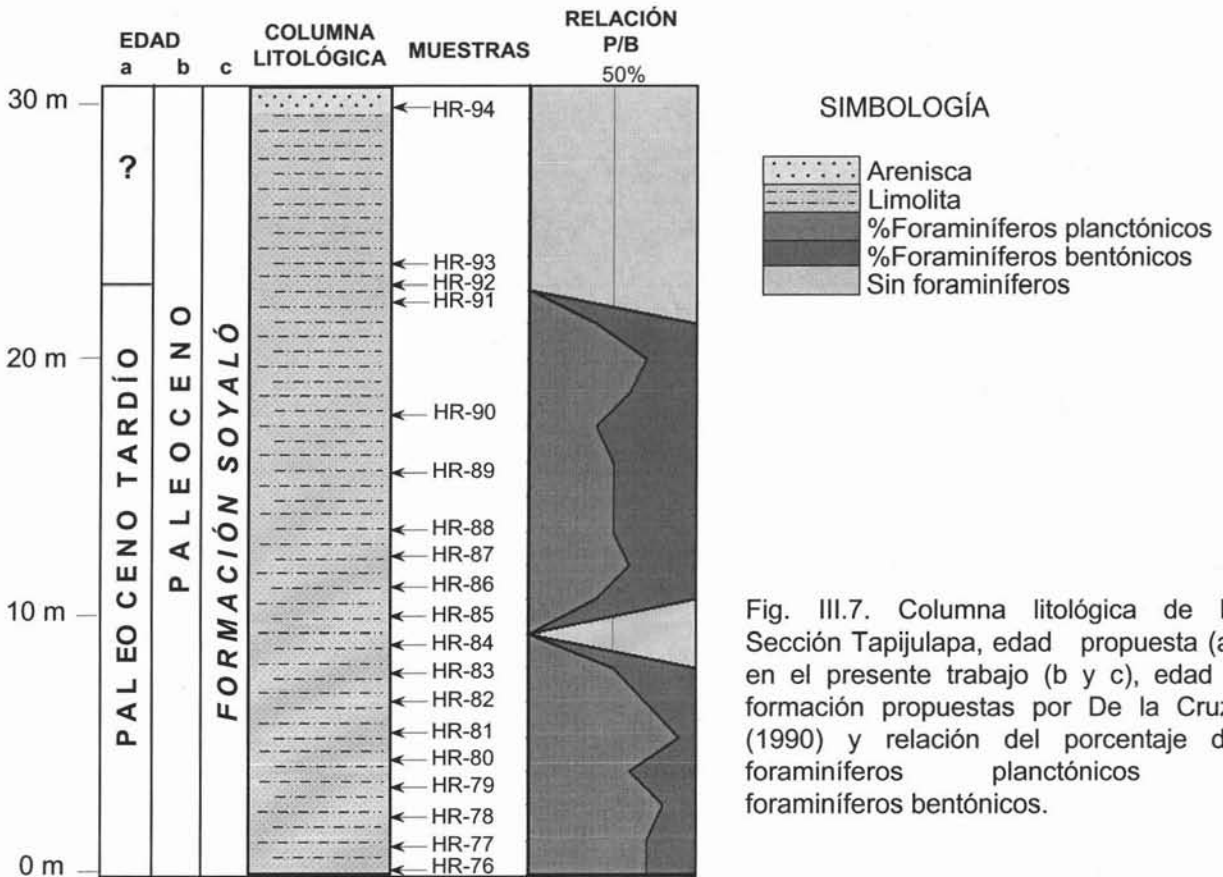


Fig. III.7. Columna litológica de la Sección Tapijulapa, edad propuesta (a) en el presente trabajo (b y c), edad y formación propuestas por De la Cruz, (1990) y relación del porcentaje de foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.

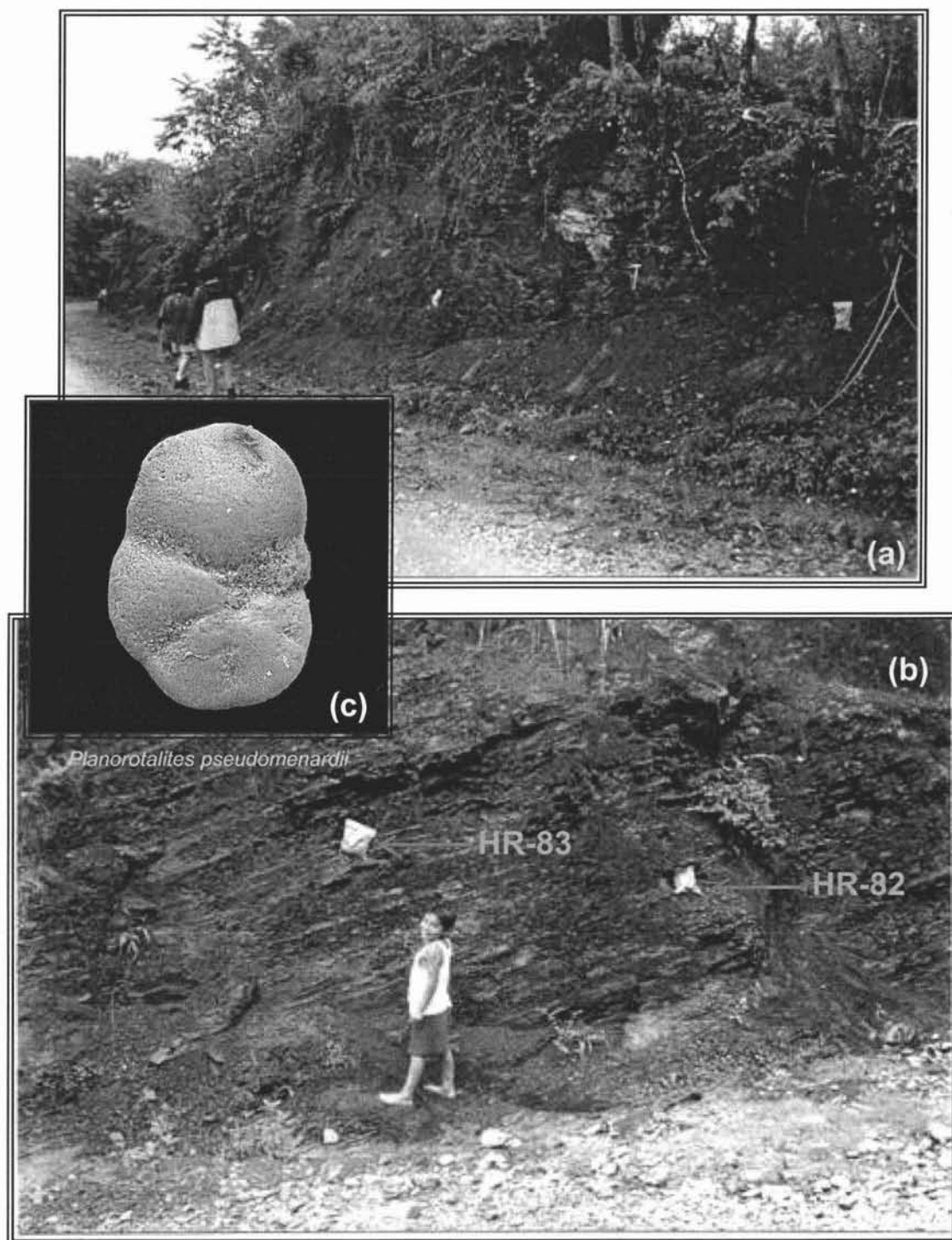


Fig. III.8.- (a) Panorámica de la Sección Tapijulapa (b) secuencia de limolitas color gris oscuro de estratificación delgada; las flechas indican zonas de muestreo. (c) *P. pseudomenardii*, fósil índice del Paleoceno Tardío, presente en los sedimentos de esta sección.

III.4. Sección Chintul.

Esta sección esta cartografiada como Oligoceno dentro de la Formación La Laja (De la Cruz, 1990). El afloramiento de la Sección Chintul presenta un espesor aproximado de 10 m, de los cuales se obtuvieron un total de 7 muestras (Fig.III.9); los sedimentos de esta sección litológicamente están representados por estratos delgados de arenisca de grano fino con intercalaciones delgadas de limolita (Fig.III.10), la cual hacia la cima del afloramiento se presenta en estratos más gruesos.

En la mayor parte de esta columna litológica se observan una proporción mayor del 70% de foraminíferos planctónicos, (Fig. III.9), al ser dominante la presencia de fauna planctónica se puede inferir posiblemente un ambiente de depósito de plataforma externa-talud superior, al igual que lo establecido para la Formación La Laja correspondiente a un ambiente de mar abierto en la cual se incluyen los sedimentos de esta sección.

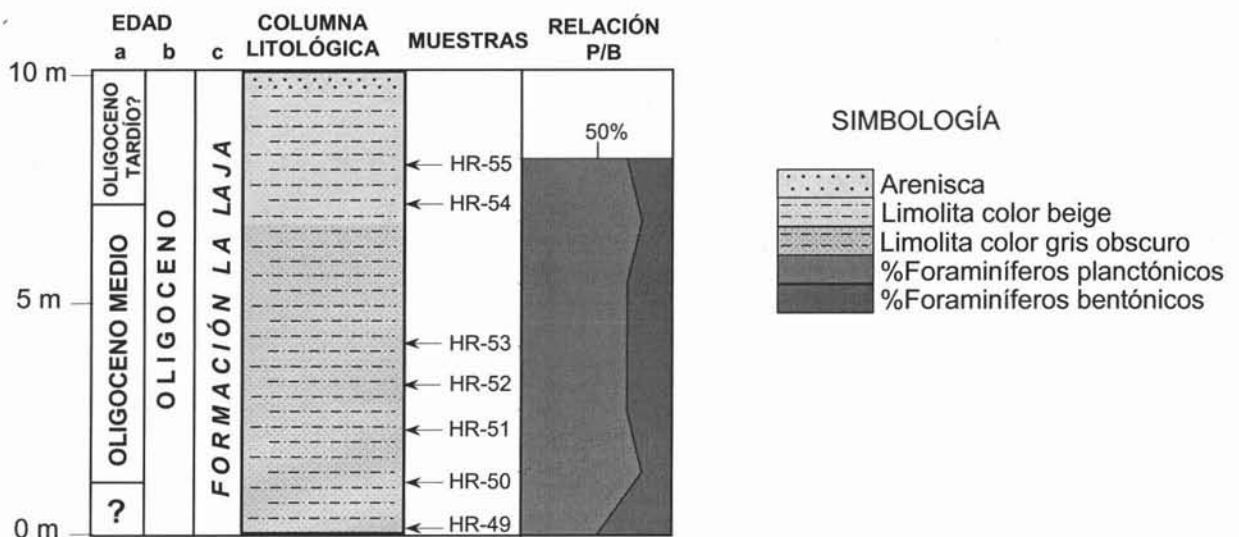


Fig. III.9. Columna litológica de la Sección Chintul, edad propuesta (a) en el presente trabajo (b y c) edad y formación propuestas por De la Cruz, (1990) y relación del porcentaje de foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.

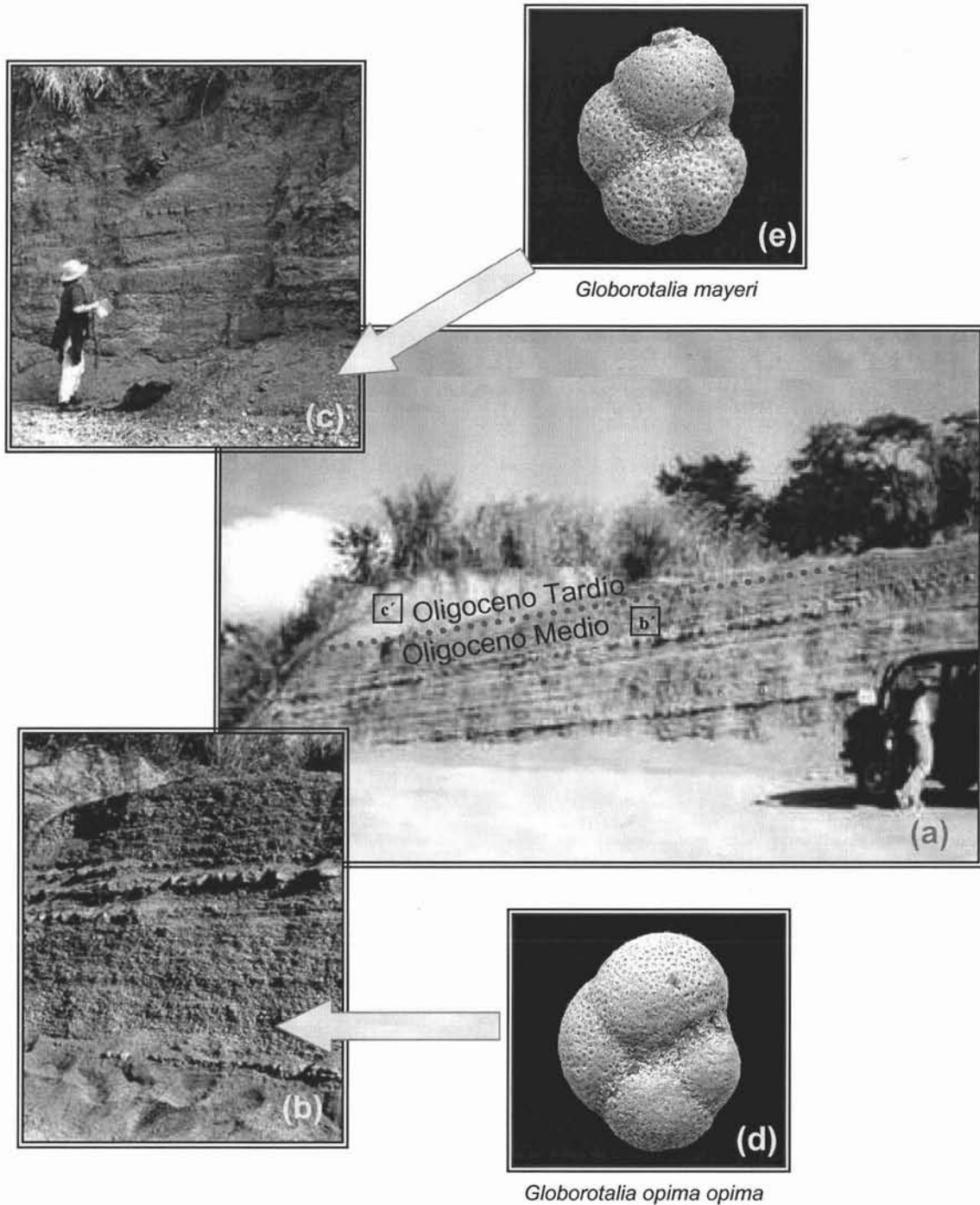


Fig.III.10 (a) Panorámica de la Sección Chintul en la cual se muestra el posible límite Oligoceno Medio/Tardío (b) Detalle de la alternancia de arenisca y limolita color gris obscuro con estratificación delgada (c) cima de la sección representada por una secuencia de limolita color beige. (d) *G. opima opima*, fósil índice del Oligoceno Medio y (e) *G. mayeri*, fósil del Oligoceno Tardío, presente en los sedimentos de esta sección.

III.5. Sección Rosario.

Para la Sección Rosario de acuerdo a la cartografía de la zona, se le asigna una edad del Mioceno Medio dentro de la Formación Encanto (De la Cruz, 1990). Esta sección esta representada litológicamente por una alternancia de lutita, limolita y arenisca de grano fino de aproximadamente 20m de espesor (Fig.III.11); los estratos presentan una estratificación delgada y un color gris oscuro (Fig.III.12), de los cuales se obtuvieron un total de 17 muestras.

En esta sección se observa en general una mayor abundancia de foraminíferos planctónicos, con una proporción mayor del 70%, (Fig. III.12), presentándose solo dos picos de foraminíferos bentónicos en la base y en la cima de la columna, por lo cual el depósito de estos sedimentos posiblemente corresponde a un ambiente de talud superior, similar a lo propuesto para la Formación Encanto en la cual se incluyen esta sección.

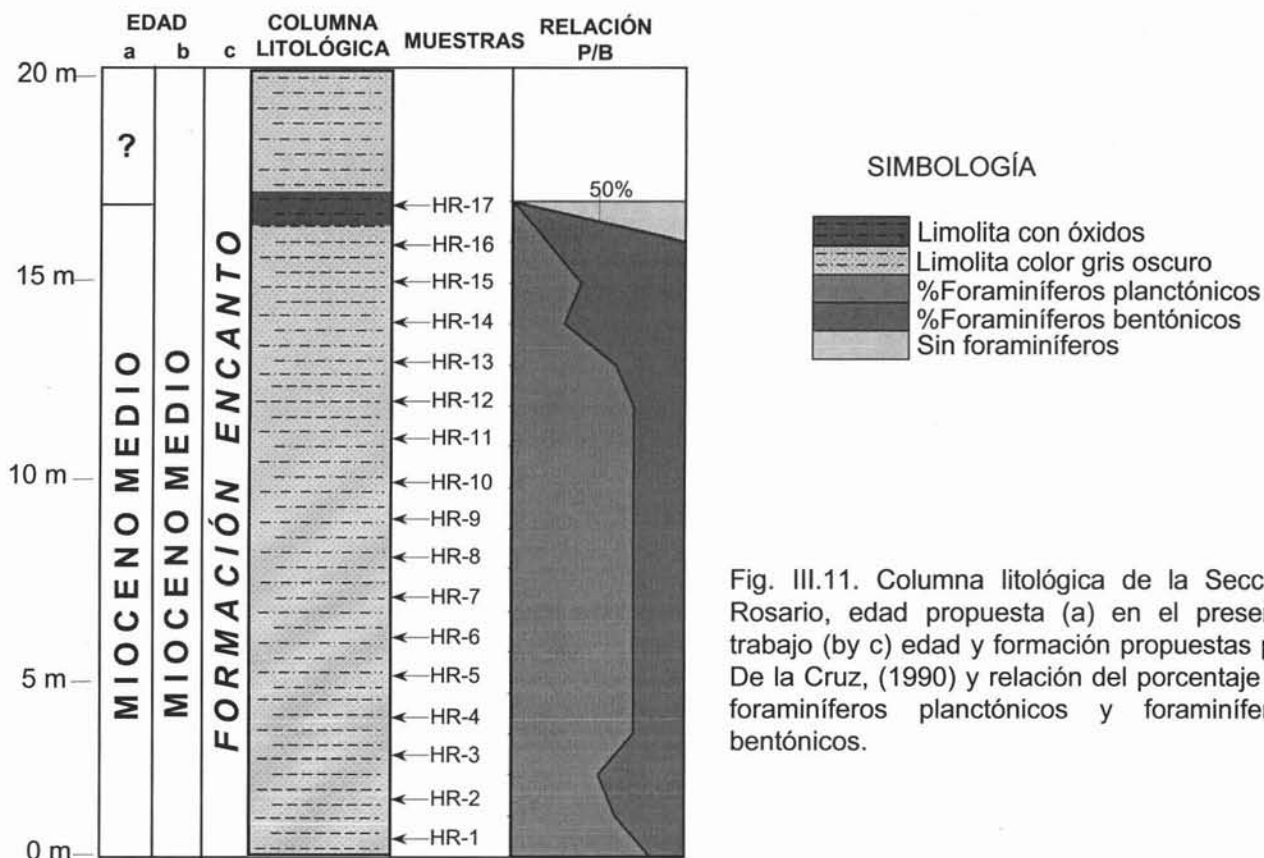
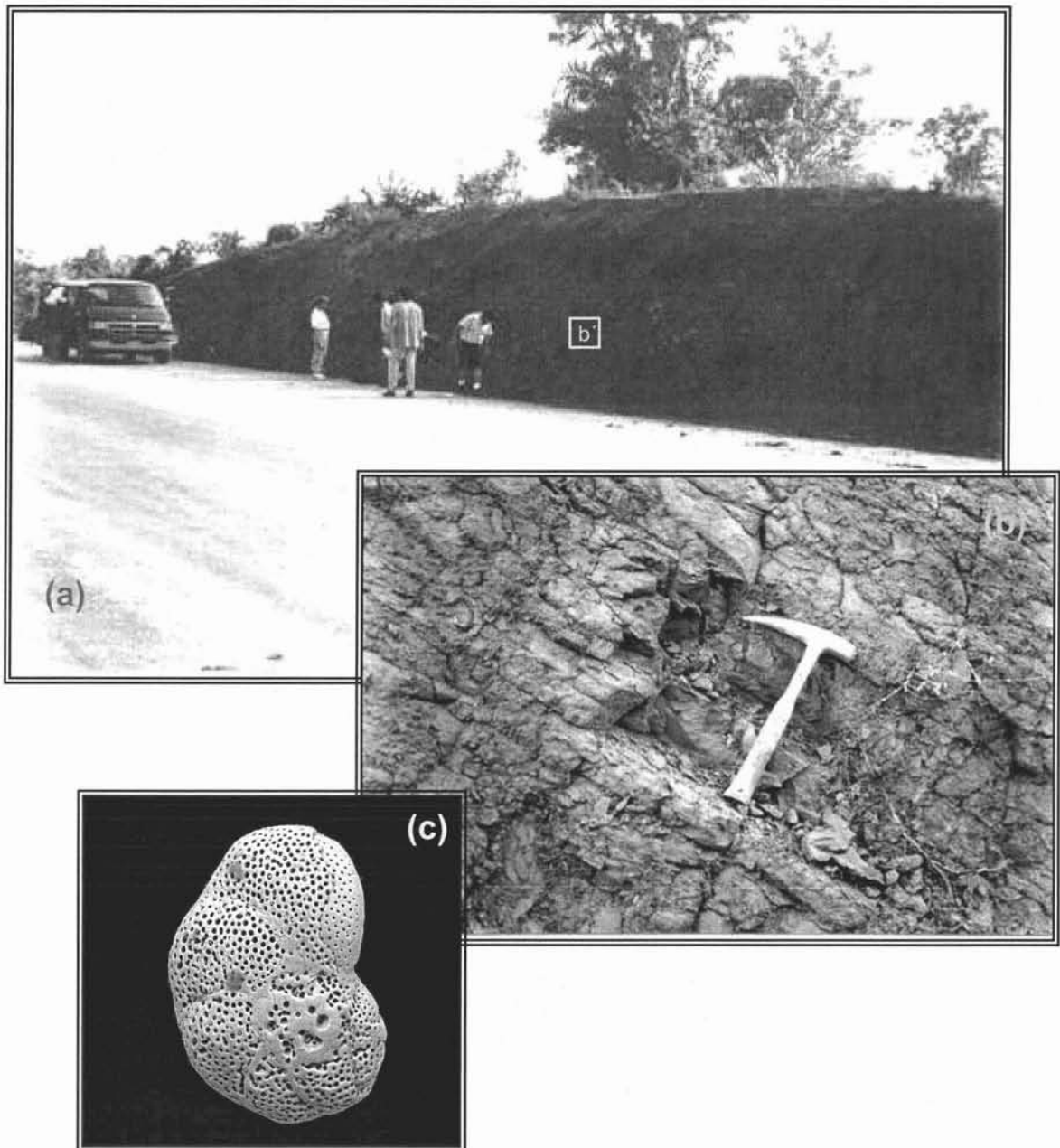


Fig. III.11. Columna litológica de la Sección Rosario, edad propuesta (a) en el presente trabajo (by c) edad y formación propuestas por De la Cruz, (1990) y relación del porcentaje de foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.



Globorotalia fohsi peripheroacuta

Fig.III.12.- (a) Panorámica de la Sección Rosario (b) Detalle de la alternancia de lutita y limolita de color gris oscuro con estratificación delgada; (c) *G. fohsi peripheroacuta*, fósil índice del Mioceno Medio, presente en los sedimentos de esta sección.

III.6. Sección Navidad.

De acuerdo a la cartografía de la zona, a la Sección Navidad se le asigna una edad del Mioceno Medio dentro de la Formación Encanto (De la Cruz, 1990). Corresponde a un afloramiento de aproximadamente 30m de espesor (Fig.III.13), representada litológicamente por una alternancia de lutita, limolita y arenisca de grano fino color gris oscuro (Fig.III.14), las cuales presentan una estratificación delgada; en total se muestrearon 13 horizontes arcillosos en esta sección.

En esta sección la abundancia de foraminíferos planctónicos es mayor al 70% (Fig. III.13), por lo cual posiblemente corresponden un ambiente de depósito de talud superior, al igual que lo propuesto para la Formación Encanto en la cual se incluyen estos sedimentos.

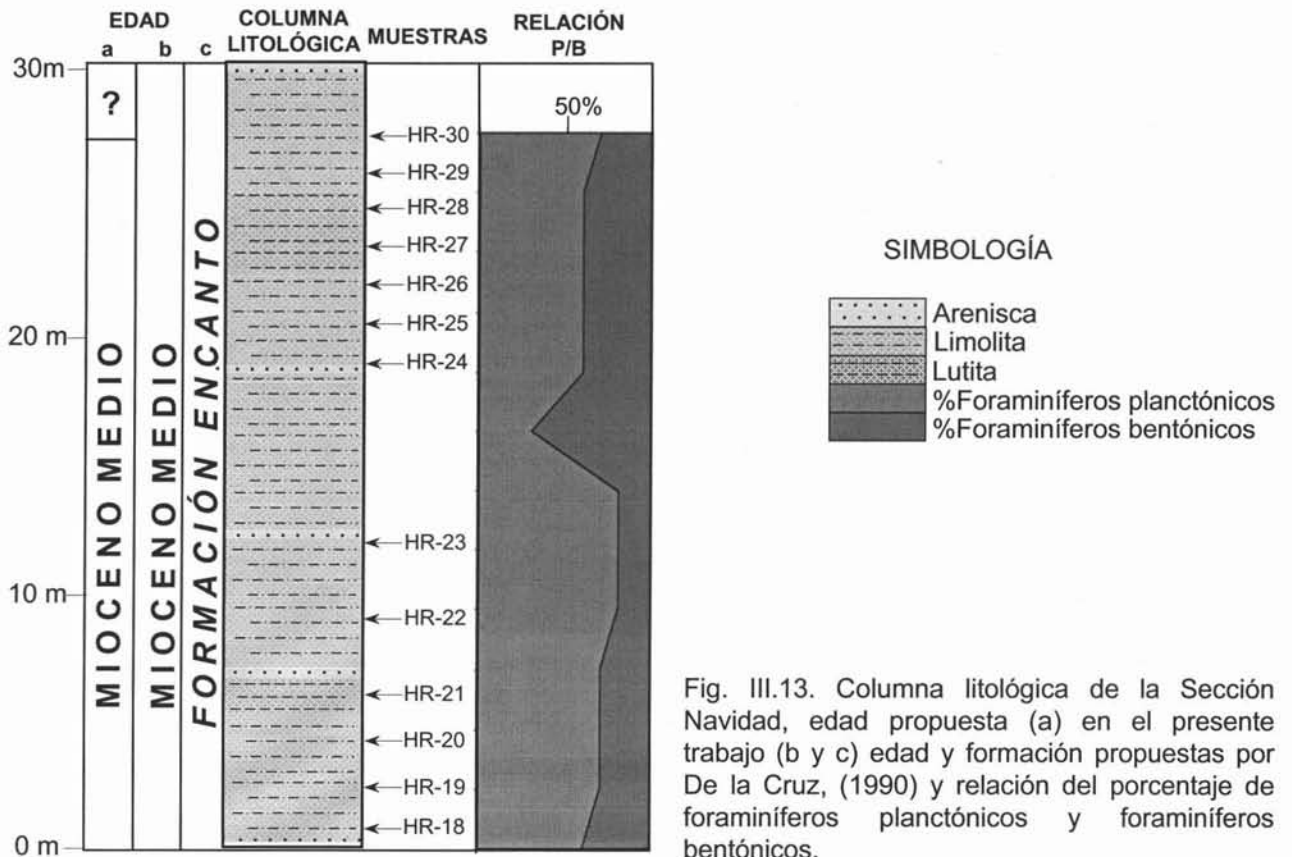
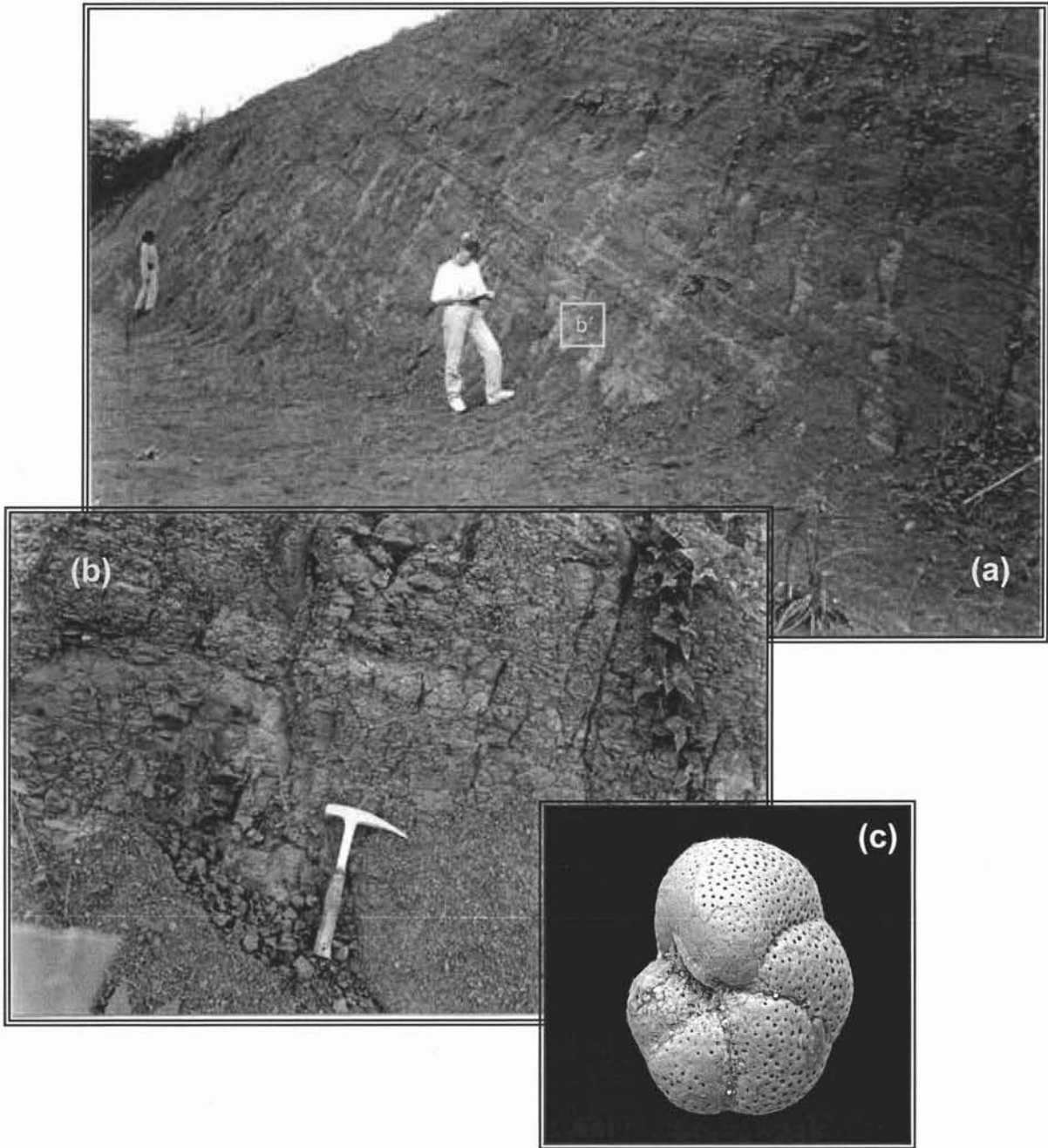


Fig. III.13. Columna litológica de la Sección Navidad, edad propuesta (a) en el presente trabajo (b y c) edad y formación propuestas por De la Cruz, (1990) y relación del porcentaje de foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.



Globorotalia fohsi peripheroacuta

Fig.III.14.- (a) Panorámica de la Sección Navidad (b) Detalle de la alternancia de lutita y limolita de color gris oscuro con estratificación delgada; (c) *G. fohsi peripheroacuta*, fósil índice del Mioceno Medio, presente en los sedimentos de esta sección.

III.7. Sección Atardecer.

La Sección Atardecer corresponde a un afloramiento de aproximadamente 20 m de espesor de los cuales se muestrearon 18 horizontes en sentido estratigráfico (Fig.III.15); esta columna se caracteriza litológicamente por una alternancia de lutita y limolita de color gris oscuro, y hacia la cima se presentan horizontes de arenisca de grano fino (Fig.III.16). De acuerdo a la cartografía de la zona, se les asigna una edad del Mioceno Medio dentro de la Formación Encanto (De la Cruz, 1990).

El análisis de la proporción de foraminíferos planctónicos y bentónicos en esta columna litológica, muestra una proporción mayor del 70% de foraminíferos planctónicos (Fig. III.15), por lo cual estos sedimentos posiblemente corresponden a un ambiente de talud superior, conforme al ambiente de talud propuesto para la Formación Encanto en la cual se incluye esta sección.

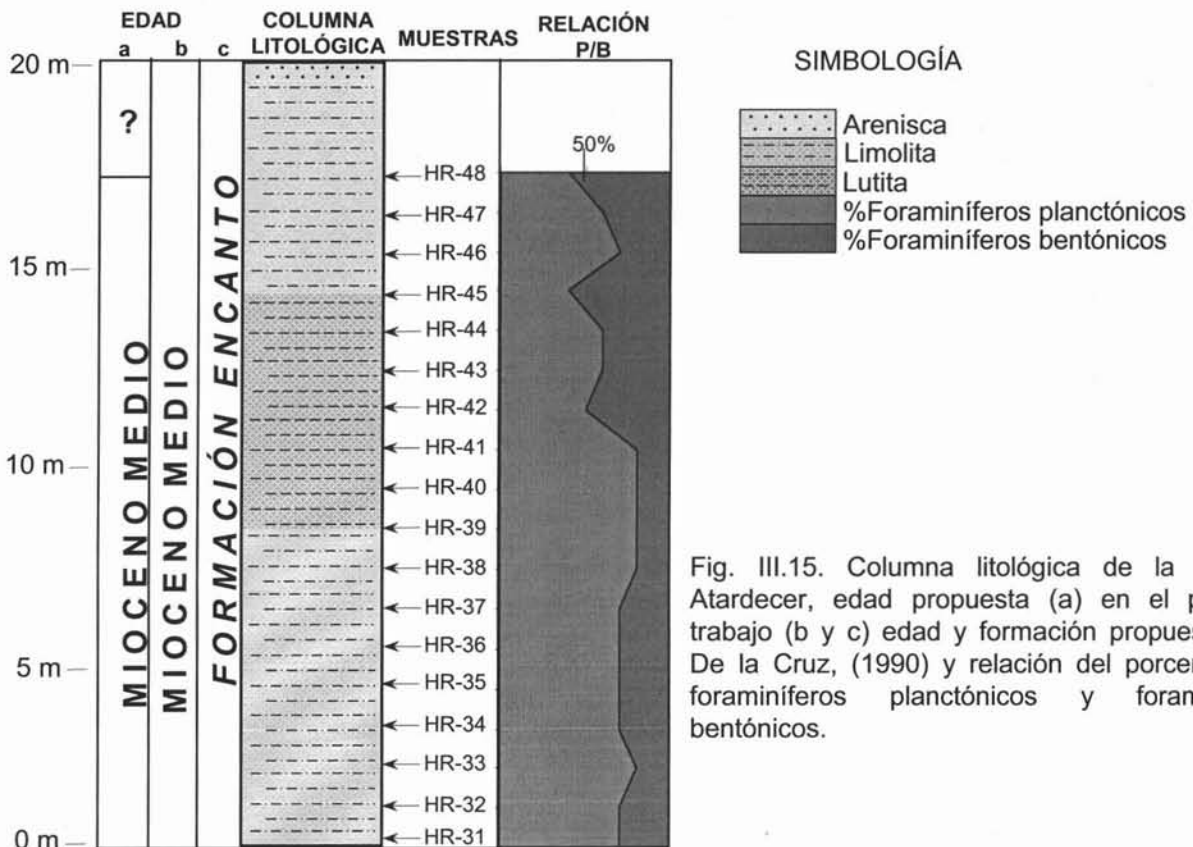
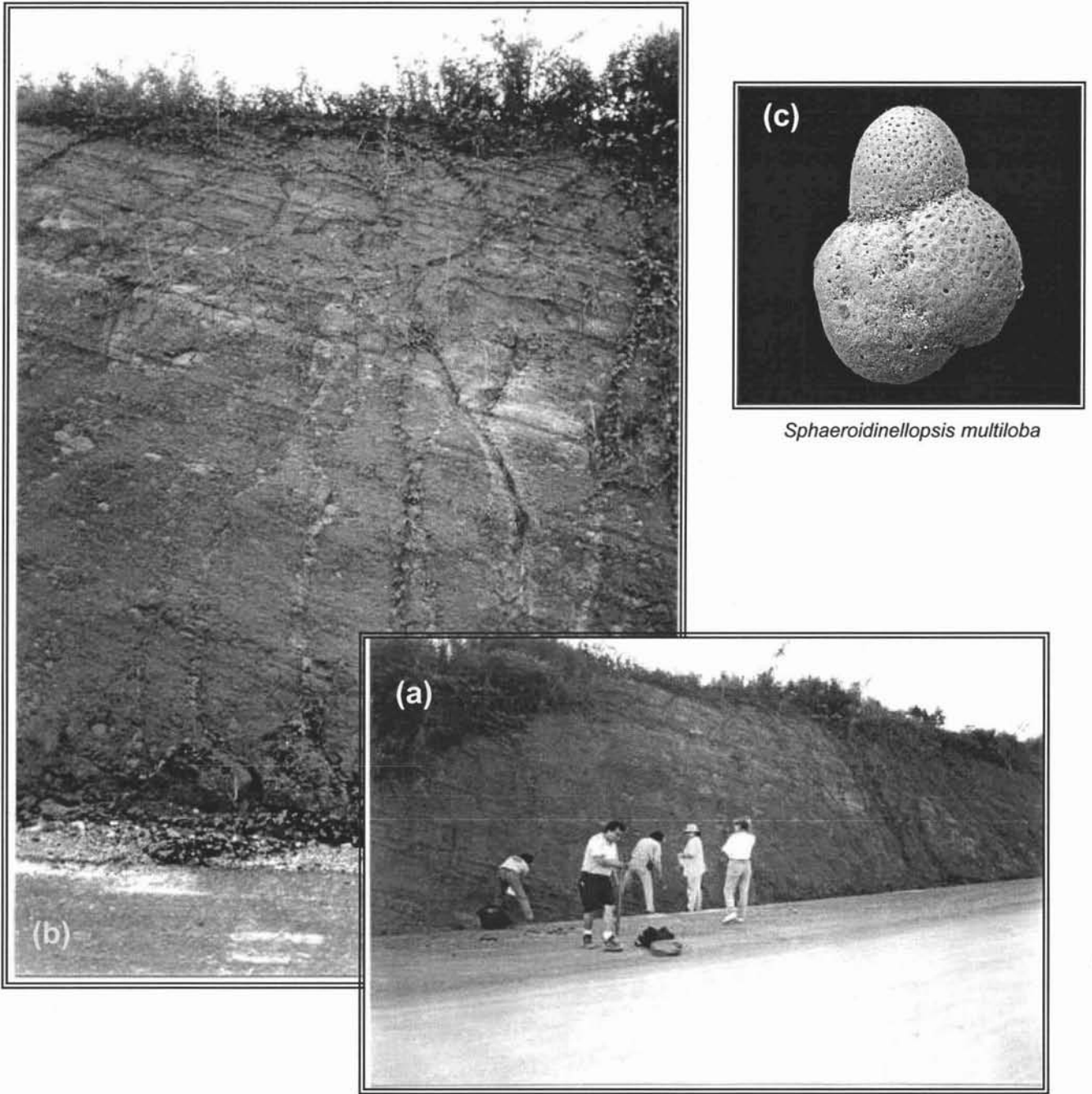


Fig. III.15. Columna litológica de la Sección Atardecer, edad propuesta (a) en el presente trabajo (b y c) edad y formación propuestas por De la Cruz, (1990) y relación del porcentaje de foraminíferos planctónicos y foraminíferos bentónicos.



Sphaeroidinellopsis multiloba

Fig.III.16.- (a) Panorámica de la Sección Atardecer (b) Detalle de la estratificación delgada de lutita y limolita de color gris oscuro. (c) *S. multiloba*, fósil índice del Mioceno Medio, presente en los sedimentos de esta sección.

IV. METODOLOGÍA

IV.1. Método de muestreo en campo

Con base a los antecedentes geológicos, revisiones bibliográficas, análisis de planos geológicos, de cartas topográficas del Sureste de México, y particularmente por la experiencia del personal del IMP y PEMEX respecto a la zona de estudio, se ubicaron en gabinete los posibles cortes pertenecientes al Terciario.

Partiendo de esto, se programó el itinerario de campo, cuyo objetivo principal fue reconocer y muestrear secciones estratigráficas que cubrieran la mayor parte de la columna Terciaria (desde el Paleoceno hasta el Mioceno). El recorrido inicial fue sobre el trazo de la autopista en construcción Coatzacoalcos-Tuxtla Gutiérrez la cual corta rocas del Terciario. En esta carretera se levantaron las secciones estratigráficas: **Rosario, Navidad, Atardecer** (SE de Veracruz) y **Chintul** (NW de Chiapas).

Posteriormente, sobre el camino de terracería que va del poblado Bochil a Luis Espinoza se levantaron las secciones estratigráficas: **San Pedro y Bochil** (parte central de Chiapas). Por último, en la carretera que va del poblado Tapijulapa a Oxolotán se muestreo la **Sección Tapijulapa** (S de Tabasco).

El muestreo para la obtención de los materiales utilizados en este estudio, fue realizado por el grupo de trabajo de Bioestratigrafía del Instituto Mexicano del Petróleo. El método de muestreo consistió en la correcta elección de los afloramientos, de la obtención y de la manipulación de las muestras. Esto para evitar problemas bioestratigráficos como son fósiles de diferente edad en una misma muestra o material fósil difícil de determinar por alteraciones debidas a actividad física (como presencia de fallas y/o plegamientos en las secciones) o por actividad química (como fenómenos diagenéticos de disolución y recristalización). Ya que esto puede llevar a la obtención de malos resultados e interpretaciones bioestratigráficas erróneas.

Los cortes cumplieron con las siguientes particularidades:



Que se reconociera claramente la base y la cima de los estratos, así mismo del afloramiento en conjunto.



Que los estratos no presentaran alteración considerable en sus características físicas causadas por intemperismo físico o químico.



Que los cortes no presentaran problemas estructurales, como fallas o plegamientos, que generaran un cambio en la posición original de los estratos; esto con la finalidad de evitar complicaciones en el análisis biocronoestratigráfico.

Considerando los puntos anteriores, el muestreo se realizó a siete afloramientos, a los cuales se les reconoció su base y su cima, para seguir el sentido estratigráfico en la colecta de las muestras y se midió su espesor. Se realizó una descripción litológica general para ubicar los horizontes más arcillosos que eran de mayor interés por su potencial fosilífero.

En las secciones **San Pedro, Tapijulapa, Atardecer y Rosario**, la estratigrafía es homogénea, por lo que se estableció un muestreo equidistante de un metro de separación entre muestra y muestra.

En **Chintul y Navidad**, los horizontes arcillosos son escasos, por lo que éstos definieron los intervalos de muestreo. En promedio oscilan entre los 1.5 m de separación; en el caso de **Bochil**, por ser un afloramiento pequeño y de constitución más arcillosa, se realizó un muestreo de aproximadamente 20 cm de distancia entre las muestras.

La colecta de muestras se realizó primeramente eliminando de los horizontes arcillosos la parte intemperizada que pudiera haber alterado la microfauna, y segundo, cuidando de no contaminarla con material ajeno a esta. Se procuro tomar una cantidad aproximada de 500 gramos por muestra, colocándola en bolsas de plástico previamente etiquetadas con el número consecutivo de muestra, nombre de la sección correspondiente y las iniciales del colector; posteriormente se cerraron herméticamente para evitar fuga y contaminación de la muestra.

Como observación, la densidad de muestreo la determinaron las condiciones arcillosas de cada una de las secciones, de esta manera, se realizó un muestreo acorde a las características litológicas de los afloramientos.

Sección **Bochil** (1.5 m de espesor) se colectaron 7 muestras.

Sección **San Pedro** (20 m de espesor) se colectaron 13 muestras.

Sección **Tapijulapa** (30 m de espesor) se colectaron 19 muestras.

Sección **Chintul** (10 m de espesor) se colectaron 7 muestras.

Sección **Atardecer** (20 m de espesor) se colectaron 18 muestras.

Sección **Navidad** (30 m de espesor) se colectaron 13 muestras.

Sección **Rosario** (20 m de espesor) se colectaron 17 muestras.

En su totalidad se colectaron 94 muestras, de las cuales, dependiendo de sus características litológicas se realizó la técnica de laboratorio adecuada para cada caso.

IV.2. Técnica de laboratorio

Se elaboró una relación del material recuperado en campo; simultáneamente a esto, se realizó una descripción a detalle de la litología haciendo una comparación con la reportada en campo, y clasificando las muestras en deleznable y compactas, para canalizarlas a la técnica adecuada para su procesado. Para las rocas deleznable se procedió a efectuar el método tradicional de lavado y para las rocas duras la preparación de láminas delgadas.

IV.2.1.Técnica de lavado

Se realizó esta técnica para las muestras deleznables, ya que permite separar microfósiles mayores de 63 μm , dentro de los cuales están comprendidos los foraminíferos.

Primeramente del material colectado en campo se pesan aproximadamente 200g de muestra para el análisis de foraminíferos y el resto se deja como testigo (Fig. IV.1).



Fig.IV.1 Técnica de lavado, muestra de mano (a); de la cual se pesan 200 g (b) y el resto se deja como testigo.

Las muestras que estén muy compactas se trituran en un mortero de bronce hasta desintegrar el material grueso. Posteriormente la muestra se sumerge en una mezcla de agua normal y detergente en polvo en charolas de latón (Fig.IV.2a), esto con la finalidad de obtener una mejor limpieza y facilitar el proceso de lavado.

Una vez disgregada la muestra en la solución de jabón, está preparada para pasarla por los tamices de lavado (Fig.IV.2b).



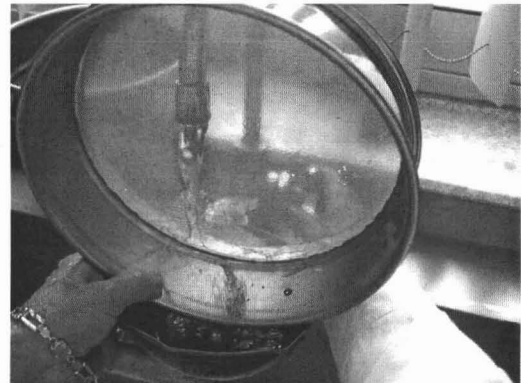
a



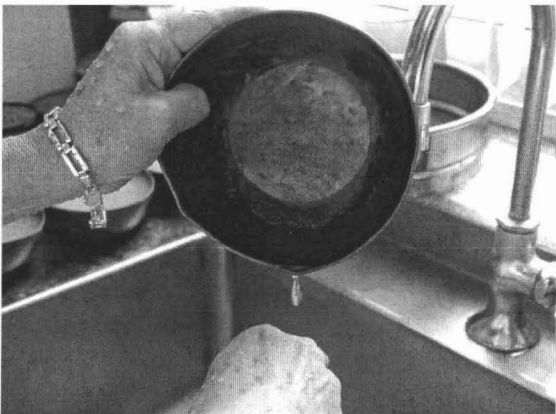
b



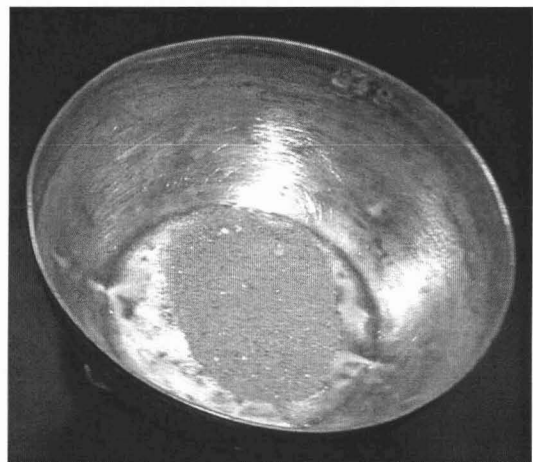
c



d



e



f

Fig.IV.2. Técnica de lavado.

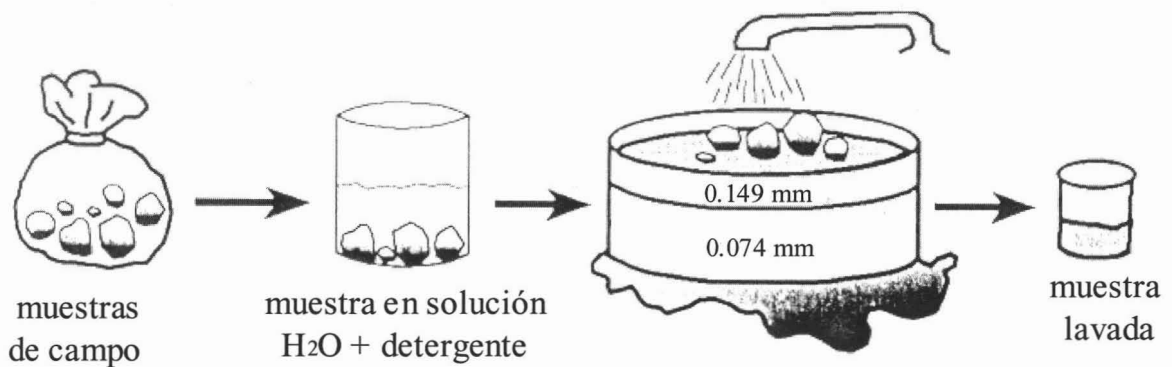


Fig.IV.3. Esquema del proceso de lavado (tomado de Gonzalvo, 2002)

Se utilizan tamices de lavado con abertura en milímetros de 0.149 y 0.074, colocándolos en luz de malla decreciente para que el sedimento vaya pasando de uno al otro por tamaños (Fig.IV.3).

El lavado se realiza bajo el chorro de agua y el proceso termina cuando el agua que atraviesa todo el residuo sale por debajo de los tamices completamente limpia (Fig.IV.2c y d).

Una vez realizado el lavado, el residuo se deja deshidratar a temperatura ambiente en charolas de latón (Fig.IV.2e), esto con la finalidad de evitar la contaminación de las muestras o desintegrar el material orgánico existente, ya que con el uso de parrillas u hornos, con los cuales se puede exceder rápidamente la temperatura máxima que pueden soportar los restos orgánicos, se puede provocar la destrucción y/o contaminación de testas en las muestras, cuando se colocan varias de ellas a deshidratar al mismo tiempo.

Cuando el residuo está completamente deshidratado (Fig.IV.2f), se coloca en bolsas de plástico perfectamente cerradas y etiquetadas con su respectivo número de muestra y sección correspondiente.

Este procedimiento se debe realizar con cuidado para evitar contaminación durante el manejo de las muestras, ya que los problemas que pueden presentarse en el estudio biocronológico se atribuyen frecuentemente a un mal muestreo o a la contaminación, propiciando la presencia simultánea de especies de microfósiles de edades diferentes en una misma muestra.

Por último se obtiene el peso final de la muestra deshidratada. Procurar que solamente se pese el residuo de lavado sin considerar el peso de la bolsa que lo contiene (Fig.IV.4).

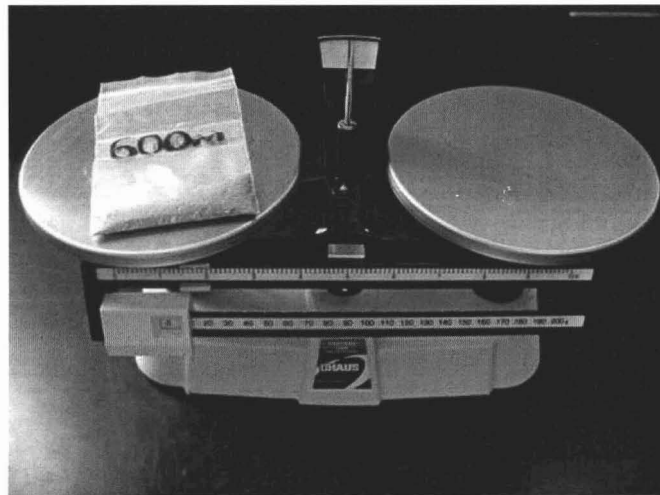


Fig.IV.4. Pesado del residuo obtenido de la técnica de lavado.

IV.2.2. Técnica para la obtención de láminas delgadas

La elaboración de láminas delgadas para el caso de las muestras compactas, consiste en los siguientes pasos (Fig.IV.5):

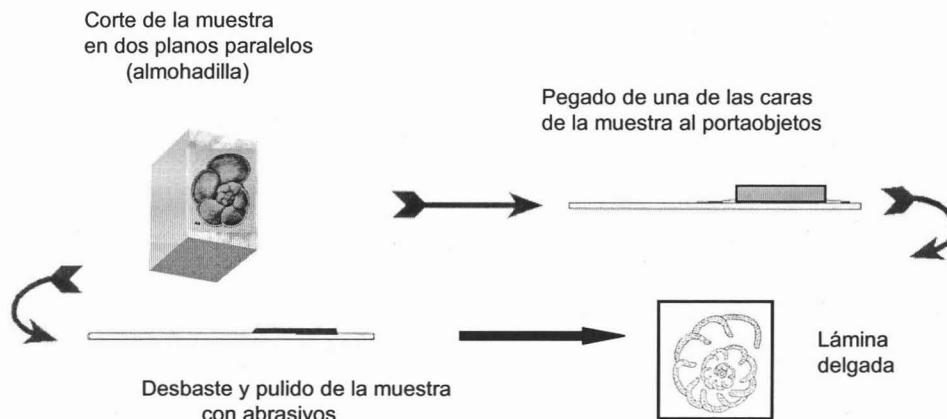
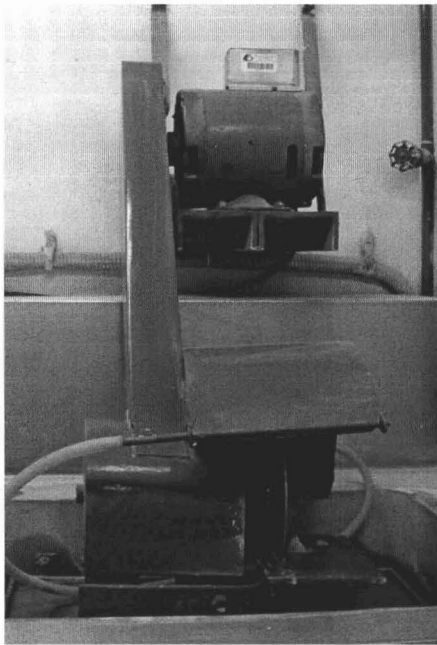


Fig.IV.5. Proceso para obtención de lámina delgada (tomado de Gonzalvo, 2002)

Primeramente, se identifica la base y la cima en sentido estratigráfico de la muestra, posteriormente se corta un fragmento de roca delgado (Fig.IV.6a) con dos superficies paralelas en forma de almohadilla del tamaño del portaobjetos (Fig.IV.6b), a continuación, se pule una de las caras mediante abrasivos de carburo de silicio hasta que se obtiene una superficie perfectamente lisa (Fig.IV.6c).

Se calienta en una parrilla una de las caras planas de la almohadilla; una vez caliente se le coloca el termoplástico Lakeside 70 y se adhiere al portaobjetos (Fig.IV.6d); ya fría, se corta y desbasta la otra superficie en la cortadora con un disco de incrustaciones de diamante (Fig.IV.6e) hasta dejarla lo más delgada posible (Fig.IV.6f), por último se pule con abrasivos finos de grano decreciente, hasta que la lámina se vea translúcida (Fig. IV.6g).

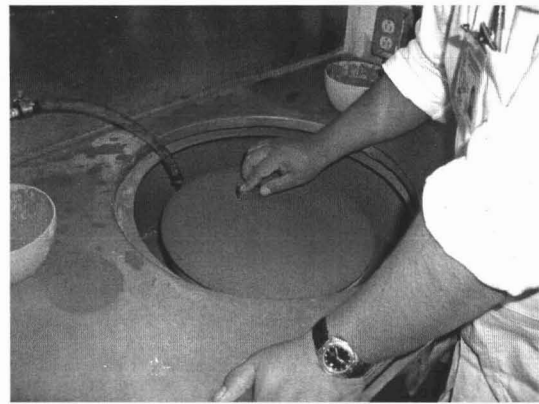
Es importante mencionar que en el procesado del material durante esta técnica, se cuida principalmente el no mezclar las muestras de las secciones, tomando la precaución de marcarlas debidamente; además, se respeta el sentido estratigráfico de las muestras, para evitar problemas de interpretación biocronológica por la colocación inversa de la muestra, lo que llevaría a la observación de los microfósiles en el sentido contrario a su depósito.



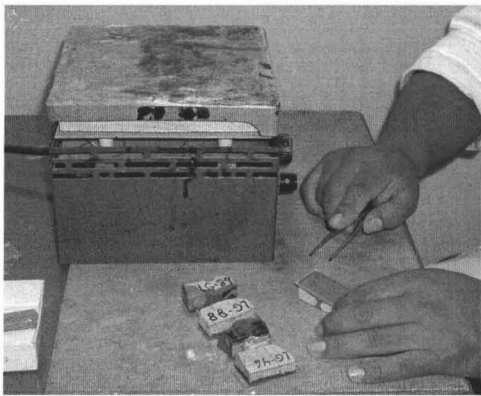
a



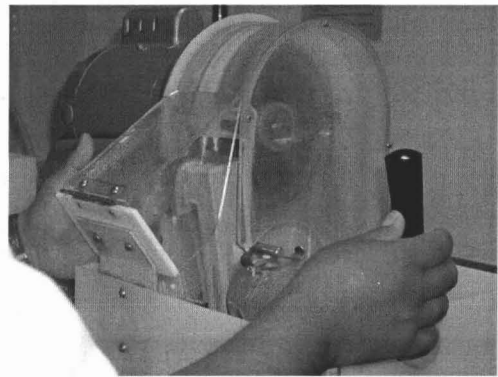
b



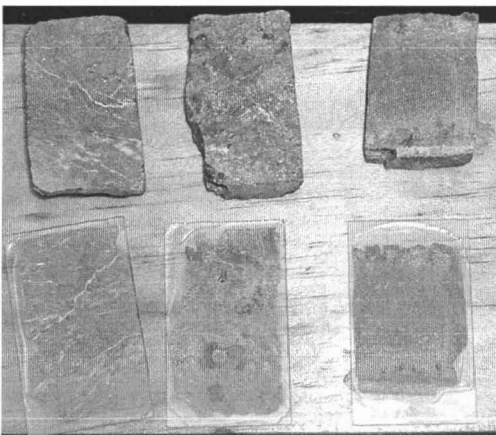
c



d



e



f



g

Fig.IV.6. Técnica de láminas delgadas.

IV.2.3. Análisis micropaleontológico

Previamente a la observación del sedimento en el microscopio, se obtuvo una fracción representativa de cada muestra cuando el residuo de lavado fue abundante. Para esto se utilizó el fraccionador de Otto (Fig. IV.7), el cual separa el sedimento en dos partes iguales; se repitió este procedimiento hasta obtener una cantidad deseable de muestra, cuidando de registrar la fracción final estudiada, para posteriormente extrapolar los valores probables de la cantidad total de organismos por cada muestra fraccionada.

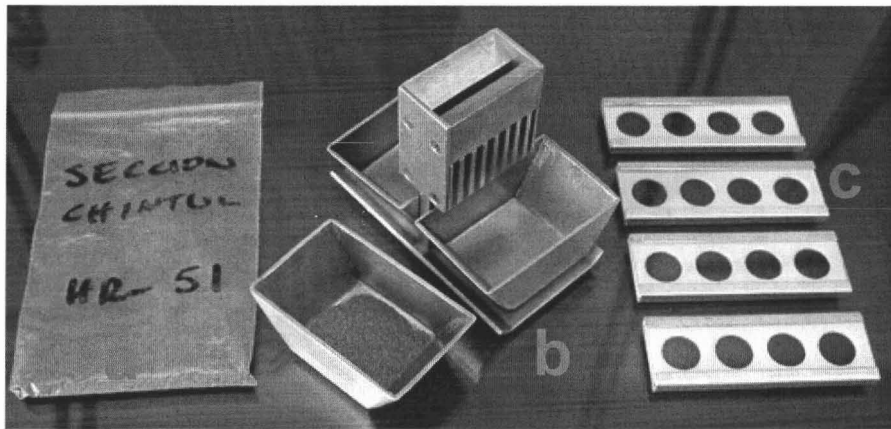


Fig.IV.7. Residuo del lavado (a), Fraccionador de Otto (b) y placas porta-foraminíferos (c).

Para realizar el análisis micropaleontológico de este estudio primeramente se hizo la selección y montaje de los foraminíferos planctónicos del residuo del lavado, así como la observación de las láminas delgadas, para este fin, se utilizó como material de apoyo un Microscopio Estereoscópico de luz transmitida y reflejada, ya que este instrumento nos permitió realizar la observación tanto de sedimento como láminas delgadas (Fig.IV.8a).

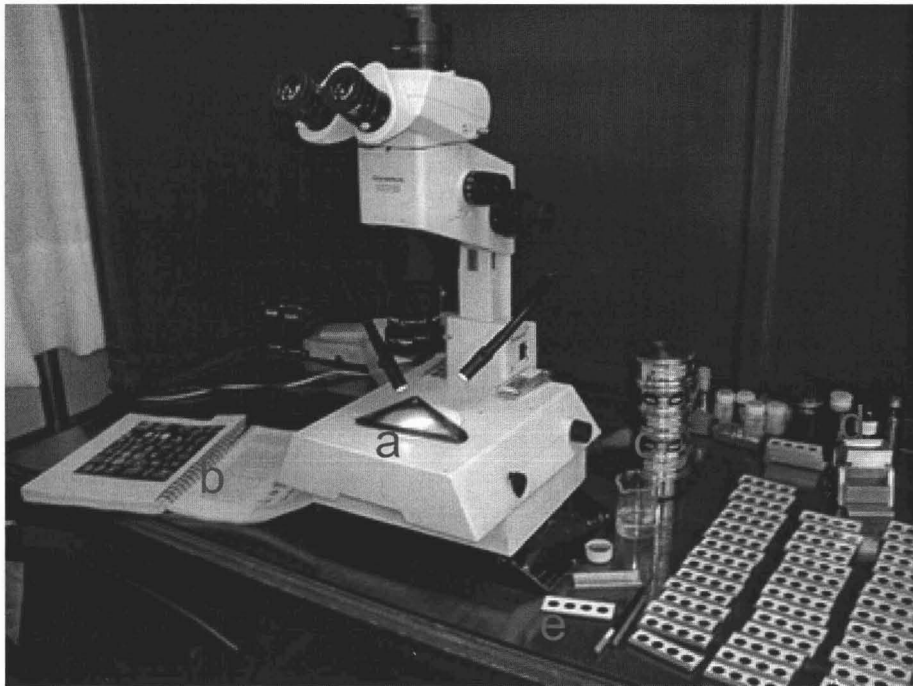


Fig.IV.8.- Material de apoyo: (a) Microscopio estereoscópico de luz transmitida y reflejada; (b) Manuales de foraminíferos; (c) Juego de tamices; (d) Fraccionador de Otto; (e) Placas micropaleontológicas .

Posteriormente, el residuo de todas las muestras (incluyendo las fraccionadas), se tamizó con la finalidad de realizar una separación de material por tamaños, y facilitar la obtención de los foraminíferos del resto del sedimento; para esto se utilizó un juego de 5 tamices con luz de malla decreciente: (#20/abertura 0.84 mm, #40/abertura 0.42 mm, #60/abertura 0.250 mm, #80/abertura 0.177 mm y #100/abertura 0.149 mm), y se obtuvo la fracción más pequeña en la base (Fig. IV.8c).









Finalmente, el residuo de cada uno de los tamices se vierte sobre una charola de color negro, la cual se lleva al microscopio estereoscópico de luz transmitida, y mediante un pincel muy fino humedecido en agua, y utilizando además como material de apoyo agujas de disección y brochas, se realizó la selección y el montaje de los foraminíferos planctónicos en placas de porta-foraminíferos o micropaleontológicas de 4 orificios previamente engomadas con goma de tragacanto (Fig. IV.8e).

La selección de los organismos consistió en diferenciar la materia orgánica de la inorgánica en cada uno de los tamices, y separar de la fracción orgánica los foraminíferos planctónicos de los foraminíferos bentónicos con base a la diferenciación del tipo de testa, la forma y arreglo de las cámaras; colocando los foraminíferos planctónicos por tamaños en orificios diferentes de la placa de porta-foraminíferos.

Una vez terminada la selección y montaje de los foraminíferos planctónicos en las placas de porta-foraminíferos, nuevamente se observaron en el Microscopio Estereoscópico de luz reflejada y transmitida para realizar el análisis micropaleontológico.

El análisis micropaleontológico se realizó de una forma sistemática, iniciando primeramente con la observación general de las testas, para familiarizarse y reconocer las características morfológicas externas que se requieren en la clasificación taxonómica, tales como tipo de abertura, forma y disposición de las cámaras, etc. y de esta forma determinar los niveles de género, especie y subespecie.

Por lo cual, al realizar el análisis micropaleontológico se observó detalladamente las siguientes características que son de gran importancia en la clasificación sistemática:

-  Naturaleza de la concha (calcítica)
-  Número de cámaras y su disposición (biserial, triserial; enrollamiento planispiral o trocospial)
-  Forma general de la concha (globular, cónico angulares, cónico romboidales, etc)
-  Ausencia o presencia de poros (morfología, disposición, repartición)
-  Aberturas (forma y posición; primaria, secundarias o múltiples, simples)
-  Forma y tamaño de las cámaras
-  Características de las suturas (espesor, posición, ornamentación, forma)
-  Ornamentación de la concha (tipo, localización)

Una vez identificadas estas características externas de cada testa se revisaron a las descripciones taxonómicas originales en manuales (Fig. IV.11b), y comparándolas con las observaciones hechas en el microscopio, se determinó la especie de cada ejemplar estudiado.

IV.2.4 Análisis biocronológico.

La metodología utilizada en el análisis biocronológico con foraminíferos planctónicos para la determinación de unidades cronoestratigráficas, fue básicamente tomando en cuenta, cinco factores importantes de carácter biógeno (González-Lara, 2002):

- ① La presencia de fósiles índice que distinguen a cada unidad cronoestratigráfica y los diferentes niveles de ocurrencia que la caracterizan.
- ② La continuidad de las especies que definen a cada unidad cronoestratigráfica; esto es importante, ya que remarcan la presencia de ésta.
- ③ La buena conservación de las especies es importantes; principalmente las especies índice, ya que su mala presentación pone en duda su origen dentro de la columna geológica.
- ④ El primer evento evolutivo, así como la última ocurrencia de ciertos taxones; son importantes en la delimitaciones de unidades cronoestratigráficas.
- ⑤ La abundancia relativa de las especies que caracterizan a cada unidad cronoestratigráfica; esto por que reafirman más la unidad.

La distribución estratigráfica de los fósiles índice fue tomada de trabajos relacionados a dichos objetivos, tal es el caso de Bolli y Saunders (1985) y Arenillas, 1996.

IV.2.5. Análisis bioestratigráfico

Para poder realizar un análisis bioestratigráfico se determinó previamente la secuencia biocronológica de los sedimentos revisados. Una vez establecida la edad de cada una de las secciones estudiadas se realizó el análisis bioestratigráfico en dichos sedimentos.

La metodología utilizada en el análisis bioestratigráfico con foraminíferos planctónicos para la determinación de biozonas, consistió básicamente en la comparación de los bioeventos observados en las columnas estudiadas, con los biohorizontes utilizados para delimitar las biozonas propuestas en el trabajo de Bolli y Saunders (1985).

Parte del análisis bioestratigráfico consistió en la revisión de las diferentes biozonas definidas en la Guía Estratigráfica Internacional (Hedberg, 1980). Se utiliza el término de biozona para designar cualquier tipo de unidad bioestratigráfica. Existen básicamente cuatro tipos generales de unidades bioestratigráficas:

- 6 Biozona de conjunto: Es un cuerpo de estratos cuyo contenido de fósiles, o de fósiles de un cierto tipo, tomado en su totalidad, constituye un conjunto o asociación natural que lo diferencia, en cuanto a su carácter bioestratigráfico, de los estratos adyacentes.
- 6 Biozona de extensión: Conjunto de estratos que representa la extensión total de la presencia de cualquier elemento seleccionado del conjunto total de formas fósiles presentes en una sucesión estratigráfica.
- 6 Biozona de apogeo: Conjunto de estratos basado en la abundancia o el desarrollo máximo de ciertas formas, sea cual fuere su asociación o extensión.
- 6 Biozona de intervalo: Es el intervalo estratigráfico comprendido entre dos biohorizontes estratigráficos distintos.

Una vez revisados los tipos de biozonas que proponen Bolli y Saunders (1985), se procedió a elaborar figuras de la distribución bioestratigráfica de los foraminíferos planctónicos, en las cuales se observan las primeras y últimas ocurrencias de todos los fósiles determinados en cada una de las secciones estudiadas.

Posteriormente, se analizó la distribución bioestratigráfica de las especies determinadas, principalmente de aquellas que son utilizadas como biomarcadores en el trabajo de Bolli y Saunders (1985). Con base al tipo de biozona definida para las edades propuestas en cada una de las secciones, se identificaron las primeras y últimas apariciones evolutivas que nos permitieron delimitar la posible biozona presente en los sedimentos estudiados.

IV.2.6. Microscopio Electrónico de Barrido

Una vez realizado el análisis micropaleontológico y biocronológico de las siete secciones estudiadas, se designaron las especies índices de importancia biocronológica para el presente trabajo, con la finalidad de documentar mediante imágenes las edades obtenidas en el presente trabajo.

Para la toma de imágenes en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), se seleccionaron los biocronomarcadores de cada una de las secciones mediante un microscopio estereoscópico de luz reflejada. Se procuró separar tres especímenes por especie, para ilustrar las tres vistas: dorsal, axial y umbilical. Para los casos en los que no fue posible esto, se ilustró la cara que evidenciara la característica más relevante de la especie.

Para la toma de imágenes en el MEB es necesario que los ejemplares:

- 1) estén completamente secos,
- 2) deben ser conductores de la corriente eléctrica.

Para esto fue necesario montar los especímenes seleccionados completamente secos sobre pequeños portamuestras de aluminio con cinta adhesiva de carbón de doble cara, de esta forma se entregaron al técnico para la preparación final y la toma de las imágenes en el Microscopio Electrónico de Barrido.

Para la toma de imágenes se recubrieron los organismos con una capa de oro (que es un material conductor) depositado por ionización. Se cuidó que éste recubrimiento fuera lo suficientemente grueso como para que circulara la corriente eléctrica que se deposita en la muestra, pero también suficientemente delgado para que no enmascare o tape las características superficiales de las conchas.

Por último, se realizó la toma de imágenes de los ejemplares en el Microscopio Electrónico de Barrido Carl Zeiss modelo DSM960A, del Instituto Mexicano del Petróleo.

V. ORDEN FORAMINIFERA

V.1. Generalidades

La palabra **FORAMINÍFERA** deriva de las voces *foramina* (agujeros) y *feros* (el que lleva), es el que lleva agujeros (Ayala, 1956), esto se debe probablemente a que gran parte de la pared de la testa presenta perforaciones.

Dentro del Orden **Foraminifera** se incluyen protistas eucariontes rizoflagelados, por tanto, son organismos unicelulares con núcleo diferenciado y con pseudópodos flexibles (Fig.V.1), característico de los organismos ameboides (Arnaud, 1995).

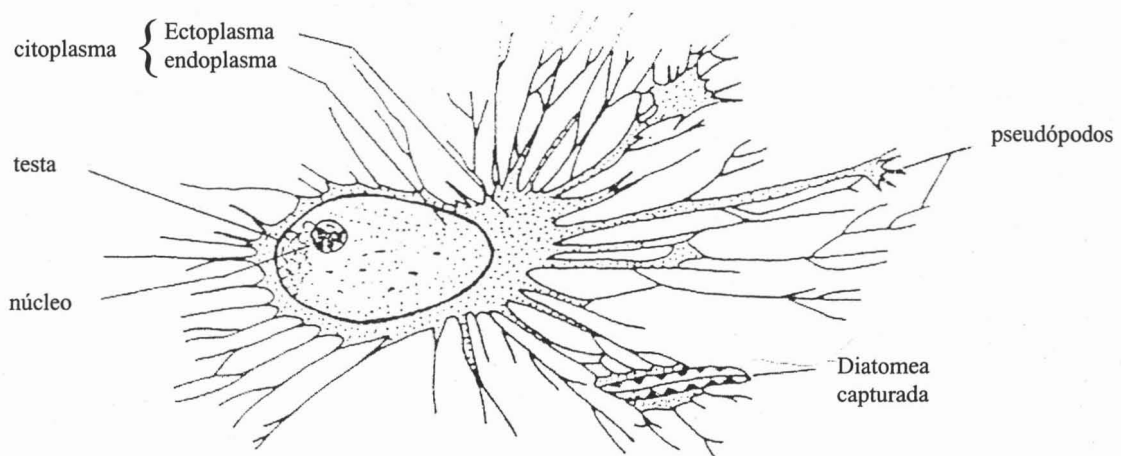


Fig. V.1. Esquema de las principales partes de un foraminífero actual (Arnaud, 1995).

Los foraminíferos se caracterizan por tener pseudópodos (Fig.V.1), que son extensiones citoplasmáticas que sobresalen de la testa y son utilizados en la locomoción y alimentación; y por presentar un dimorfismo nuclear que ocurre en una etapa del ciclo de vida de algunas especies (Lipps, 1993).

Su cuerpo protoplasmático está cubierto de una concha que inicialmente es orgánica y luego suele estar enriquecida con sustancias minerales, ya sean secretadas por el protoplasma, de naturaleza calcárea, o recogidas del medio y soldadas con cemento calcáreo (aglutinada). Esta concha está formada por una o más cámaras comunicadas entre sí por aberturas que atraviesan la pared, cada una de estas aberturas se llama *foramen*, término utilizado para nombrar al Orden Foraminífera. Generalmente la concha esta abierta al exterior con una o numerosas aberturas para permitir el paso de los pseudópodos (Arenillas, 2002).

Son organismos que en su mayoría habitan todos los ambientes marinos, desde la zona intersticial hasta el profundo piso oceánico, de los polos a los trópicos, aunque existen especies que pueden vivir en aguas salobres. Por su forma de vida se dividen en planctónicos y bentónicos (Fig.V.2), los cuales tienen unas particularidades paleoecológicas y un interés bioestratigráfico diferentes.

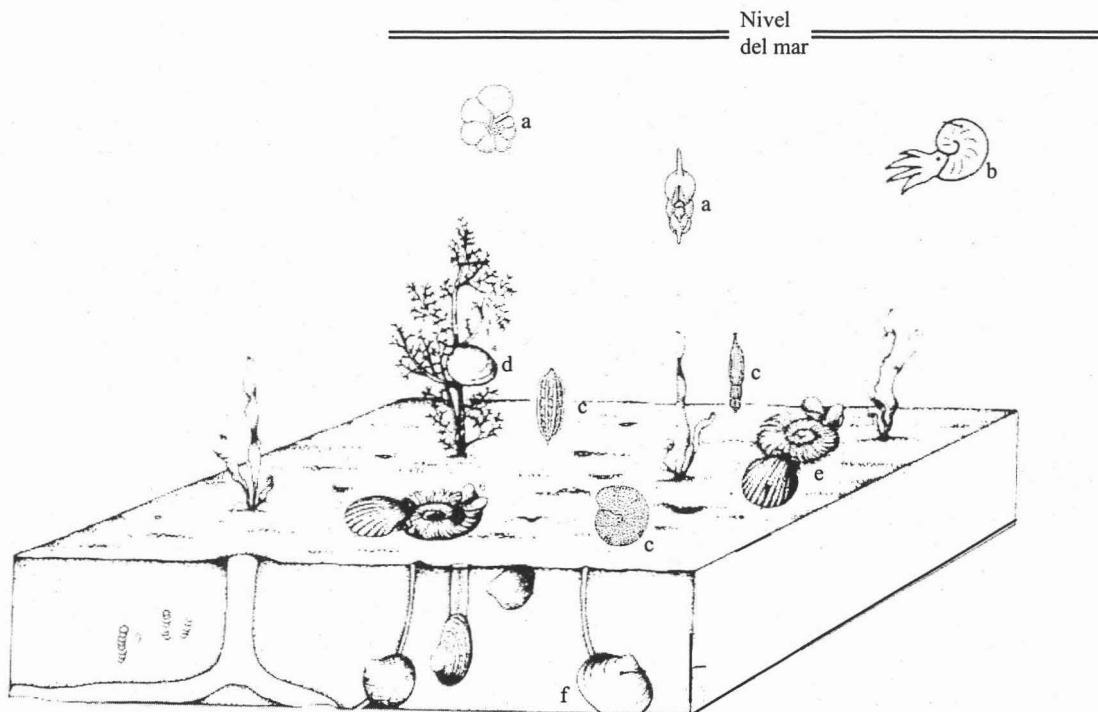


Fig.V.2. Asociación paleontológica esquemática en un medio marino a. Planctónicos; b. Nectónico; c. Bentónicos; d. Epibionte sésil; e. Epibionte vágil y f. Endobionte (Rey, 1983).

Los foraminíferos bentónicos viven en diferentes hábitats, por lo que se clasifican de acuerdo a su forma de vida, en organismos epibiontes vágiles, viven libres en el fondo del mar, epibiontes sésiles, viven adheridos a algas o restos de metazoarios y en organismos endobiontes, viven inmersos en el sustrato (Rey, 1983).

El tamaño de los foraminíferos varia desde formas microscópicas (cerca de 200 a 600 μm), para los foraminíferos planctónicos, hasta formas macroscópicas (de 0.5 mm a 10 cm), que generalmente corresponden a las formas bentónicas; aunque el tamaño promedio de los foraminíferos, varia de 0.1 a 1 mm (Ayala, 1956).

En general, la alimentación de los foraminíferos, tanto planctónicos como bentónicos, está constituida por material vegetal, fundamentalmente diatomeas y algas (Fig.V.1), así como bacterias y partículas orgánicas, existiendo formas con endosimbiontes que complementan la alimentación. El alimento es capturado con los pseudópodos y posteriormente es transportado al endoplasma.

Dentro de los foraminíferos planctónicos existen muchas especies que son comedores oportunistas, pues consumen pequeñas partículas orgánicas que encuentren (Lipps, 1993). Otros se alimentan de diversos grupos de zooplancton y fitoplancton.

Los foraminíferos aparecieron en el Cámbrico como formas bentónicas, y en el Jurásico Medio surgen las formas planctónicas; estos organismos tanto planctónicos como bentónicos han persistido hasta la actualidad, constituyendo uno de los grupos de microfósiles más importantes de la Micropaleontología aplicada.

V.2. Organización celular de los foraminíferos

En los foraminíferos actuales vivos, el citoplasma está diferenciado en dos partes: ectoplasma y endoplasma (Fig.V.1). El ectoplasma se vierte al exterior recubriendo la concha pero, cuando la concha es imperforada y sólo hay una abertura, se concentra en un gran abanico bucal (Moore *et al.*, 1952).

El ectoplasma se expande hacia el exterior por medio de los rizópodos, que pueden ser delgados, filamentosos, anastomosados o ramificados. Generalmente, los rizópodos forman una redícula o engranaje ramificado, denominado reticulopodio. La función de estos pseudópodos es múltiple, ya que pueden servir para la fijación del organismo, la captura del alimento (Fig.V.1), la eliminación de los desechos, el desplazamiento o para la construcción de la concha, en algunos foraminíferos, los pseudópodos están sostenidos por espinas.

El endoplasma constituye la gran masa del citoplasma y está fuertemente coloreada si se compara con el endoplasma; contiene dos regiones, una vegetativa con función alimenticia, en la cual se asimila el alimento capturado con los pseudópodos y transportado a esta región, y otra más profunda donde se incluyen el núcleo o núcleos de la célula.

La organización citoplasmática en los foraminíferos bentónicos y planctónicos es muy similar, aunque presentan algunas variaciones debido al hábitat tan diferente que ocupan (Fig.V.2). Los foraminíferos planctónicos producen un halo de rizopodos alrededor de la concha y, para aumentar la flotabilidad, presentan cuerpos fibrilares intracelulares (Arenillas, 2002).

Los gránulos dentro del citoplasma son de diferentes tipos: pueden ser vacuolas digestivas o vacuolas que contiene sustancias de deshecho que son transportadas a los pseudópodos para su secreción.

En el citoplasma de la testa hay una alta densidad de ribosomas y organelos. Por lo que, la transición entre el citoplasma de la testa y del pseudópodo puede ser marcada o gradual, dependiendo del estado fisiológico del organismo.

V.3. Ciclo de Vida

Los foraminíferos en su ciclo de vida (Fig.V.3) presentan una alternancia de generaciones, una asexual llamada esquizogonia y una sexual llamada gametogonía. Las dos forman un ciclo de dos periodos que terminan con la liberación de las formas hijas, llamadas embriones en la esquizogonia y gametos en la gametogonía (Ayala, 1956).

La esquizogonia se presenta en ejemplares de gran tamaño, con el prolóculo o primera cámara muy pequeña en proporción con el tamaño total de la testa, y un gran número de cámaras; estas formas llamadas MICROSFERICAS, o esquizontes poseen varios núcleos pequeños y se multiplican por esporulación, dando lugar a la formación de un gran número de embriones que nadan libremente hasta alcanzar su desarrollo, formándose al final del mismo unos ejemplares de menor tamaño, con el prolóculo o primera cámara muy grande y menor número de cámaras; estas formas se llaman MEGALOSFERICAS, están provistas de un solo núcleo y se dividen liberando unas pequeñas células flageladas móviles, que reciben el nombre de gametos. Dos de estos se unen, efectuándose una verdadera fecundación isogámica (ya que los gametos son iguales entre si), para formar lo que se llama un cigoto o huevo, el que al desarrollarse forma individuos microféricos, cerrándose de esta manera el ciclo (Fig. V.3).

Por lo tanto estos organismos presentan un dimorfismo: formas microféricas y formas megalosféricas. Por lo general las formas megalosféricas son más abundantes (Ayala, 1956).

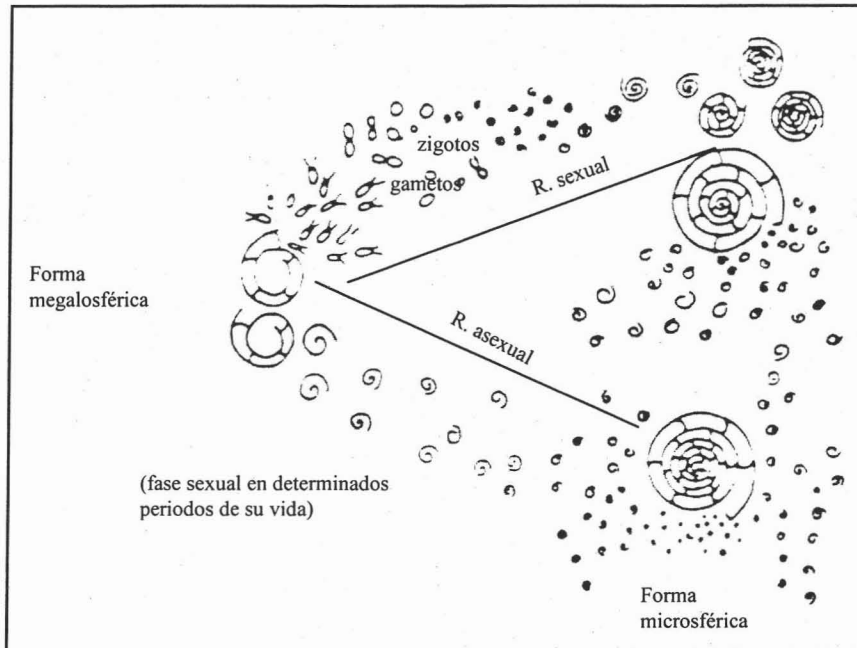


Fig.V.3.Ciclo de vida de los foraminíferos (tomado de Ayala, 1956).

V.4. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Los foraminíferos a través del tiempo geológico han presentado gran variación en sus caracteres morfológicos, su evolución comprende una serie de radiaciones y extinciones en el que se repiten morfologías básicas similares.

En la actualidad se tienen reportadas medio centenar de especies vivas de foraminíferos planctónicos distribuidas por todos los océanos. Sin embargo, sus características biológicas han sido poco utilizadas en sistemática, ya que el número de especies fósiles es superior a las especies actuales, y debido a su gran importancia como fósiles índice y su aplicación en la prospección petrolera, su clasificación y sistemática han sido establecidas principalmente por micropaleontólogos basándose en la morfología de la concha (Molina, 2002a).

Las primeras clasificaciones de foraminíferos se establecieron en función principalmente de la disposición de las cámaras, como la de d'Orbigny en 1826; la forma de las cámaras y de la abertura como la de Brady en 1884, o en función de los tabiques (septos) de la concha como la de Schultze en 1854. En 1852, Williamson fue el primero en insistir en la naturaleza de la concha (hialina) como principal carácter diagnóstico para los foraminíferos planctónicos (*in* Arenillas, 2002).

Autores más recientes como Reuss en 1862, Cushman en 1927-1948, Galloway en 1933 y Glaessner en 1945, utilizaron tanto la naturaleza de la concha como los otros caracteres para la clasificación de foraminíferos (*in* Arenillas, 2002).

A partir de la década de 1950, inician las clasificaciones modernas basadas en la naturaleza de la pared, tipo de textura, estructuras de la pared, caracteres aperturales internos, disposición de las cámaras y el esqueleto interno de la concha.

De tal forma, la clasificación sistemática de los foraminíferos planctónicos ha cambiado constantemente con el incremento del conocimiento de los mismos. Por lo que, la evolución de la clasificación es paralela a la información obtenida sobre la morfología de la testa principalmente.

La clasificación utilizada en el presente trabajo es la de Carpenter, Parker y Jones (1862). Esta clasificación agrupa a los foraminíferos planctónicos en la Superfamilia Globigeriniacea, que se caracterizan principalmente por tener pared calcítica, hialina, radial, perforada, bilamelar y, especialmente, por su modo de vida planctónico. Es una de las clasificaciones más utilizada en la prospección petrolera por su fácil utilización debido a que agrupa a las familias principalmente por la posición de la abertura primaria (*in* Robles, 1974).

Clasificación taxonómica de la superfamilia Globigerinacea:

Phylum Protista (Goldfuss, 1821)
Subphylum Sarcodina (Schamarda, 1871)
Clase Reticularia (Lankester, 1885)
Subclase **Granuloreticulosia** (Saedleer, 1934)
Orden Foraminiferida (d'Orbigny, 1826)
Suborden **Rotaliina** (Delage y Hérouard, 1896)
Superfamilia Globigeriniacea (Carpenter, Parker y Jones, 1862)
(*in* Robles, 1974)

V.5. Foraminíferos planctónicos

Las primeras descripciones significativas de los foraminíferos planctónicos, fueron realizadas entre 1826 y 1839 por d'Orbigny, quien encontró conchas de estos organismos en la arena de playa y en los sedimentos marinos de las Islas Canarias, Cuba y América del Sur, pero no descubre su modo de vida; es hasta la Expedición Challenger (1872-1876) cuando Owen descubre su modo de vida planctónica (*in* Molina, 2002a).

Desde entonces se han realizado muchas investigaciones para precisar la distribución latitudinal y batimétrica de las especies actuales, y sobretodo de la mayor parte de las especies fósiles, las cuales se pueden estudiar porque las encontramos durante el registro fósil. Al morir los foraminíferos sus pequeñas conchas caen a los fondos oceánicos, conservándose relativamente bien y contribuyendo en gran medida a la formación de rocas ricas en formas fósiles.

La morfología de sus conchas es muy diagnóstica y, aunado a que son excelentes como registro geológico, ha permitido realizar estudios bioestratigráficos muy precisos, así como reconstrucciones paleoambientales y paleoceanográficas.

Pero su mayor importancia radica en su gran aplicación a la solución de problemas biocronoestratigráficos en prospección petrolera, por lo que es el grupo más utilizado e importante de la Micropaleontología Aplicada.

Las variaciones morfológicas de sus conchas, constituyen la base de su clasificación, por lo tanto, para realizar un estudio sistemático de los foraminíferos planctónicos fósiles es muy importante una evaluación de la organización, estructuras y caracteres morfológicos de su concha, para evitar en lo posible interpretaciones subjetivas.

El orden de importancia sistemática de los caracteres estructurales externos de la concha para realizar un estudio sistemático, es el siguiente (González-Lara, 2002):

- 1) Testa
- 2) Abertura
- 3) Tipo de cámara
- 4) Modificación de la abertura
- 5) Modificación de la testa
- 6) Ornamentación

1) Testa.

La testa de los foraminíferos es una secreción ectoplasmática que sirve de soporte al citoplasma y lo protege contra las variaciones del medio (Arenillas, 2002).

Esta testa tiene un tamaño intermedio dentro de los microfósiles, variando generalmente entre 50 μm y 600 μm , aunque considerando las espinas su tamaño real puede duplicarse o triplicarse (Fig.V.4a).

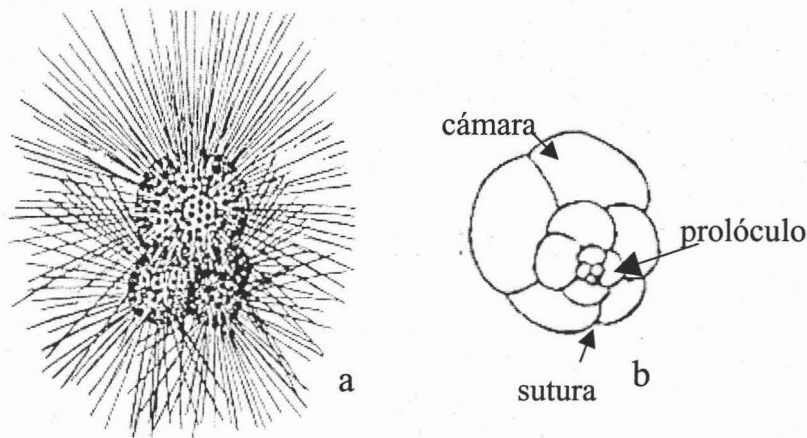


Fig.V.4. Esquema de foraminíferos planctónicos, a. con espinas; b. mostrando cámaras, suturas y prolóculo (tomado de Arenillas, 2002).

La unidad fundamental de la testa es la cámara, que es una cavidad alrededor de la pared. La primera cámara formada en los foraminíferos es el prolóculo, y la línea entre cámara y cámara es la sutura (Fig.V.4b).

La formación de estas cámaras se produce por la secreción de calcita en una membrana orgánica, formándose una pared bilamelar. Cada vez que se produce una nueva cámara se acumula una capa de calcita en el exterior, dando lugar finalmente a una pared multilamelar en las cámaras de las vueltas iniciales (Molina, 2002a).

Esta pared compuesta por láminas de calcita hialina es la más común, y al parecer las formas más avanzadas en la evolución del orden Foraminífera están constituidas por calcita, pero en las formas primitivas del Jurásico parece ser de aragonita. Las conchas calcíticas son siempre endógenas, es decir, secretadas por el propio organismo. Los estudios de microestructura con luz polarizada han permitido separar varios tipos de conchas calcáreas:

- **Calcíticas microgranulares** (Fig.V.5): Son conchas gruesas compuestas por yuxtaposición de gránulos subsféricos de dimensiones homogéneas, menor de $5\ \mu\text{m}$.

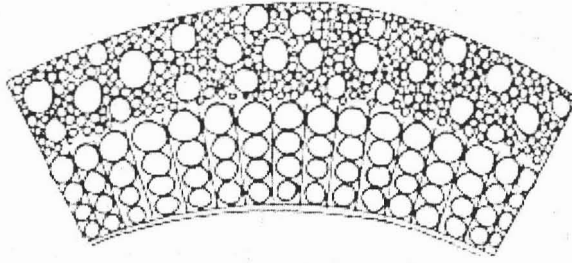


Fig.V.5. Pared calcítica microgranular, con una capa basal hialina fibrosoradiada (tomado de Arenillas, 2002).

- **Calcíticas hialinas** (Fig. V.6): Son conchas de aspecto transparente y vítrea si la pared es fina o blanca traslúcida o blanca traslúcida cuando el espesor de la concha es mayor. Presentan dos tipos de microestructura: (1) hialina granulosa, constituida por yuxtaposición de pequeños gránulos cristalinos, de igual dimensión (5-10 μm) y orientación óptica diferente; (2) hialina fibrosoradiada, formada por una multitud de finos cristales orientados perpendicularmente a la superficie de la concha.

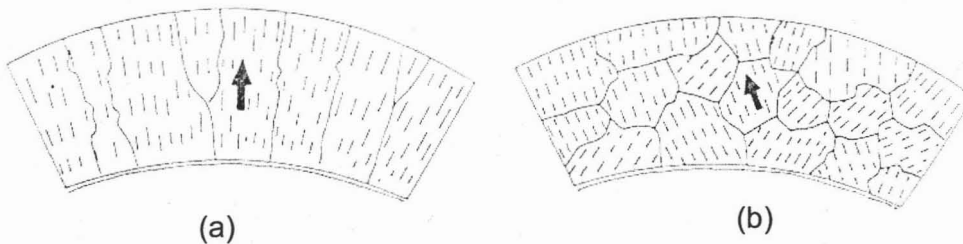


Fig. V.6. Tipos de pared calcítica hialina: (a) fibrosoradiada y (b) granulosa. (tomado de Arenillas, 2002)

- **Conchas aragoníticas**: Las conchas de ciertos foraminíferos hialinos fibrosoradiados están compuestas de aragonito puro, nunca asociada a la calcita. Las conchas aragoníticas son muy inestables y se disuelven o transforman en calcita.

La forma de la testa depende del tipo y arreglo de las cámaras. Estas cámaras pueden estar dispuestas de diversas maneras, dependiendo del arreglo de éstas, existen testas con forma seriada (**A**) como las: **biseriales** y **triseriales**; y formas **espiraladas (B)** como las: **planispirales**, **trocospirales** y **estreptospirales**.

A.- En las formas **seriadas**, las cámaras se sitúan en dos o tres series, en línea recta o curva. Son biseriadas si presentan dos series y triseriada si presentan tres series de cámaras alineadas (Fig.V.7).

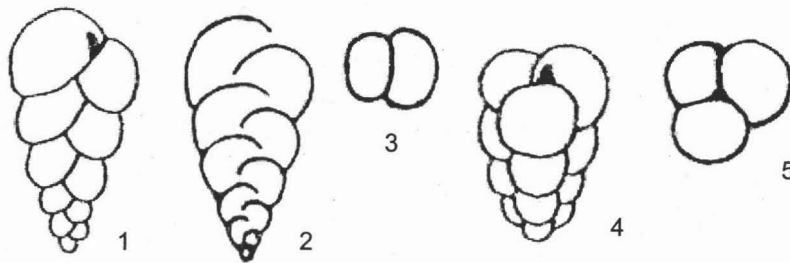


Fig.V.7. Esquemas de formas y secciones de conchas seriadas; 1 y 2: biseriada en corte axial, 3: corte transversal; 4 y 5: triseriada y cortes transversal (tomado de Arenillas, 2002).

B.- En las formas **espiraladas** o enrolladas, existen diversos modos de enrollamiento: la disposición más frecuente de las cámaras es la **trocospiraladas**, pero hay bastantes especies que son **planiespiraladas** y algunas **estreptospiraladas**.

En el modo **planiespiralado** las cámaras se enrollan en un plano de forma paralela al eje de enrollamiento, formando una concha simétrica. Su plano de simetría contiene al eje de crecimiento y el enrollamiento puede ser evolutivo o involutivo (Arenillas, 2002).

El **planiespiralado evolutivo** es cuando las cámaras de la última vuelta de espira no abrazan a las de las vueltas de espira anterior y por tanto se pueden observar todas las vueltas de espira de la concha, presentando dos ombligos amplios (Fig.V.8).

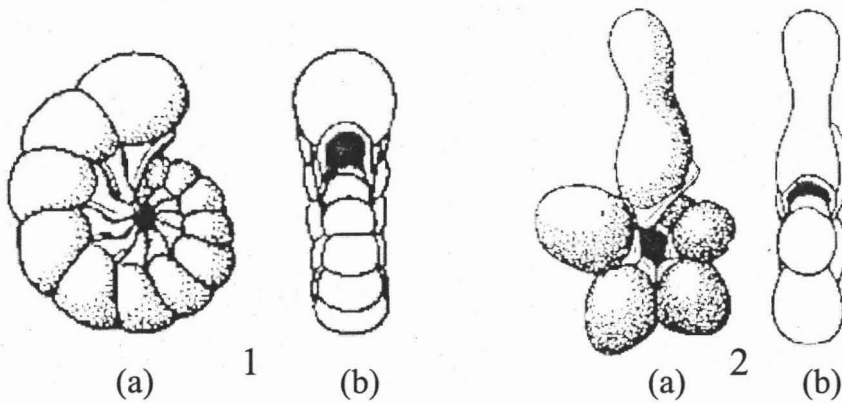


Fig.V.8. Conchas planiespiraladas: 1.- evolutas y 2.- involutas (a) lado ventral; (b) lado axial, biumbilical (tomado de Molina, 2002a).

El **planiespiralado involuto** es cuando las cámaras de la última vuelta de espira abrazan a las de las vueltas de espira anterior y, por tanto, sólo se puede observar la última vuelta de espira, presentando generalmente ombligos estrechos y a veces profundos (Fig.V.8).

En el modo **trocoespiralado** las cámaras se enrollan oblicuamente al eje de enrollamiento, el eje de crecimiento de la espira no se encuentra en un plano, sino que se desarrolla helicoidalmente. Son asimétricas y se puede distinguir lados diferentes: lado dorsal o espiral, donde se muestran todas las cámaras, lado ventral o umbilical, donde sólo se ve la última vuelta, y lado axial o vista periférica (Fig.V.9).

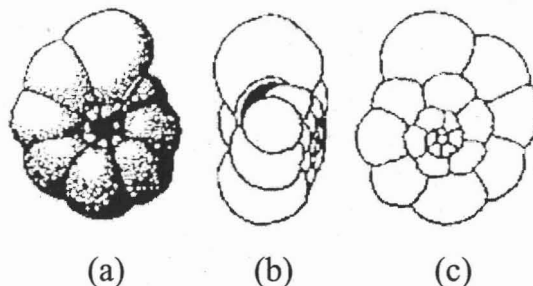


Fig.V.9. Concha trocoespiral: (a) lado ventral o umbilical; (b) lado axial o vista periférica; (c) lado dorsal o espiral (tomado de Molina, 2002a).

El modo **estreptoespiralado**, es una modificación del trocoespiralado, pero el plano de enrollamiento de las cámaras cambia continuamente, y en consecuencia varía también el eje, por lo que no se forma ombligo (Fig.V.10).

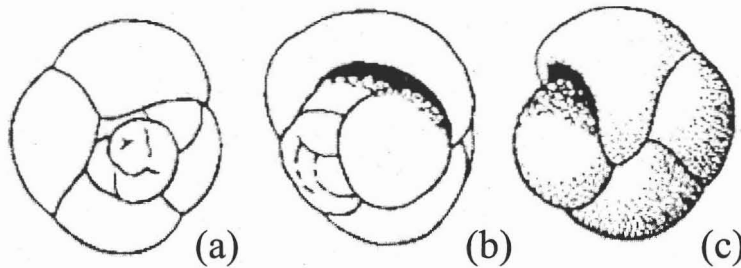


Fig.V.10. Concha estreptoespiral: (a) lado dorsal o espiral; (b) lado axial o vista periférica; (c) lado ventral o umbilical (tomado de Molina, 2002a).

2) Aberturas

Las aberturas son orificios por los cuales el citoplasma está en contacto con el exterior, y cuando se forma una nueva cámara el orificio precedente permite la comunicación entre dos cámaras contiguas. La abertura puede ser **simple** o **múltiple** y la forma y posición de la abertura o aberturas son importantes para la sistemática. Además, durante la ontogenia la forma y posición puede variar, por lo que también tiene interés para la filogenia (Arenillas, 2002).

La forma de la abertura principal puede ser redonda, en hendidura, en arco, en media luna, radiadas, dendríticas, múltiple en criba o múltiple linear, la posición puede ser terminal, **basal** o **interiomarginal** (situadas en la base de la última cámara), **areal** (en el centro de la última cámara), **periférica**, **umbilical** o **lateral** y **umbilical-extraumbilical**. (Fig.V.11).

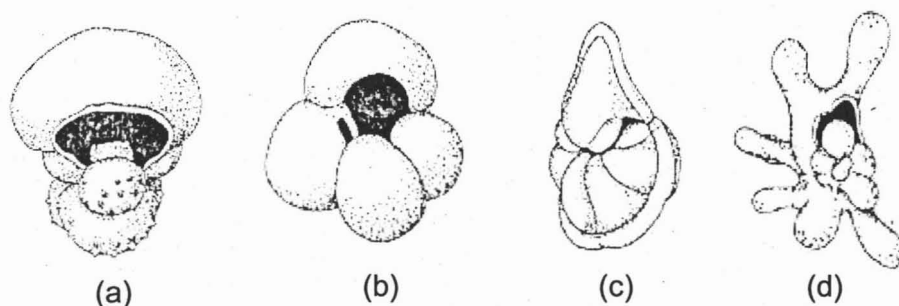


Fig.V.11. Posición y forma de aberturas principales: (a) ecuatorial arqueada; (b) intraumbilical arqueada alta; (c) umbilical-extraumbilical arqueada baja; (d) espiroumbilical (tomado de Arenillas, 2002).

Además de la abertura principal, pueden existir las **secundarias y/o accesorias** como: las **aberturas relíctas**, **aberturas suplementarias areales**, **aberturas suturales**, **aberturas múltiples suturales**, **aberturas infralaminares**, etc. (Fig. V.12).

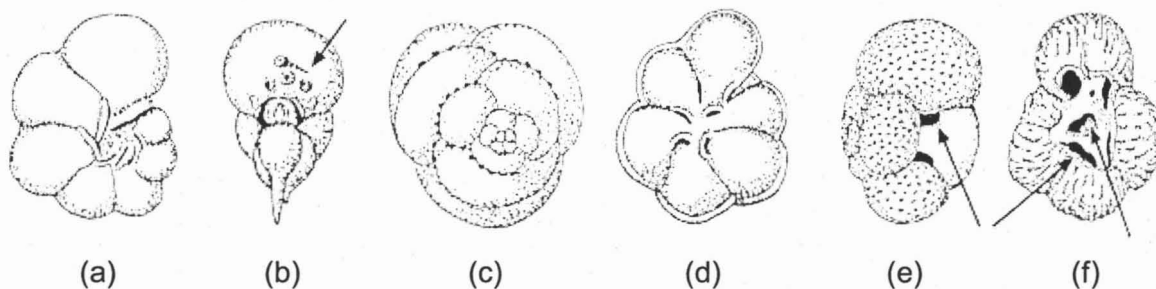


Fig.V.12. Tipos de aberturas suplementarias: (a) relicta; (b) areal múltiple; (c) sutural múltiple; (d) surural; (e) accesoria infralaminar; (f) accesoria intralaminar (tomado de Arenillas, 2002).

3) Tipo de cámara

Las formas de las cámaras son muy diferentes, pueden ser **globulares**, **esféricas**, **elongadas**, **cónicas**, **piriformes**, etc. (Fig.V.13). La forma final de los foraminíferos dependerá de la forma de sus cámaras y la disposición de las mismas.

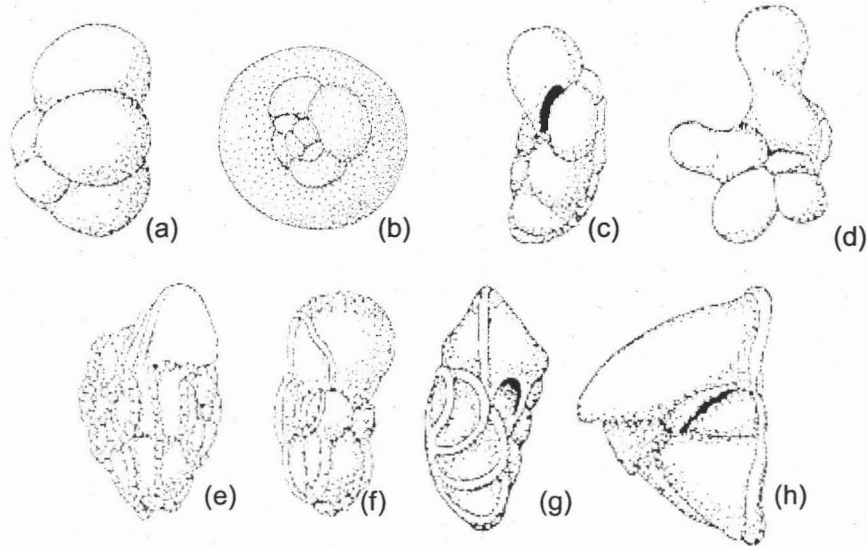


Fig.V.13. Ejemplos de formas de cámaras: (a) globular; (b) esférica; (c) ovalada; (d) claviforme; (e) truncada angular; (f) hemiesférica; (g) romboidal; (h) cónica angular (tomado de Arenillas, 2002).

4) Modificación de la abertura

Las aberturas pueden estar modificadas por la presencia de elementos variados (Fig.V.14): **dientes umbilicales**, (ya sean simples o bífidos), **rebordes laterales**, **labios aberturales** (que se prolongan más o menos hacia el interior de la concha), **tegilla**, **bullas umbilicales** (que esconden la abertura más o menos), **bullas areales**, **bullas umbilical-sutural** y **suturales** (Arenillas, 2002).

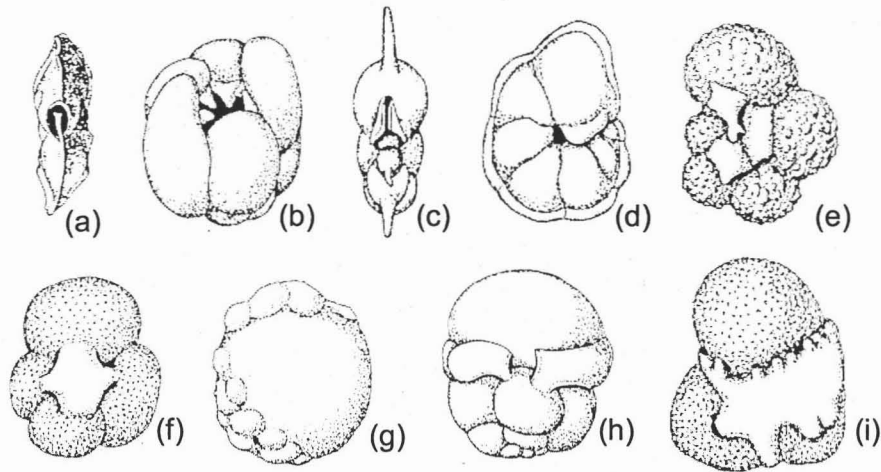


Fig.V.14. Modificaciones aperturales: (a) diente bífido; (b) dientes umbilicales; (c) rebordes laterales; (d) labio abertural; (e) tegilla; (f) bulla umbilical; (g) bullas areales; (h) bullas suturales; (i) bulla umbilical-sutural (tomado de Arenillas, 2002).

5) Modificación de la testa

La sistemática de los foraminíferos se basa fundamentalmente en las características anteriormente descritas, pero la forma general de la concha adquiere gran importancia en la clasificación a nivel de especie (González-Lara, 2002), por ejemplo cuando se trata de formas muy particulares como una **testa esférica** o una **testa plano-convexa** (Fig.V.15).

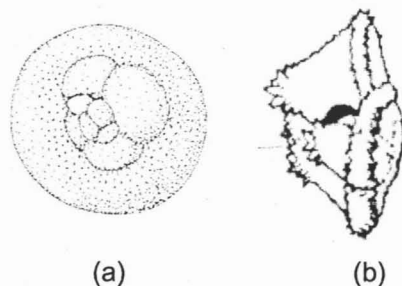


Fig.V.15. Ejemplos de modificación de la testa: (a) testa esférica; (b) testa plano-convexa (tomado de Arenillas, 2002).

6) Ornamentación.

Algunos de los foraminíferos calcáreos suelen estar ornamentados (Fig.V.16), generalmente en las paredes externas de las cámaras. La ornamentación consiste en la adición de tejido calcáreo bajo la forma de **espinas**, **pliegues**, **costillas**, **hileras**, **granulaciones**, **pustulas**, **ranuras**, etc. Cuando afecta a las suturas, éstas pueden presentarse como sobreelevadas, **limbadas**, **espinosas**, **granulosas**, etc. Si afecta a la periferia, lo más frecuente es un banda imperforada o como una formación más o menos saliente, llamada **quilla** o **carena** (Arenillas, 2002).

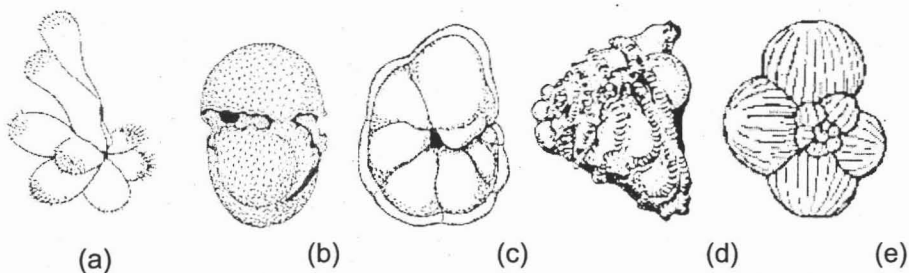


Fig.V.16. Tipos de ornamentación: (a) espinas; (b) rebordes; (c) quilla periférica; (d) granulosa; (e) costillas (modificado de Arenillas, 2002).

La función de estas ornamentaciones es diversa, en especies planctónicas con agujas largas, les sirven para mantenerse flotando. En muchas especies la ornamentación empieza a aparecer cuando todo el caparazón ya está casi formado, esto quiere decir que juegan un papel de gran importancia los pseudópodos. Una ornamentación poco desarrollada y hasta su pérdida total, puede deberse también a condiciones deficientes de alimentación y otras anomalías ambientales durante su vida.

VI. MICROPALAEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

La micropaleontología es la disciplina que estudia la vida del pasado y la evolución de la biosfera a partir de los fósiles de pequeño tamaño (Molina, 2002b). El desarrollo de esta rama de la paleontología se debe a su valiosa aplicación en la solución de problemas geológicos, debido a la gran utilidad bioestratigráfica de los microfósiles, como son los foraminíferos planctónicos.

Su pequeño tamaño, su gran abundancia y su amplia distribución hacen a los foraminíferos planctónicos el grupo microfósil más utilizado, a tal grado que establecieron la base del desarrollo de la Micropaleontología Aplicada, la cual ha colaborado a la solución de importantes problemas geológicos (bioestratigráficos y paleoecológicos) y paleobiológicos (evolución y extinción), siendo el aspecto utilitario de los microfósiles en la Industria Petrolera, la causa del desarrollo en gran medida de las aplicaciones bioestratigráficas.

Es fundamental la invención del microscopio en el siglo XVI para el nacimiento de la Micropaleontología. Este acontecimiento permitió a Hooke, en 1665, describir e ilustrar el primer microforaminífero estudiado, de sus observaciones afirma que se trataba de un pequeño caracol acuático petrificado. Durante siglo y medio continuaron estas observaciones, principalmente de foraminíferos, siendo atribuidos a pequeños moluscos, corales, gusanos y otros animales (*in* Molina, 2002b).

El que más se destacó en el estudio de la morfología, distribución y clasificación de los foraminíferos tanto actuales como fósiles, fue el francés Alcide d'Orbigny, quien es considerado como el principal fundador de la Micropaleontología, ya que, entre los años 1826 y 1857, describió algunas miles de especies y puso de manifiesto su potencial valor bioestratigráfico. También acuña el término "*foraminíferos*" que inicialmente consideró como cefalópodos, hasta que Dujardin en 1835 señaló la verdadera naturaleza unicelular y establece el término *Rhizopoda* (*in* Molina, 2002b).

Para el año de 1862, Reuss propuso la primera clasificación moderna de los foraminíferos basada en los caracteres de las conchas: existencia de perforaciones y naturaleza de la pared (*in* Molina, 2002b).

Por lo tanto, la micropaleontología aunque nació en Europa, fue en América donde tuvo un desarrollo más espectacular durante la década de 1920 en los E.U., debido a la aplicación de los microfósiles a la datación y correlación de los sondeos petrolíferos. El más importante de los pioneros en E.U. fue Cushman, quien realizó su tesis doctoral en foraminíferos en 1905. Su dedicación al estudio de este grupo, lo llevan a publicar importantes artículos y libros. Estos trabajos sirvieron de base para la formación de los primeros especialistas y convencer a las empresas y universidades del interés de estos microfósiles (*in* Molina, 2002b).

En México, a partir de los años 70's es cuando se intensifican los trabajos micropaleontológicos realizados por el personal de Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo, utilizando principalmente los foraminíferos como una herramienta para la exploración petrolera en las cuencas terciarias del SE.

Por lo cual, en el presente trabajo se realizó un estudio sistemático de los foraminíferos planctónicos contenidos en los sedimentos de las siguientes secciones muestreadas en el SE de México: **Bochil, San Pedro, Tapijulapa, Chintul, Rosario, Navidad y Atardecer.**

El estudio sistemático consistió en la determinación de especies con base al análisis de los siguientes caracteres morfológicos: **naturaleza de la testa, aberturas, número de cámaras y su disposición, forma general de la testa** (los cuales se tratan ampliamente en el capítulo V). El análisis taxonómico de los foraminíferos planctónicos en este caso, ha sido fundamentado en varios trabajos, tales como: Bolli y Saunders (1985), Stainforth *et al* (1975), Arenillas (1996), Robles y Flores, 1969 y González-Lara (1994, 2001).

SUPERFAMILIA GLOBIGERINACEA

Testa enrollada planispiral, trocospiral o modificación de ambas, cámaras básicamente globulares, comprimidas o modificadas, paredes lamelares dobles de calcita, radial, hialina perforada; pueden tener quillas acanaladas; abertura primaria umbilical, interiomarginal, extraumbilical, puede modificarse hasta volverse areal, terminal individualizada, en ocasiones múltiple, y tener aberturas secundarias accesorias con labio apertural.

FAMILIA HETEROHELICIDAE

Primer estadio trocospiral, planispiral, biserial o triserial, después puede desarrollar proliferación o reducción de series de cámaras; abertura grande sencilla, interiomarginal o terminal en formas uniseriales, sin proceso columnar interno.

Guembelitra

G. danica
G. irregularis

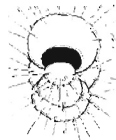
Chiloguembelina

FAMILIA HANTKENINIDAE

Testa planispiral o enrollamiento biserial; cámaras esféricas alargadas o claviformes; abertura primaria ecuatorial simétrica, individualizada o múltiple, puede tener aberturas relicticas o secundarias areales.

Hastigerina

H. praesiphonifera
H. siphonifera



FAMILIA GLOBIGERINIDAE

Testa trocospiral, estreptospiral o globular; cámaras ovaladas, o en forma de clavos; abertura primaria umbilical o espiroumbilical, puede tener aberturas secundarias suturales o areales, ámpulas, bullas y aberturas accesorias infralaminares.

Globigerina

G. fringa
G. triloculinoidea
G. tapuiensis
G. ouachitaensis gnaucki
G. ciperensis angustiumbilicata
G. ciperensis ciperensis
G. ciperensis angulisuturalis
G. nepenthes
G. picassiana

*Catapsydrax*

C. dissimilis

*Globorotaloides*

G. suteri
G. variabilis

Globigerinoides

G. bisphericus
G. altiapertura
G. trilobus trilobus
G. trilobus immaturus
G. trilobus sacculifer
G. ruber

*Globoquadrina*

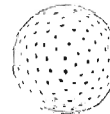
G. dehiscens
G. altispira altispira

*Praeorbulina*

P. glomerosa circularis
P. transitoria

Orbulina

O. suturalis
O. universa

*Sphaeroidinellopsis*

S. disjuncta
S. multiloba
S. seminulina

FAMILIA GLOBOROTALIIDAE

Testa trocospiral; cámaras ovaladas, esféricas o angulares; abertura primaria interiomarginal, extraumbilical, pudiendo presentarse aberturas secundarias suturales sobre el lado espiral.

Parvularugoglobigerina

P. longiapertura

Planorotalites

P. pusilla pusilla
P. chapmani
P. pseudomenardii

Morozovella

M. velascoensis

*Acarinina*

A. nitida

Globorotalia

G. opima nana
G. opima opima
G. mayeri
G. obesa
G. praemenardii
G. fohsi peripheroronda
G. fohsi peripheroacuta
G. fohsi praefohsi
G. fohsi fohsi
G. continua
G. scitula scitula
G. lenguaensis
G. acostaensis acostaensis
G. humerosa praehumerosa

*Clavatorella*

C. bermudezi

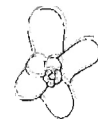


Fig.VI. Síntesis de las familias, géneros, especies y subespecies determinados de la Superfamilia Globigerinacea en el presente

Se identifico un total: 4 familias, 17 géneros, 36 especies y 19 subespecies de la Superfamilia Globigerinacea (Fig.VI.) del Paleoceno, Oligoceno y Mioceno del Sureste de México, las cuales se describen a continuación:

GÉNERO	DESCRIPCIÓN	DISCUSIÓN
<i>Guembelitra</i>	Testa totalmente triseral, con cámaras globulares, pared finamente perforada, abertura en arco interiomarginal situada en la base de la última cámara.	<i>Guembelitra</i> presenta un desarrollo totalmente triseral, a diferencia de <i>Woodringina</i> , la cual presenta un desarrollo triseriado seguido de un biseriado, y de <i>Chiloguembelina</i> la cual es totalmente biserial.
<i>Chiloguembelina</i>	Testa totalmente biserial con tendencia a la torsión, con cámaras globulares, pared finamente perforada, abertura en arco amplio y bajo bordeado por una extensión de la última cámara.	<i>Chiloguembelina</i> presenta un desarrollo biserial, a diferencia de <i>Woodringina</i> la cual presenta un desarrollo triseriado seguido de un biseriado, y de <i>Guembelitra</i> que presenta un desarrollo triseriado.
<i>Parvularugoglobigerina</i>	Testa trocospiral baja, cámaras globulares a ovaladas, pared fina, abertura primaria umbilical-extraumbilical en forma de arco alto alargado bordeado por un estrecho labio.	<i>Parvularugoglobigerina</i> se distingue de <i>Planorotalites</i> , <i>Morozovella</i> y <i>Acarinina</i> por presentar una pared fina y no una pared reticulada característica de estos géneros.
<i>Planorotalites</i>	Testa trocospiral, planoconvexa a biconvexa, primeras cámaras globulares, después cónicas a aplanadas, la periferia axial puede presentar quilla imperforada, pared finamente perforada, abertura pequeña, baja a ligeramente arqueada, interiomarginal, umbilical extraumbilical bordeada por un labio.	<i>Planorotalites</i> se puede llegar a confundir con el género <i>Pseudohastigerina</i> del cual difiere por tener un enrollamiento trocospiral, y no un enrollamiento planispiral como en este último género.
<i>Morozovella</i>	Testa trocospiral, con el margen periférico subagudo a agudo y muricocarena continua, abertura umbilical-extraumbilical, pared muricada, cámaras usualmente aplanadas en el lado espiral, pero umbilicalmente son globosas a abombadas.	Este género se diferencia fácilmente por presencia de una periferia ecuatorial con una quilla ornamentada llamada muricocarena, por lo cual en su nivel estratigráfico no se llega a confundir con ningún otro género.
<i>Acarinina</i>	Testa trocospiral baja, cámaras globulares, lado espiral ligeramente aplanado, lado umbilical convexo, perfil axial redondeado, abertura principal en forma de arco bajo, a lo largo de la sutura marginal, y puede tener un labio. La testa es groseramente espínosa.	<i>Acarinina</i> se distingue de <i>Morozovella</i> , por presentar una periferia redondeada sin quilla, la cual es evidente en este último género. Se diferencia de <i>Truncorotaloides</i> porque no presenta aberturas secundarias suturales del lado dorsal, característico de este género.
<i>Globorotalia</i>	Testa trocospiral, cámaras angulares, romboidales o cónica-angulares, la periferia puede o no tener quilla, pared perforada, abertura interiomarginal, en arco umbilical-extraumbilical bordeada por un labio.	El género <i>Globorotalia</i> presenta una abertura umbilical-extraumbilical a diferencia de <i>Globigerina</i> la cual tiene una abertura umbilical y de <i>Globigerinoides</i> por su abertura umbilical, y principalmente por la presencia de aberturas secundarias.

GÉNERO	DESCRIPCIÓN	DISCUSIÓN
<i>Clavatorella</i>	Testa trocospiral, evoluta y algo hundida del lado espiral, generalmente involuta del lado ventral, cámaras radialmente alargadas, digitadas o en forma de clavos, abertura en hendidura que se extiende desde el ombligo a lo largo de la base ventral, hasta la periferia ecuatorial, donde es más alta y más abierta y no pasa al lado espiral.	En su nivel estratigráfico el género <i>Clavatorella</i> se distingue fácilmente por presencia de cámaras en forma de clavos, las cuales son típicas de este género, excepción del género <i>Clavigerinella</i> del Paleógeno, del cual se distingue por tener un desarrollo trocospiral y no planispiral como en este último género.
<i>Hastigerina</i>	Testa planispiral, en el primer estadio puede ser ligeramente trocospiral, biumbilicada, puede ser involuta o parcialmente evoluta, cámaras esféricas a ovaladas, suturas hundidas y radiales, pared fina a toscamente perforada, abertura interiomarginal en arco ancho ecuatorial.	Este género se distingue por su desarrollo planispiral y por su abertura ecuatorial, diferencia de otros como <i>Globorotalia</i> , <i>Globigerina</i> , los cuales presentan un desarrollo trocospiral, y abertura umbilical y umbilical respectivamente.
<i>Globigerina</i>	Testa trocospiral, cámaras esféricas a ovaladas, pared perforada, superficie lisa, punteada, reticulada, hispida o espinosa, abertura primaria interiomarginal umbilical	El género <i>Globigerina</i> se distingue de <i>Globigerinoides</i> por no presentar abertura secundarias características de este último género.
<i>Catapsydrax</i>	Testa trocospiral, cámaras esféricas a ovaladas, pared perforada, suturas deprimidas, radiales a ligeramente curvas, abertura primaria interiomarginal, umbilical, en el estadio final cubierta por una bulla umbilical, con una o más aberturas accesorias infralaminares.	<i>Catapsydrax</i> se distingue de <i>Globorotaloides</i> por tener una bulla umbilical a diferencia de este último género que en algunas especies se observa una cámara abortiva.
<i>Globorotaloides</i>	Testa trocospiral baja, cámaras subglobulares a esféricas, pared perforada, suturas hundidas, abertura interiomarginal, extraumbilical a umbilical.	<i>Globorotaloides</i> presenta un arreglo de las primeras cámaras muy apretado el cual forma un cuerno de abundancia, esta característica lo distingue de otros géneros.
<i>Globigerinoides</i>	Testa trocospiral, cámaras esféricas a ovaladas, pared perforada, abertura primaria interiomarginal umbilical, con una o más aberturas secundarias por cámara en las suturas del lado espiral.	<i>Globigerinoides</i> se diferencia de <i>Globigerina</i> y <i>Globorotalia</i> por presentar unas o más aberturas secundarias del lado dorsal.
<i>Globoquadrina</i>	Testa trocospiral, cámaras esféricas a subangulares, pared perforada suturas deprimidas, radiales a ligeramente curvas, abertura interiomarginal, umbilical, puede presentar un borde angosto a una proyección en forma de diente.	<i>Globoquadrina</i> difiere de <i>Globigerina</i> por tener dientes umbilicales, y de <i>Globorotalia</i> en por presentar una abertura primaria umbilical en lugar de ser umbilical-extraumbilical característico de este último género.
<i>Praeorbulina</i>	Testa globular a esférica, o casi bisférica, porción inicial trocospiral, la última cámara abarca la mayor parte de la testa, pared perforada, abertura primaria interiomarginal, umbilical, con aberturas suturales en el lado espiral.	En <i>Praeorbulina</i> se observa el desarrollo de las primeras cámaras y aberturas secundarias suturales, a diferencia de <i>Orbulina</i> en la cual la última cámara es más evidente, además de que presenta aberturas secundarias areales.

GÉNERO	DESCRIPCIÓN	DISCUSIÓN
<i>Orbulina</i>	Testa esférica, las primeras cámaras son trocospirales, en el adulto esta compuesta de una sola cámara, pared toscamente perforada, la abertura primaria es umbilical en el primer estadio, areal en el adulto, con numerosas aberturas secundarias suturales y areales pequeñas.	<i>Orbulina</i> presenta una testa esférica numerosas aberturas secundarias areale y suturales, lo cual la distingue d <i>Praeorbulina</i> la cual presenta una test casi esférica, se observa el desarrollo d las primeras cámaras y solo present aberturas secundarias suturales.
<i>Sphaeroidinellopsis</i>	Testa trocospiral, pared primaria cubierta por una capa secundaria que reduce la porosidad, superficie de las cámaras finales vítrea y muy lisa, abertura primaria umbilical rodeada por un labio, suturas deprimidas, radiales o curvas.	Este género presenta una testa vítrea característica, por lo cual no se llega confundir con otros géneros com <i>Globigerina</i> , <i>Globigerinoides</i> y <i>Globorotali</i> los cuales presentan una testa perforada.

Orden FORAMINIFERA d'Orbigny, 1826

Superfamilia GLOBIGERINACEA Carpenter, Parker y Jones, 1892

Familia HETEREOHELICIDAE Cushman, 1927

Género *GUEMBELITRIA* Cushman, 1933

Guembelitra danica Hofker, 1978

Lám. I, figs. 3-4

1990 *Chiloguembelitra danica*, Hofker

Descripción: Testa triseriada compuesta de 12-16 cámaras distribuidas en 4 ó 5 vueltas; cámaras crecen lentamente de tamaño y tienen forma esférica; lados espiral y lateral indistinguibles; contorno ecuatorial subtriangular y lobulado, y el perfil axial redondeado; suturas intercamerales incisas; abertura principal en forma de arco alto y alargado, situada en la unión de las suturas de las tres últimas cámaras; superficie de la pared lisa y con escasos poros; tamaño máximo oscila alrededor de 0.2 mm de altura y 0.1 mm de anchura.

Distribución estratigráfica: Paleoceno Temprano

Observaciones: Esta especie (*Guembelitra danica*) se determinó en las muestras HR-61 y HR-62 de la Sección Bochil (Fig. VI.1).

Discusión: *Guembelitra danica* se distingue de *Guembelitra irregularis* por presentar un eje de enrollamiento recto con las cámaras de cada vuelta alineadas.

***Guembelitra irregularis* Morozova, 1961**

Lám. I, figs. 1 y 2

1961 *Guembelitra irregularis*, Morozova

Descripción: Testa triseriada compuesta de 14-18 cámaras distribuidas en 5 ó 6 vueltas; cámaras crecen lentamente de tamaño y tienen forma esférica; eje de enrollamiento es irregular, de forma que las cámaras de cada vuelta no están alineadas; lados espiral y lateral indistinguibles; contorno ecuatorial subtriangular y lobulado: perfil axial redondeado; suturas intercamerales incisas; abertura principal en forma de arco alto y alargado, y situado en la unión de las suturas de las tres últimas cámaras; superficie de la pared lisa con escasos poros; tamaño máximo oscila alrededor de 0.2 mm de altura y 0.1 mm de anchura.

Distribución estratigráfica: Paleoceno Temprano

Observaciones: Esta especie (*Guembelitra irregularis*) se determinó en las muestras HR-61 y HR-62 de la Sección Bochil (Fig.VI.1).

Discusión: *Guembelitra irregularis* se puede considerar como una forma evolucionada a partir de *Guembelitra danica* adquiriendo un eje de enrollamiento irregular.

Género *CHILOGUEMBELINA* Loeblich y Tappan, 1956

Descripción: Testa biserial con tendencia a la torsión; cámaras subglobosas y separadas por suturas deprimidas; pared calcárea, con estructura radial y finamente perforada; superficie de la pared lisa o hispida; abertura en forma de arco amplio y bajo, bordeado por una extensión de la última cámara; comúnmente esta estructura está más desarrollada en un lado que en otro, de manera que la abertura parece estar dirigida hacia uno de los lados planos de la concha.

Distribución estratigráfica: Paleoceno-Eoceno.

Observaciones: Se determino ejemplares de *Chiloguembelina* sp., en las muestras HR-61 y HR-62 de la Sección Bochil (Fig.VI.1) y en las muestras HR-63 y HR-72 de la Sección San Pedro (Fig.VI.2).

Discusión: *Chiloguembelina* se diferencia de otros géneros por su desarrollo biserial en todo su crecimiento, mientras que *Guembelitria* presenta un desarrollo totalmente triseriado, y *Woodringina* presenta un desarrollo triseriado seguido de por otro biseriado.

Familia HANTKENINIDAE, Cushman, 1927

Género *HASTIGERINA* Thomson, 1876

***Hastigerina praesiphonifera* Blow, 1969**

1969 *Hstigerina siphonifera praesiphonifera* Blow

Descripción: Testa trocospiral a planispiral evoluta, cámaras infladas, subglobulares, las primeras cámaras están dentro de la región umbilical; con 5 cámaras en la última vuelta, creciendo lentamente; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial muy redondeada, plano convexa; cara espiral subcircular con suturas curvadas y deprimidas, cara umbilical subcuadrada con suturas curvadas y deprimidas, ombligo estrecho y deprimido; abertura interiomarginal, umbilical-extraumbilical, sin labio o anillo con disposición asimétrica; superficie finamente hispida; diámetro 0.72 mm

Distribución estratigráfica: Parte media del Mioceno Temprano a la parte media del Mioceno Medio

Observaciones: Se determinaron formas parecidas a esta especie (*Hastigerina praesiphonifera*) en la muestra HR-46 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7) y en la muestra HR-16 de la Sección Rosario (Fig.VI.5); en la muestra HR-20 de la Sección Navidad se determinaron ejemplares de esta especie (Fig.VI.6).

Discusión: *Hastigerina praesiphonifera* se caracteriza por tener un desarrollo de la testa planispiral biumbilicada con cámaras libres más lobulares, estas características la distinguen de *Hastigerina siphonifera*, la cual presenta un desarrollo planispiral biinvoluta muy apretado y cámaras totalmente globulares.

***Hastigerina siphonifera* d'Orbigny, 1839**

1839a *Globigerina siphonifera* d'Orbigny

Descripción: Testa trocospiral baja en los primeros estadios planispiral involuta en la última vuelta, con cámaras globosas, esféricas a ovales; de 4 a 5 cámaras en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial marcadamente lobulada y periferia axial redondeada, las dos depresiones umbilicales son estrechas; suturas radiales y deprimidas; pared densamente perforada y superficie hispida o espinosa; abertura en forma de hendidura baja, interiomarginal-ecuatorial y simétrica; diámetro máximo es de 0.46 mm.

Distribución estratigráfica: Parte media del Mioceno Medio al Holoceno.

Observaciones: Se determinaron formas parecidas a esta especie (*Hastigerina siphonifera*) en las muestras HR-18, HR-20 y HR-23 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: *Hastigerina siphonifera* difiere de *Hastigerina aequilateralis*, por no tener visible el primer estadio trocospiral, es decir el modo de enrollamiento es menos abierto. Difiere de *Hastigerina praesiphonifera* por tener un desarrollo de la testa planispiral biinvoluta muy apretado y cámaras totalmente globulares, mientras que *H. praesiphonifera* tiene una testa biumbilicada con cámaras libres más lobulares.

Familia GLOBIGERINIDAE Carpenter, Parker y Jones, 1862

Género *GLOBIGERINA* d'Orbigny, 1826

Globigerina fringa Subbotina, 1950

1950 *Globigerina fringa* Subbotina

Descripción: Testa muy pequeña, trocospira baja con dos vueltas de espira apretadas; con 3½ a 4 cámaras en la última vuelta; cámaras globosas o ligeramente ovaladas las cuales incrementan rápidamente de tamaño; periferia ligeramente lobulada; ombligo pequeño y poco profundo; suturas deprimidas y radiales; abertura principal pequeña, en posición umbilical con tendencia extraumbilical; superficie de la testa perforada a finamente punteada; diámetro raramente excede los 0.2 mm.

Distribución estratigráfica: De la base a la parte media del Paleoceno Temprano

Observaciones: Esta especie (*Globigerina fringa*) solo se encontró en las muestras HR-59 y HR-62 de la Sección Bochil y fue muy escasa (Fig.VI.1).

Discusión: *Globigerina fringa* difiere de *Globigerina* (*Parvularugoglobigerina*) *eugubina* por tener la pared lisa, menos cámaras en la última vuelta (5 a 6), y abertura arco bajo umbilical-extraumbilical, mientras que *G. fringa* presenta una pared perforada a finamente punteada, de 3½ a 4 cámaras en la última vuelta, y la abertura es pequeña en posición umbilical.

***Globigerina triloculinoides* Plummer, 1926**

Lám.III, figs. 3-5

1926 *Globigerina triloculinoides* Plummer

Descripción: Testa pequeña, trocospira baja, espira apretada, interior de la espira muy pequeño; lado espiral ligeramente plano, y lado umbilical ligeramente convexo; de 3 a 3 1/2 cámaras globulares en la última vuelta, se incrementan rápidamente en tamaño, última cámara ocupa de una tercera parte a la mitad de la testa; periferia axial redondeada, y periferia ecuatorial trilobulada; suturas deprimidas, radiales a oblicuas; ombligo poco profundo; abertura umbilical o incluso ligeramente umbilical-extraumbilical, con labio; superficie toscamente perforada, reticulada; diámetro raramente excede de 0.4 mm.

Distribución estratigráfica: Parte media del Paleoceno Temprano a la base del Paleoceno Tardío.

Observaciones: Esta especie (*Globigerina triloculinoides*) fue muy abundante en las secciones San Pedro (Fig.VI.2) y Tapijulapa (Fig.VI.3). Se encuentra distribuida en toda la columna para cada una de las secciones mencionadas.

Discusión: *Globigerina triloculinoides* difiere de *Globigerina inaequispira* por tener mayor tamaño, las cámaras son menos globosas y presenta un crecimiento de las cámaras mucho más rápido, y principalmente vista del lado axial en *G. inaequispira* se observan el arreglo de las cámaras casi planispiral, mientras que en *G. triloculinoides* se observa un ligero desplazamiento de la penúltima cámara. *Globigerina velascoensis* se distingue por tener mayor tamaño y las cámaras aplastadas tangencialmente.

***Globigerina tapuriensis* Blow y Banner, 1962**

1962 *Globigerina tripartita tapuriensis* Blow y Banner

Descripción: Testa grande caracterizada por una trocospira baja; cámaras se incrementan rápidamente de tamaño dando como resultado sólo tres cámaras en la última vuelta de espira; cámaras globulares; última cámara cerca de la mitad del tamaño total de la testa; ombligo abierto y abertura en forma de arco bajo.

Distribución estratigráfica: Oligoceno Temprano

Observaciones: Esta especie (*Globigerina tapuriensis*) se determinó en las muestras HR-51 y HR-52 de la Sección Chintul (Fig.VI.4).

Discusión: *Globigerina tapuriensis* es una especie contemporánea a *Globigerina tripartita* de la cual se distingue por tener cámaras más globulares, lado espiral más convexo, el ombligo más abierto y alto, lado umbilical más convexo y grande, y una abertura más abierta.

***Globigerina ouachitaensis gnaucki* Blow y Banner, 1962**

1962 *Globigerina ouachitaensis* Howe y Wallace

Descripción: Testa pequeña de trocospira moderadamente alta; con cuatro cámaras en la última vuelta de espira; cámaras globulares y con un amplio ombligo; presenta un desarrollo de las cámaras rápido, periferia ecuatorial fuertemente lobulada y periferia axial redondeada; en la cara dorsal presenta suturas intercamerales ligeramente curvas a radiales; abertura primaria intraumbilical en forma de un arco; pared finamente perforada y superficie hispida; diámetro del holotipo: 0.36 mm.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Paleoceno Tardío a la base del Oligoceno Medio.

Observaciones: Esta especie (*Globigerina ouachitaensis gnaucki*) fue poco común y solo se encontró en los sedimentos de la Sección Chintul, en las muestras HR-51 a la muestra HR-55 (Fig.VI.4).

Discusión: *Globigerina ouachitaensis gnaucki* se diferencia de *Globigerina ouachitaensis ouachitaensis* por presentar un desarrollo de las cámaras ligeramente más rápido, dando como resultado que la forma del contorno del ombligo sea menos cuadrado que en esta subespecie.

***Globigerina ciproensis angustiumblicata* Bolli, 1957**

1957b *Globigerina ciproensis angustiumblicata* Bolli

Descripción: Testa de trocospira muy baja, con cámaras esféricas, las cuales se incrementan de moderada a rápidamente de tamaño; con 4 a 5 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral convexa, cara umbilical ligeramente convexa, con suturas deprimidas y radiales en ambos lados, ombligo pequeño angosto y casi cerrado; abertura en arco medio a bajo, interiomarginal, umbilical, con un labio delgado; superficie finamente rugosa; diámetro 0.3 mm.

Distribución estratigráfica: De la parte Tardío del Paleoceno Tardío a la parte media del Mioceno Temprano.

Observaciones: Esta especie (*Globigerina ciproensis angustiumblicata*) se determino en las muestras HR-51 a la HR-55 de la Sección Chintul, fue escasa pero bien conservada (Fig.VI.4).

Discusión: *Globigerina ciproensis angustiumblicata* difiere de la subespecie *Globigerina ciproensis ciproensis* por presentar una trocospira muy baja y un ombligo pequeño angosto y casi cerrado, en lugar de tener una trocospira alta y un ombligo muy amplio y profundo característico de *G. c. ciproensis*. Y se distingue de *Globigerina ciproensis angulisuturalis* por presentar suturas deprimidas, y no profundas y acanaladas propias de esta subespecie.

***Globigerina ciproensis ciproensis* Bolli, 1957**

Lám.V, figs.1-3

1962 *Globigerina ouachitensis ciproensis* (Bolli). Blow y Banner1971 *Globigerina ciproensis ciproensis* Bolli. Jenkis

Descripción: Testa pequeña de cámaras subesféricas las cuales incrementan tamaño lenta y regularmente; 5 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial lobulada, tendiendo a ser pentagonal; suturas incisas; ombligo abierto y conspicuo, ancho aproximadamente un cuarto a una tercera parte del diámetro de la testa; abertura umbilical abierta directamente dentro del ombligo; superficie finamente perforada, hispida en ejemplares preservados; diámetro puede llegar a 0.35 mm.

Distribución estratigráfica: De la base del Oligoceno Medio a la base del Oligoceno Tardío.

Observaciones: Esta especie (*Globigerina ciproensis ciproensis*) estuvo ampliamente representada en todas las muestra (excepto en la HR-49) de la Sección Chintul (Fig.VI.4). Su presencia fue abundante y bien conservada.

Discusión: *Globigerina ciproensis ciproensis* es una subespecie muy característica por lo cual no se puede llegar a confundir con otras especies contemporáneas como *G. ouachitaensis* s.l. y *G. pseudobulloides*. Se caracteriza por tener una trocospira alta y un ombligo muy amplio y profundo, lo cual difiere de la subespecie *Globigerina ciproensis angustiumbilicata* que presenta una trocospira muy baja y un ombligo pequeño angosto y casi cerrado. Y se distingue de *Globigerina ciproensis angulisuturalis* por no tener suturas acanaladas características de esta subespecie.

***Globigerina ciperoensis angulisuturalis* Bolli, 1957**

Lám.IV, figs. 5-6

1971 *Globigerina ciperoensis angulisuturalis* (Bolli). Jenkins

Descripción: Testa pequeña, trocospira baja con cámaras subglobulares con aumento moderado de tamaño; 5 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial circular, lobulada le da al contorno la forma de una roseta pentagonal y periferia axial redondeada; cara espiral ligeramente levantada con suturas profundas radiales acanaladas, cara umbilical cóncava con suturas deprimidas y radiales acanaladas; abertura en forma de arco interiomarginal umbilical, puede estar rodeado por un ligero reborde, con un ombligo amplio y profundo; superficie finamente perforada; diámetro 0.15 a 0.20 mm.

Distribución estratigráfica: Del Oligoceno Medio al Oligoceno Tardío.

Observaciones: Esta especie (*Globigerina ciperoensis angulisuturalis*) fue muy abundante y se encontró bien conservada en las mismas muestras que *G. c. ciperoensis* de la Sección Chintul (Fig.VI.4).

Discusión: *Globigerina ciperoensis angulisuturalis* es una subespecie que se reconoce fácilmente por sus características suturas profundas, radiales y acanaladas, las cuales son específicas de esta subespecie, la distingue de las subespecies: *Globigerina ciperoensis angustiumbilicata* y *Globigerina ciperoensis ciperoensis*.

***Globigerina nepenthes* Todd, 1957**

Lám.V, fig. 6

1957 *Globigerina nepenthes* Todd

Descripción: Testa trocospiral, compacta, espira de baja a alta; con 4 a 5 cámaras en la última vuelta; cámaras globosas, excepto la última que típicamente sobresale oblicuamente, parecido a un dedo; periferia ecuatorial ligeramente lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral ligeramente convexa con suturas poco curvadas a rectas, ligeramente deprimidas, cara umbilical convexa con suturas casi radiales, deprimidas; ombligo un orificio circular, angosto, somero; pared toscamente perforada; abertura en arco amplio, semicircular, interiomarginal, en la parte umbilical de la cámara final, limitada por un borde grueso; diámetro máximo 0.42 a 0.58 mm.

Distribución estratigráfica: De la parte superior del Mioceno Medio al Plioceno Temprano.

Observaciones: Se determinaron formas parecidas a esta especie (*Globigerina nepenthes*) en las muestras HR-9, HR-14 y HR-15 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: *Globigerina nepenthes* es una especie muy utilizada en el estudio bioestratigráfico de pozos, esto se debe a que su primera aparición en sentido de perforación ayuda a establecer la base del Plioceno Temprano. La testa de *G. nepenthes* presenta una característica particular de la última vuelta, la cual se desfasa ligeramente del plano de enrollamiento de las cámaras anteriores, además de presentar una periferia ecuatorial muy alargada, cámaras globulares y una abertura en arco amplio limitada por un labio grueso.

***Globigerina picassiana* Perconig, 1968**

1957 *Globigerina nepenthes* Todd

Descripción: Testa con alrededor de 12 cámaras organizadas en una sola trocospira elevada; con cuatro cámaras en la última vuelta que aumentan lentamente de tamaño sin excesivas diferencia en las dos últimas; cámaras infladas y por lo tanto suturas medianamente deprimidas; periferia ecuatorial un poco lobulada; cámara antepenúltima se va hacia el ombligo; superficie burdamente puntea; abertura principal umbilical y pequeña, con un labio bien marcado; tamaño máximo: 0.4 mm de diámetro y 0.3 mm de espesor; tamaño mínimo 0.2 mm de diámetro y 0.15 mm de espesor.

Distribución estratigráfica: Mioceno Tardío a la base del Plioceno

Observaciones: Se encontraron formas parecidas a esta especie (*Globigerina picassiana*) en las muestras HR-9, HR-12, HR-14 y HR-15 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: *Globigerina picassiana* se considera como una posible variación morfológica de *Globigerina nepenthes*, de la cual se distingue solamente por presentar una abertura primaria umbilical pequeña, con forma triangular y con un labio bien marcado. Esta especie se diferencia de *Globigerina microstoma* por su abertura pequeña triangular, mientras que esta última especie se caracteriza por presentar una abertura pequeña semicircular.

Género *CATAPSYDRAX* Bolli, Loeblich y Tappan, 1957

Catapsydrax dissimilis Cushman y Bermudez, 1937

1937 *Globigerina dissimilis* Cushman y Bermúdez

1957 *Catapsydrax unicavus* Bolli, Loeblich y Tappan

1962 *Globigerinita dissimilis ciperensis* Blow y Banner

Descripción: Testa de tamaño mediano, concha compacta ovalo-lobulada; espira baja de cámaras subglobulares las cuales incrementan de tamaño lentamente; lados espiral y umbilical convexos; periferia ecuatorial lobulada, periferia axial muy redondeada; con 4 cámaras en la última vuelta; en el lado umbilical las cámaras finales rodean el ombligo rectangular cubierto por una bulla; suturas incisivas, subradiales en el lado dorsal y radiales en el lado ventral; lado espiral un tanto lobulado; bulla variable pero generalmente subrectangular; abertura primaria interiomarginal, umbilical; solamente visibles las aberturas accesorias infralaminares, 2 a 4 arcos simples entre la bulla y las suturas deprimidas; pared gruesa muy perforada y una superficie muy reticulada, con excepción de la bulla que es más finamente perforada y lisa; diámetro a 0.6 mm.

Distribución estratigráfica: Oligoceno Temprano al Mioceno Temprano.

Observaciones: Solo se observó esta especie (*Catapsydrax dissimilis*) en la muestra HR-20 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: *Catapsydrax dissimilis* presenta cuatro cámaras en las cuales descansa una bulla umbilical muy característica, generalmente subrectangular que cubre el ombligo y la abertura primaria, lo que origina aberturas accesorias infralaminares las cuales comúnmente son 4, a diferencia de *Catapsydrax stainforthi*, el cual presenta 5 cámaras en la última vuelta, una bulla mas plana e irregular, la cual generalmente se extiende a lo largo de las suturas y las aberturas accesorias están restringidas al área sobre las suturas y generalmente son mas de 4.

Género *GLOBOROTALOIDES* Bolli, 1957

***Globorotaloides suteri* Bolli, 1957**

1967 *Globoquadrina hexagona* Parker

Descripción: Testa trocospiral baja, con cámaras globulares a ovaladas, última cámara a menudo más pequeña que la penúltima; generalmente con 4 cámaras en la última vuelta de espira, creciendo rápidamente; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral ligeramente triangular con suturas curvadas a radiales, deprimidas; cara umbilical cuadrangular, cóncava con suturas radiales deprimidas y un ombligo pequeño; superficie toscamente punteada a ligeramente cancelada; abertura varía por el estado de crecimiento, inicialmente es en forma de arco bajo interiomarginal, umbilical-extraumbilical, después es intraumbilical y finalmente umbilical curvada cubierta por la última cámara abortiva que toma forma de bulla (puede estar ausente en algunas especies); diámetro: 0.30 mm

Distribución estratigráfica: Oligoceno Temprano al Mioceno Temprano.

Observaciones: Solo se encontró esta especie (*Globorotaloides suteri*) en las muestras HR-18, HR-20 y HR-21 de la Sección Navidad (Fig.VI.6), y en las muestras HR-51 y HR-52 de la Sección Chintul (Fig.VI.4).

Discusión: *Globorotaloides suteri* comúnmente presenta cuatro cámaras en la última vuelta de espira, las cuales son globulares, suturas curvas y en el lado umbilical se observa una cámara abortiva, esta última característica puede llegar a parecerse con *Catapsydrax dissimilis* la cual presenta una bulla que cubre toda la cámara primaria, lo que las distingue es que *Globorotaloides suteri* no presenta aberturas infralaminares, mientras en *Catapsydrax dissimilis* son notorias estas aberturas, además de presentar suturas rectas en lugar de curvas.

***Globorotaloides variabilis* Bolli, 1957**

1957 *Globorotaloides variabilis* Bolli

Descripción: Testa trocospiral baja, con cámaras subangulares a ovaladas; de 5 a 7 cámaras en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial subaguda a redondeada; cara espiral casi plana a ligeramente convexa con suturas curvas a radiales y deprimidas; cara umbilical ligeramente convexa con suturas ligeramente curvas a radiales, ombligo amplio, parcial o completamente cubierto por una cámara como bulla; pared perforada; abertura principal interiomaraginal, umbilical-extraumbilical en los primeros estadios; después toma una posición umbilical.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Mioceno Temprano al Mioceno Tardío.

Observaciones: En la Sección Atardecer solo se observó esta especie (*Globorotaloides variabilis*) en la muestra HR-31 (Fig.VI.7), en el caso de la Sección Navidad se encontró en las muestras HR-18, HR-19, HR-26 (Fig.VI.6), y en la Sección Rosario solo en las muestras HR-1, HR-5 y HR-15 (Fig.VI.5).

Discusión: *Globorotaloides variabilis* se distingue fácilmente porque al observarlo del lado espiral el enrollamiento de las primeras cámaras se asemeja a un cuerno de la abundancia, y se distingue de *Globorotaloides suteri* por tener las primeras cámaras más comprimidas, suturas más curvas y mayor número de cámaras, mientras que *G. suteri* presenta cuatro cámaras en la última vuelta de espira, las cuales son más globulares y en el lado umbilical comúnmente se observa una cámara abortiva.

Género *GLOBIGERINOIDES* Cushman, 1927

***Globigerinoides bisphericus* Todd, 1954**

1954 *Globigerinoides bispherica* Todd

Descripción: Testa trocospiral; la última vuelta constituida por tres cámaras subglobulares, cámara final envolvente y muy desarrollada, formando una gran porción de la concha; periferia ecuatorial subcircular y periferia axial ligeramente lobulada; cara espiral con una pequeña espira con cámaras globigeriniformes en la parte inicial en la última vuelta son infladas y aumentan rápido en tamaño, en la cara umbilical observan tres cámaras, siendo las dos últimas grandes y envolventes en mayor o menor grado; suturas en la cara espiral y ventral ligeramente curvas y hundidas; superficie reticulada; ombligo estrecho y somero; abertura primaria interiomarginal, umbilical, en forma de hendidura alargada, además tiene de dos a tres aberturas secundarias suturales sobre la cara espiral, en forma de fisuras pequeñas alargadas, bordeadas con frecuencia de granulaciones irregulares de tamaño pequeño; diámetro 0.61 mm.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Mioceno Temprano.

Observaciones: Solo se encontró un ejemplar de esta especie (*Globigerinoides bisphericus*) que se consideró como cf. en la muestra HR-31 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7).

Discusión: *Globigerinoides bisphericus* tiene un ombligo somero y dos aberturas en la base de la cámara final, mientras que *Praeorbulina sicana* no presenta ombligo y tiene cuatro aberturas en la base de la cámara final. Se estima que *P. sicana* la cámara final envuelve cerca del 30-40% de la concha previamente formada mientras que *G. bisphericus* es solamente de 15-20%. También *Globigerinoides bisphericus* difiere de su probable ancestro *Globigerinoides trilobus trilobus* en el mayor envolvimiento de la cámara final.

***Globigerinoides altiapertura* Bolli, 1957**

1957 *Globigerinoides triloba altiapertura* Bolli

1962 *Globigerinoides quadrilobatus altiapertura* Bolli. Blow y Banner

1971 *Globigerinoides altiapertura* Bolli. Jenkins

Descripción: Testa de trocospira baja, con cámaras esféricas, las cuales duplican en tamaño a la cámara anterior; con cuatro cámaras en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial muy redondeada, biconvexa; cara espiral subcircular con suturas ligeramente curvadas deprimidas, cara umbilical largada, bilobada (ligeramente) con suturas radiales deprimidas, ligeramente curvadas; presenta un ombligo estrecho; abertura primaria interiomarginal, umbilical en forma de arco alto rodeado por un anillo y se prolonga a lo largo de la cara espiral, extendiéndose de la última a la antepenúltima cámara, abarcando completamente la parte umbilical de la penúltima cámara; última cámara (y ocasionalmente la penúltima) tienen una abertura secundaria grande en forma de arco alto contigua a la sutura en el lado espiral; superficie bruscamente hispida; diámetro máximo: 0.41 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano

Observaciones: Se determinó esta especie (*Globigerinoides altiapertura*) en las muestras HR-18 y HR-21 de la Sección Navidad (Fig.VI.6), y se encontraron formas muy parecidas a esta especie en las muestras HR-31, HR-35, HR-38 y HR-40 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7).

Discusión: *Globigerinoides altiapertura* se distingue fácilmente por presentar una abertura secundaria grande y arqueada situada en el lado espiral, la cual es opuesta y casi del mismo tamaño y forma de la abertura primaria.

***Globigerinoides trilobus trilobus* Reuss, 1850**

1850 *Globigerina triloba* Reuss

1940 *Globigerinoides triloba* (Reuss). Coryell y Rivero

1962 *Globigerinoides quadrilobatus trilobus*. Blow y Banner

Descripción: Testa trocospiral con cámaras esféricas; tres cámaras en la última vuelta, que aumentan rápidamente en tamaño; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial ampliamente redondeada; cara espiral débilmente convexa con suturas ligeramente curvas y deprimidas; cara umbilical débilmente convexa con suturas radiales y deprimidas, ombligo claramente angosto; pared perforada; abertura primaria en hendidura como arco, bajo a medio, interiomarginal, umbilical; aberturas secundarias situadas a lo largo de la sutura espiral, en forma de una hendidura irregular; diámetro máximo es de 0.6 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano al Holoceno

Observaciones: Esta especie (*Globigerinoides trilobus trilobus*) fue abundante y bien conservada en todas las muestras de la Sección Atardecer (Fig.VI.7) y de la Sección Navidad (Fig.VI.6), y en la mayoría de la Sección Rosario (HR-3 a la HR-16) (Fig.VI.5).

Discusión: Las subespecies de *Globigerinoides trilobus* son importantes como fauna acompañante en sedimentos de Mioceno Temprano al Reciente. Se distingue de las otras subespecies de este grupo, porque la última cámara ocupa un poco más de la mitad de la concha, en *G. trilobus immaturus* es más pequeña, y no es en forma de saco como en *G. trilobus sacculifer*.

***Globigerinoides trilobus immaturus* LeRoy, 1939**

1846 *Globigerinoides quadrilobatus* d'Orbigny

Descripción: Testa de trocospira baja, desigualmente biconvexa; tres cámaras en la última vuelta de espira; cámaras esféricas; periferia ecuatorial fuertemente lobulada y periferia axial ampliamente redondeada; cara espiral débilmente convexa con suturas ligeramente curvas y deprimidas; cara umbilical convexa con suturas radiales y deprimidas con un ombligo pequeño, casi cerrado y somero; abertura primaria en arco bajo a medio, interiomarginal, umbilical, limitado por un borde; del lado dorsal presenta aberturas secundarias suturales en las últimas cámaras; pared gruesa, uniforme y claramente perforada; diámetro máximo es de 0.43 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano al Holoceno

Observaciones: Se presentó esta especie (*Globigerinoides trilobus immaturus*) en todas las muestras de la Sección Atardecer (Fig.VI.7), y en la mayoría de las muestras de la Sección Navidad (HR-20 - HR-29) (Fig.VI.6) y de la Sección Rosario (HR-2- HR-15) (Fig.VI.5).

Discusión: Esta subespecie al igual que *Globigerinoides trilobus trilobus* y *Globigerinoides trilobus sacculifer*, tienen su aparición evolutiva en el Mioceno Temprano por lo cual son importantes en estudios bioestratigráficos para reafirmar este nivel. *Globigerinoides trilobus immaturus* difiere de *Globigerinoides trilobus trilobus* por tener una cámara final menos grande y de *Globigerinoides trilobus sacculifer* por la ausencia de una cámara terminal alargada en forma de saco.

***Globigerinoides trilobus sacculifer* Brady, 1877**

1877 *Globigerina sacculifera* Brady

1930 *Globigerinoides sacculifera* (Brady). Cushman y Jarvis

1957 *Globigerinoides triloba sacculifera* (Brady). Bolli

Descripción: Testa de trocospira baja; con 3 ½ a 4 cámaras en la última vuelta de espira; cámaras esféricas, excepto la última, que puede ser más bien pequeña, o estar alargada radialmente en forma de saco y lobulada; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial redondeada a subangular en la última cámara; cara espiral débilmente convexa con suturas ligeramente curvadas a rectas y deprimidas; cara umbilical convexa con suturas ligeramente curvadas a rectas y deprimidas, ombligo estrecho y somero; abertura primaria interiomarginal, umbilical, en forma de un arco bien marcada, limitado por un borde; aberturas secundarias prominentes, sobre el lado dorsal, una por cámara; el diámetro máximo es de 1 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano al Holoceno

Observaciones: En la Sección Navidad se presentó esta especie (*Globigerinoides trilobus sacculifer*) en todas las muestras (Fig.VI.6), para las secciones Rosario en las muestras HR-1 a la HR-15 (Fig.VI.5) y Atardecer en las muestras, HR-31 a la HR-47 (Fig.VI.7).

Discusión: *Globigerinoides trilobus sacculifer* se distingue fácilmente de las demás subespecies de *Globigerinoides trilobus* por su característica cámara final alargada en forma de saco y muy lobulada.

***Globigerinoides ruber* d'Orbigny 1839**

1839 *Globigerina rubra* d'Orbigny

1862 *Globigerinoides ruber* d'Orbigny

Descripción: Testa con trocospira baja a alta, con cámaras subglobulares a subvoidales; periferia ecuatorial fuertemente lobulada y periferia axial ampliamente redondeada; cara espiral convexa a fuertemente convexa con suturas subradiales a radiales y deprimidas; cámara umbilical convexa, rectangular a triangular con suturas radiales y deprimidas; abertura primaria en arco semicircular, moderadamente alto interiomarginal, umbilical, limitado por un borde delgado; ombligo estrecho y somero; del lado dorsal presenta aberturas secundarias de arcos altos, semicirculares; tres cámaras en la última vuelta de espira; diámetro es variable, con la altura de la espira puede exceder de 1 mm.

Distribución estratigráfica: Parte media del Mioceno Temprano al Holoceno.

Observaciones: Solo se encontró esta especie (*Globigerinoides ruber*) en las muestras HR-33, HR-38 Y HR-41 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7), en las muestras HR-20-HR-22 de la Sección Navidad (Fig.VI.6) y en las muestras HR-4-HR-15 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: *Globigerinoides ruber* se distingue fácilmente por la posición de sus aberturas primarias y secundarias; las aberturas secundarias son siempre simétricas y están situadas en la sutura basal de cada cámara, y la abertura primaria esta simétricamente con relación a la sutura intercameral entre la penúltima y antepenúltima cámara.

Género *GLOBOQUADRINA* Finlay, 1947

Globoquadrina dehiscens Chapman, Parr y Collins, 1934

1934 *Globorotalia dehiscens* Chapman, Parr y Collins

1939 *Globorotalia quadraria* Cushman y Ellisor

1947 *Globoquadrina subdehiscens* Finlay

Descripción: Testa de trocospira baja; con cuatro cámaras en la última vuelta de espira; en la primera parte de la concha cámaras esféricas, después se vuelven comprimidas lateralmente; cámara final en la cara umbilical está muy inclinada; periferia ecuatorial ligeramente lobulada y periferia axial ampliamente redondeada; cara espiral plana a ligeramente convexa con suturas ligeramente curvas a radiales, deprimidas; cara umbilical fuertemente convexa con suturas radiales y deprimidas; ombligo grande y profundo; pared perforada, y superficie reticulada; abertura interiomarginal, umbilical, en la base de la cara apertural, con una proyección como diente; diámetro máximo: 0.55 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano a la base del Plioceno Temprano

Observaciones: Para la Sección Atardecer estuvo presente esta especie (*Globoquadrina dehiscens*) para toda la columna (Fig.VI.7); en las secciones Rosario HR-3 a la HR-9 (Fig.VI.5) y Navidad en las muestras HR-18 a la HR-29 (Fig.VI.6).

Discusión: *Globoquadrina dehiscens* se distingue fácilmente por presentar una testa cuadrada, comprimida, con cámaras angulares y el lado espiral plano, mientras que las subespecies de *Globoquadrina altispira* presentan en el lado espiral una trocospira alta en vez de plana, concha menos angular, cámaras más globosas y usualmente mas de cuatro en la última vuelta.

Globoquadrina altispira altispira Cushman y Jarvis, 1936

1936 *Globigerina altispira* Cushman y Jarvis.

1947 *Globoquadrina altispira* (Cushman y Jarvis). Finlay.

1957b *Globoquadrina altispira altispira* (Cushman y Jarvis). Bolli.

Descripción: Testa grande, trocospira elevada; comúnmente con 4 cámaras en la última vuelta de espira, pero puede llegar a tener hasta 6; cámaras con un arreglo compacto, inicialmente globosas y amplias, después apretadas prolongándose hacia el ombligo; perfil espiral subcircular, ligeramente dentado en las suturas; periferia ecuatorial ovalada a subtriangular; suturas deprimidas; abertura umbilical, oculta por un diente triangular prolongación del material de la concha; ombligo enorme y profundo, con dientes aperturales; diámetro y altura típicamente de 0.45 a 0.75 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano al Plioceno Temprano

Observaciones: En la Sección Atardecer se observó esta especie (*Globoquadrina altispira altispira*) en las muestras HR-31, HR-32, HR-36, HR-38 a la HR-42 y HR-46 (Fig.VI.7). Para la Sección Navidad en las muestras HR-18 a la HR-21, HR- 23 y HR-25 (Fig.VI.6), y en las muestras de la Sección Rosario de la HR-3 a la HR-12 (Fig.VI.5).

Discusión: *Globoquadrina altispira altispira* es una subespecie que se distingue fácilmente por sus cámaras mas comprimidas lateralmente, mientras que *Globoquadrina altispira globosa* tiene cámaras mas globulares. Y se diferencia de *Globoquadrina altispira conica* por presentar una testa con una trocospira no tan alta como esta subespecie.

Género *PRAEORBULINA* Olsson, 1964

***Praeorbulina glomerosa circularis* Blow, 1956**

1956 *Globigerinoides glomerosa circularis* Blow

Descripción: Testa casi esférica, con la última cámara globular, inflada recubriendo la parte inicial en más del 75%; contorno periférico redondeado; pared toscamente perforada; cámaras muy infladas, aumentando rápidamente en tamaño; suturas en ambas caras deprimidas; no presenta ombligo; abertura umbilical, presenta aberturas numerosas circulares a subcircular, muy pequeñas situadas a lo largo de los contactos suturales entre la antepenúltima cámara y las primeras cámaras, pero no en la cámara final; diámetro 0.32 mm.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Mioceno Temprano a la base del Mioceno Medio.

Observaciones: Solo se observó esta especie (*Praeorbulina glomerosa circularis*) en las muestras HR-34 y HR-35 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7).

Discusión: *Praeorbulina glomerosa circularis* difiere de la subespecie *Praeorbulina glomerosa glomerosa* por poseer aberturas mas pequeñas y mas numerosas, las cuales son redondeadas como poros, en vez de aberturas como hendiduras las cuales se presentan en menor número. Difiere de *Orbulina suturalis* por carecer de aberturas areales, ya que todas las aberturas están confinadas a las suturas.

***Praeorbulina transitoria* Blow, 1956**

1956 *Globigerinoides transitoria* Blow

Descripción: Testa trocospiral bilobata; cámaras esféricas, la última y penúltima son casi del mismo tamaño y cubren a las primeras cámaras, que no son infladas, y están ordenadas en una trocospira baja en la penúltima cámara; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral bilobada con suturas ligeramente curvadas a radiales deprimidas, no se distingue una cara umbilical y no presenta ombligo; aberturas múltiples en forma de pequeñas hendeduras situadas en las últimas suturas entre la última y las primeras cámaras; diámetro 0.47 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano a la base del Mioceno Medio.

Observaciones: Esta especie (*Praeorbulina transitoria*) se encontró en las muestras HR-8 y HR-11 de la Sección Rosario (Fig.VI.5), y en encontraron ejemplares muy parecidos a esta especie en las muestras HR- 9 y HR-15 de esta misma sección, y en la muestra HR-23 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: *Praeorbulina transitoria* presenta la peculiaridad de que en la penúltima cámara se observan las primeras vueltas de espira como abortadas por un lado. Esta especie difiere de *Globigerinoides bisphericus*, en ser mas simétricamente bilobada, mientras que en *G. bisphericus* la última cámara ocupa mayor porción de la concha.

Género *ORBULINA* d'Orbigny, 1839

Orbulina suturalis Brönnimann, 1951

1951b *Orbulina suturalis* Brönnimann

Descripción: Testa con enrollamiento en el primer estadio trocospiral, pero en la forma adulta la cámara final casi esférica; cámara final globosa y que envuelve parcialmente la primera parte de la concha, las conchas pueden mostrar todas las transiciones, desde formas en las que la última cámara cubre casi el 75% de la primera parte, hasta formas en que las primeras cámaras son apenas visibles; periferia casi esférica, sólo una cámara en la última vuelta; pared marcadamente perforada, reticulada, superficie puede ser finamente hispida; abertura en el primer estadio interiomarginal, umbilical, en el adulto no hay una abertura primaria, sino pequeñas aberturas areales, distribuidas en la pared de la última cámara, y aberturas suplementarias a lo largo de las suturas que separan la cámara final de las primeras cámaras; diámetro máximo 0.312 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio al Holoceno

Observaciones: Esta especie se observó esta especie (*Orbulina suturalis*) en las muestras HR-31 a la HR-33, HR-35, HR-36, HR-38, HR-39, HR-42, HR-43, HR-46, HR-47 para la Sección Atardecer (Fig.VI.7); en la Sección Navidad se encontró en las muestras HR-18 a la HR-26 (Fig.VI.6); y en las muestras HR-2 a la HR-15 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: Las especies del género *Orbulina* son muy útiles en estudios de secciones superficiales, debido a que su presencia ayuda a ubicar los sedimentos que los contienen de la base del Mioceno Medio al Holoceno. La especie *O. suturalis* difiere de *O. universa*, por la exposición parcial de las cámaras del primer estadio y la presencia de aberturas suturales. Y se distingue de las subespecies de *Praeorbulina glomerosa*, por la presencia de aberturas areales en toda la superficie de la testa.

***Orbulina universa* d'Orbigny, 1839**

1839 *Orbulina universa* d'Orbigny

Descripción: Testa con enrollamiento en el primer estadio trocospiral, pero en la forma adulta la cámara final, esférica, envuelve completamente la primera parte de la concha, por lo que esta adquiere una forma de testa globular; periferia completamente globular; pared densamente perforada, a menudo finamente hispida, con numerosas aberturas pequeñas; abertura en el primer estadio, interiomarginal, umbilical; en el adulto numerosas aberturas secundarias areales las cuales están distribuidas sobre la pared de la última cámara; el diámetro máximo 0.5 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio al Holoceno.

Observaciones: En la Sección Atardecer sólo se encontró esta especie (*Orbulina universa*) en la muestra HR-38 (Fig.VI.7); y se observó en las muestras HR-5, HR-8 y HR-12 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: Las especies del género *Orbulina* son muy útiles en estudios de secciones superficiales, debido a que su presencia ayuda a ubicar los sedimentos que los contienen de la base del Mioceno Medio al Holoceno. La especie *O. universa* difiere de todas las formas esféricas, en que la última cámara envuelve totalmente a las primeras cámaras, por lo cual no tiene visible ninguna porción de estas sobre la superficie externa de la cámara final.

Género *SPHAEROIDINELLOPSIS* Banner y Blow, 1957

***Sphaeroidinellopsis disjuncta* Finlay, 1940**

1945 *Globigerina grimsdalei* Keijzer

Descripción: Testa trocospiral; de 3 ocasionalmente 4 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial lobulada, periferia axial redondeada; cara espiral subglobular, alargada, las últimas cámaras muestran la tendencia a ser radialmente elongadas, suturas semicurvas; cara umbilical alargada con suturas rectas; abertura de la última cámara principal, entre el ombligo está frecuentemente proyectada por un labio distintivo redondeado particularmente en los especímenes más grandes; superficie toscamente perforada; diámetro 0.4 mm.

Distribución stratigráfica: Mioceno Medio- Tardío.

Observaciones: Se observó esta especie (*Sphaeroidinellopsis disjuncta*) solamente en la muestra HR-10 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: La característica distintiva de *Sphaeroidinellopsis disjuncta* es presentar una testa toscamente perforada, la cual la diferencia de otras especies como *S. seminulina* y *S. sphaeroides*, las cuales presentan una testa hialina, además *S. disjuncta* presenta una abertura interiomarginal con un labio bien prominente, a diferencia de *S. hancocki*, la cual también tiene una testa reticulada, pero la abertura se observa como desgarrada y toca todas la cámaras de la última vuelta y no presenta un labio apertural.

***Sphaeroidinellopsis multiloba* LeRoy, 1944**

Lám.VII, figs. 4-6, Lám.VIII, figs. 4-6 y Lám. IX, figs. 1-3

1959 *Sphaeroidinella dehiscens subdehiscens* Blow

Descripción: Testa trocospiral baja, con cámaras globosas; de 3 a 4 cámaras en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral ligeramente convexa con suturas claras, radiales, fuertemente deprimidas; cara umbilical ligeramente convexa con suturas radiales y deprimidas, ombligo amplio y profundo; pared toscamente perforada; abertura grande, irregular, con borde crenulado; diámetro máximo es de 0.61 mm.

Distribución estratigráfica: Parte media del Mioceno Medio a la base del Mioceno Tardío.

Observaciones: En la Sección Atardecer se observó esta especie (*Sphaeroidinellopsis multiloba*) en las muestras HR-31, HR-32, HR-35, HR-36, HR-39, HR-42 y HR-46 (Fig.VI.7); en la Sección Navidad, en las muestras HR-19 a la HR-23 y la muestra HR-29 (Fig.VI.6); para la Sección Rosario solo se encontró en las muestras HR-6, HR-10 y HR-15 (Fig.VI.5).

Discusión: *Sphaeroidinellopsis multiloba* se distingue de *S. disjuncta* por presentar una testa reticulada y mayor número de cámaras, comúnmente 5 cámaras en la última vuelta, y no una testa toscamente perforada y una abertura con un labio prominente característico de *S. disjuncta*.

***Sphaeroidinellopsis seminulina* Schwager, 1866**

1866 *Globigerina seminulina* Schwager

1959 *Sphaeroidinella seminulina seminulina* (Schwager), Blow

1969 *Sphaeroidinellopsis seminulina seminulina* (Schwager) Blow

Descripción: Testa trocospiral baja, con cámaras subglobulares; con 3 a 4 cámaras en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral ligeramente convexa con suturas curvas a casi radiales; cara umbilical ligeramente convexa con suturas prácticamente radiales, ombligo amplio, abierto y profundo; pared muy gruesa y toscamente perforada, la superficie está cubierta por una capa de material claro (cortex o corteza); abertura interiomarginal, umbilical, bordeada por un margen crenulado; diámetro máximo 0.58 mm.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Mioceno Tardío a la parte media del Plioceno Medio.

Observaciones: Esta especie (*Sphaeroidinellopsis seminulina*) solo se observó en la muestra HR-15 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: En esta especie se distingue de otras del género *Sphaeroidinellopsis* por presentar una testa con radiaciones, lo cual le da una apariencia brillante. Esta característica la comparte con *S. sphaeroides*, de la cual se diferencia por tener suturas más remarcadas, no se distingue un lado evolutivo, mientras que en *S. sphaeroides* las suturas están al ras de la concha, se distingue un lado evolutivo y sobre todo la testa es más esférica. Se distingue principalmente de *S. multiloba* porque presenta una testa reticulada y las suturas son más remarcadas.

Familia GLOBOROTALIIDAE, Cushman, 1927

Género *PARVULARUGOGLOBIGERINA* Hofker, 1978

***Parvularugoglobigerina longiapertura* Blow, 1979**

Lám.I, figs. 5-6

1979 *Globorotalia* (*Turborotalia*) *logiapertura* Blow

1995 *Parvularugoglobigerina eugubina*, Luterbacher y Premoli Silva, Li *et al.*,

1995 *Parvularugoglobigerina eugubina longiapertura* (Blow), Kéller *et al.*,

Descripción: Testa trocospiral de 8 a 12 cámaras distribuidas en 2-2½ vueltas de espira, con 5½ a 6 cámaras en la última vuelta; cámaras crecen regularmente de tamaño, siendo subtriangulares en los lados umbilical y espiral; y subgloburales en el lado axial; lado espiral y umbilical casi planos; contorno ecuatorial circular y poco lobulado, y perfil axial subagudo; suturas intercamerales poco incisas y rectas o ligeramente curvas; ombligo somero; abertura principal en forma de arco alto alargado, bordeado de un estrecho labio, y en posición umbilicoecuatorial; superficie de la pared lisa, con microperforaciones diminutas y escasas pústulas esparcidas irregularmente; diámetro máximo oscila entre 0.07 y 0.15mm.

Distribución estratigráfica: Base del Paleoceno Temprano

Observaciones: Esta especie (*Parvularugoglobigerina longiapertura*) se determinó en las muestras HR-60 y HR-62 de la Sección Bochil (Fig.VI.1).

Discusión: El género de *Parvularugoglobigerina*, incluye las formas pequeñas de la base del Paleoceno, se caracterizan por presentar una pared lisa y la abertura primaria en posición umbilical-extraumbilical con un labio estrecho, algunas de las cuales en el trabajo de Bolli y Saunders (1985) se incluyen dentro del género *Globigerina*, como la especie *G. eugubina*, la cual presenta una abertura umbilical-extraumbilical, y no totalmente umbilical que es característica de este género. *P. longiapertura* presenta suturas intercamerales poco incisas, periferia axial aguda, y la abertura en forma de arco alto, a diferencia de *P. eugubina* la cual presenta suturas intercamerales más incisas, contorno ecuatorial más lobulado, periferia axial menos aguda, y la abertura primaria en forma de arco bajo.

Género *PLANOROTALITES*, Morozova, 1957

***Planorotalites pusilla pusilla* Bolli, 1957**

Lám.III, fig. 1

1957a *Globorotalia pusilla pusilla*, Bolli

Descripción: Testa pequeña, trocospiral, biconvexa; última vuelta con 5 a 6 cámaras, las cuales se incrementan lentamente en tamaño; periferia ecuatorial con contorno circular, ligeramente lobulado; periferia axial es subaguda a aguda; suturas del lado espiral ligeramente deprimidas, y muy curvas, en el lado umbilical deprimidas y radiales; ombligo cerrado; abertura en arco bajo, en posición umbilical-extraumbilical; superficie de la testa áspera, muy toscamente perforada; diámetro máximo 0.25 mm.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Paleoceno Medio a la base del Paleoceno Tardío.

Observaciones: Esta especie (*Planorotalites pusilla pusilla*) se observó en las muestras HR-64, HR-69, HR-71 a la HR-73 de la Sección San Pedro (Fig.VI.2); y en las muestras HR-77, HR-78, HR-80, HR-88 y HR-89 de la Sección Tapijulapa (Fig.VI. 3).

Discusión: *Planorotalites pusilla pusilla* se distingue fácilmente por presentar una periferia ecuatorial totalmente circular y una testa biconvexa, a diferencia de *Planorotalites chapmani*, *Planorotalites compresa* y *Planorotalites pseudomenardii*, las cuales presentan una periferia lobulada, además *P. chapmani* tiene un rápido crecimiento de las cámaras, mientras que en *P. pusilla pusilla* las cámaras se incrementan lentamente en tamaño; *P. compresa* presenta una periferia axial redondeada, y *Planorotalites pseudomenardii* se observa una quilla, lo que las diferencia también de *P. pusilla pusilla* la cual tiene una periferia axial subaguda a aguda sin llegar a presentar quilla.

***Planorotalites chapmani* Parr, 1938**

Lám. II, figs. 1-3

1938 *Globorotalia chapmani*, Parr1957a *Globorotalia ehrenbergi*, Bolli1957a *Globorotalia troelseni*, Loeblich y Tappan

Descripción: Testa de trocospira muy baja, biconvexa, casi equilateral; lado umbilical ligeramente más convexo que el lado espiral; en la última vuelta de 4 a 6 cámaras angulares-romboidales, las cuales crecen rápidamente en tamaño, ocupando la última cámara casi una tercera parte de la concha; periferia lobulada, del lado axial subaguda; suturas deprimidas, curvas del lado espiral, de radiales a ligeramente curvas del lado umbilical; ombligo amplio y poco profundo; abertura interiomarginal en forma de arco alto, en posición extraumbilical, generalmente con un tenue labio; superficie lisa. Diámetro de 0.3 mm.

Distribución estratigráfica: Paleoceno Tardío- Eoceno Temprano

Observaciones: Esta especie (*Planorotalites chapmani*) se observó en las muestras HR-63, HR-65, HR-69, HR-70, HR-72, HR-74 y HR-75 de la Sección San Pedro (Fig.VI.2); y en las muestras HR-79 a la HR-81, y HR-90 a la HR-92 de la Sección Tapijulapa (Fig.VI.3).

Discusión: *Planorotalites chapmani* se distingue de *Planorotalites compressa* por tener mayor tamaño, abertura en arco alto extraumbilical y periferia axial subaguda, mientras que *P. compressa* presenta una testa pequeña, una abertura en arco bajo umbilical-extraumbilical y una periferia axial subredondeada. Se diferencia de *Planorotalites pseudomenardii* por presentar una periferia axial subaguda, y no una marcada quilla característica de esta especie. También *P. chapmani* presenta una periferia lobulada lo que la distingue de *Planorotalites pusilla pusilla*, la cual tiene una periferia totalmente circular.

***Planorotalites pseudomenardii* Bolli, 1957**

Lám. II, figs. 4-6 y Lám. IV, figs. 1-3

1957 *Globorotalia pseudomenardii*, Bolli

Descripción: Testa trocospiralada; periferia aguda con una marcada quilla; contorno lobulado, fuertemente en ejemplares grandes; generalmente con 5 cámaras en la última vuelta; en el lado espiral cámaras principalmente en forma de medialuna, las cuales, crecen rápidamente, pero en ejemplares grandes las últimas dos o tres cámaras pueden ser anormalmente grandes; dependiendo del apretamiento de la espira, ombligo puede ser poco profundo, abierto o no-umbilicado; suturas deprimidas, radiales en el lado umbilical, y curvas en el lado espiral; abertura en arco bajo con un labio, posición umbilical-extraumbilical; superficie lisa, finamente perforada; diámetro oscila entre 0.3-0.4 mm.

Distribución estratigráfica: Base del Paleoceno Tardío

Observaciones: Esta especie (*Planorotalites pseudomenardii*) se observó en las muestras HR-63, HR-65, HR-68 a la HR-72, HR-74 y HR-75 de la Sección San Pedro (Fig.VI.2), y en todas las muestras de la Sección Tapijulapa (Fig.VI.3).

Discusión: *Planorotalites pseudomenardii* es una especie que se distingue fácilmente por tener una periferia aguda con una marcada quilla, a diferencia de *Planorotalites chapmani* la cual presenta una periferia axial subaguda sin llegar a tener quilla, de *Planorotalites compressa* que tiene una periferia axial subredondeada y *Planorotalites pusilla pusilla* la cual presenta una periferia axial subaguda a aguda y una periferia ecuatorial totalmente circular.

Género *MOROZOVELLA* McGowran, 1968

***Morozovella velascoensis* Cushman, 1925**

1975 *Globorotalia velascoensis* (Cushman), Stainforth et al.,

1995 *Subbotina velascoensis* (Cushman), Lu y Keller

Descripción: Testa trocospiral; lado espiral de ligeramente convexo a plano, lado umbilical fuertemente convexo; forma claramente cónica; cámaras prominentes en las puntas, hombro punteado y ornamentado con espinas; con 5 a 8 (regularmente 6) cámaras cónico-angulares en la última vuelta, las cuales se incrementan regularmente en tamaño, aunque las primeras son anormalmente pequeñas; periferia axial aguda con una bien desarrollada quilla, contorno ecuatorial casi circular, ligeramente lobulado; suturas intercamerales del lado umbilical deprimidas y radiales, del lado espiral curvas; ombligo amplio y abierto; abertura principal en posición umbilical-extraumbilical; superficie toscamente perforada, rugosa, ornamentada por espinas (sin punta) en suturas del lado espiral, en periferia marginal y en puntas de las cámaras; diámetro 0.5 mm.

Distribución estratigráfica: Paleoceno Tardío

Observaciones: Se encontraron formas parecidas a esta especie (*Morozovella velascoensis*) en la muestra HR-64 de la Sección San Pedro (Fig.VI.2) y en las muestras HR-76, HR-77, HR-79 y HR-80 de la Sección Tapijulapa (Fig.VI.3).

Discusión: *Morozovella velascoensis* se distingue de *Morozovella acuta* por tener mayor tamaño, más cámaras en la última vuelta de 5 a 8, un ombligo amplio y abierto, contorno ecuatorial casi circular, mientras que *M. acuta* tiene 4 a 6 cámaras en la última vuelta, un ombligo más pequeño y contorno más lobulado. Se diferencia de *Morozovella conicotruncata* por presentar una quilla más desarrollada, cámaras cónico-angulares en vez de cónicas y por tener hombro muy ornamentado.

Género *ACARININA* Subbotina, 1953

Acarinina nitida Martin, 1943

1975 *Globorotalia nitida* Martin, Stainforth

Descripción: Testa trocospiral con 4-4 ½ cámaras en la última vuelta; cámaras crecen regular a rápidamente de tamaño, siendo subredondeadas en el lado espiral, y subtrapezoides en el lado umbilical; lado espiral plano o ligeramente convexo y lado umbilical convexo; periferia ecuatorial redondeada muy poco o nada lobulada, y periferia axial redondeada; suturas intercamerales curvas o ligeramente curvas en ambos lados; ombligo pequeño y profundo; abertura principal en posición umbilicoecuatorial; superficie de la pared muricada; diámetro máximo oscila entre 0.25-3 mm.

Distribución estratigráfica: Parte media del Paleoceno Tardío a la parte media del Eoceno Temprano.

Observaciones: Solo se observó esta especie (*Acarinina nitida*) en las muestras HR-77, HR-78 y HR-80 de la Sección Tapijulapa (Fig.VI.3).

Discusión: *Acarinina nitida* se distingue de *Acarinina mckannai* por tener menos cámaras en la última vuelta de 4 a 4 ½, mientras que *A. mckannai* llega a tener 5 a 7, y de *A. primitiva* por tener una periferia axial mas redondeada.

Género *GLOBOROTALIA* Cushman, 1927

***Globorotalia opima nana* Bolli, 1957**

1957b *Globorotalia opima nana* Bolli

1972 *Globorotalia nana* Bolli, Jenkins y Orr

Descripción: Testa pequeña, con trocospira baja; cámaras esféricas, de 4 a 5 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial ligeramente lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral plana a débilmente cóncava con suturas radiales y deprimidas; cara umbilical plana a débilmente cóncava con suturas claramente visibles, pero sólo ligeramente deprimidas; ombligo angosto y profundo; pared perforada; abertura interiomarginal, extraumbilical-umbilical, a menudo está presente un borde o un labio; diámetro máximo 0.3 mm.

Distribución estratigráfica: Oligoceno Temprano a la base del Oligoceno Tardío

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia opima nana*) se determinó en las muestras HR-51, HR-54 y HR-55 de la Sección Chintul (Fig.VI.4).

Discusión: *Globorotalia opima nana* tiene un mayor alcance estratigráfico que la subespecie *Globorotalia opima opima*, la cual se utiliza como un fósil índice del Oligoceno Medio, por lo que es muy importante diferenciar estas subespecies. Esto es complicado debido a que morfológicamente no presentan aparentes diferencias, solo se distinguen por el tamaño de la testa, *Globorotalia opima nana* es considerablemente más pequeña, presenta una tamaño menor a 0.3 mm, mientras que *G. opima opima* llega a ser mayor a 0.55 mm.

***Globorotalia opima opima* Bolli, 1957**

Lám.IV, fig. 4

1957 *Globorotalia opima opima* Bolli1962 *Globorotalia (Turborotalia) opima opima* Bolli. Blow y Banner1972 *Globorotalia opima* Bolli. Jenkins y Orr

Descripción: Testa trocospiral muy baja; las 4 y menos frecuente 5 cámaras de la última vuelta, aumentan rápidamente de tamaño; periferia ecuatorial ligeramente lobulada; periferia axial redondeada; cara espiral plana a ligeramente cóncava con suturas casi radiales y deprimidas, cara umbilical convexa con suturas radiales y deprimidas, y ombligo angosto y profundo; pared gruesamente perforada, superficie de las primeras cámaras ligeramente rugosa en la cara umbilical y la de las últimas cámaras más lisa; cámaras esféricas; abertura en arco bajo, interiomarginal, extraumbilical-umbilical, extendiéndose desde la sutura espiral hasta el eje umbilical, ocasionalmente rodeado por un ligero borde o labio, el cual se observa ocasionalmente siendo su posición interiomarginal, umbilical-extraumbilical; diámetro 0.55 mm

Distribución estratigráfica: Parte superior del Oligoceno Medio.

Observaciones: Se determinó (*Globorotalia opima opima*) en la muestra HR-53 de la Sección Chintul (Fig.VI.4).

Discusión: *Globorotalia opima opima* es muy importante debido a que se utiliza como un fósil índice del Oligoceno Medio, por lo cual es primordial diferenciarla de la subespecie *G. opima nana*. Estas subespecies se distinguen exclusivamente por su tamaño, debido a que morfológicamente no presentan aparentes diferencias. Bolli y Saunders (1981) proponen la siguiente subdivisión de estas subespecies: *Globorotalia opima nana* es considerablemente más pequeña, rango de 0.25 a 0.32 mm, especímenes de tamaño intermedio frecuentemente con 5 cámaras en la última vuelta, rango de 0.32 a 0.38 los cuales están restringidos a la zona de *Globorotalia opima opima*, y ejemplares de *Globorotalia opima opima*, rango de 0.39 a 0.5 mm o formas más grandes.

***Globorotalia mayeri* Cushman y Ellisor, 1939**

Lám.V, figs. 5

1939 *Globorotalia siakensis* LeRoy

Descripción: Testa trocospiral baja; 5 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial redondeada y periferia axial biconvexa; cara espiral convexa o casi plana, con suturas bien definidas, un poco hundidas algo limbadas; cara umbilical muy convexa con suturas muy deprimidas; abertura grande, que se extiende sobre la cara ventral, con un ombligo umbilical que llega a la mitad del margen periférico; superficie lisa, toscamente perforada; diámetro 0.6 mm.

Distribución estratigráfica: Oligoceno Tardío-Mioceno Medio

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia mayeri*) se observó en las muestras HR-31, HR-32, HR-34, HR-35, HR-36, HR-38, HR-39, HR-41, HR-42 y HR-48 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7); en la Sección Navidad (Fig.VI.6) se observó en las muestras HR-19 a la HR-24, HR-26, HR-28 a la HR-30; y en las muestras HR-3 a la HR-12 de la Sección Rosario (Fig.VI.7).

Discusión: Esta especie es muy importante en los estudios de bioestratigrafía realizados en México, por lo cual, es primordial su correcta determinación taxonómica. *Globorotalia mayeri*, se puede llegar a confundir con otras especies como: *Globorotalia acostaensis acostaensis* y *Globorotalia humerosa praeumerosa*, las cuales, al igual que *G. mayeri*, pueden presentar cinco cámaras en la última vuelta de espira del lado espiral. Pero hay otros caracteres que permiten diferenciarlas, como: *G. mayeri* difiere de *G. a. acostaensis* en que esta última especie presenta un ombligo cerrado con abertura en hendidura y un labio muy notable, mientras que *G. mayeri* presenta un ombligo amplio con abertura en forma de arco amplio y con un labio muy tenue, y una de las características más notoria es el tamaño de la última cámara, la cual es generalmente más pequeña que la penúltima en *G. a. acostaensis*. Esta característica la comparte con *G. humerosa praeumerosa*, la cual permite diferenciarla de *G. mayeri*.

***Globorotalia obesa* Bolli, 1957**

1957b *Globorotalia obesa* Bolli,

1962 *Globorotalia (Turborotalia) obesa* Bolli. Blow y Banner

Descripción: Testa pequeña, trocospira baja; con 4 a 4½ cámaras en la última vuelta, las cuales se incrementan regularmente y bastante rápido en tamaño, manteniendo la forma globosa de las cámaras; periferia ecuatorial fuertemente lobulada, periferia axial redondeada; suturas radiales y fuertemente deprimidas del lado espiral, y suturas fuertemente deprimidas del lado umbilical; ombligo regularmente ancho y profundo; superficie rugosa; abertura en arco principal de pequeña depresión umbilical periférica abriéndose hacia delante en dirección de enrollamiento; diámetro 0.4 a 0.5 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano-Mioceno Medio

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia obesa*) se encontró en la muestra HR-31 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7); y en las muestras HR-18 y HR-29 de la Sección Navidad (Fig.VI.6); en la Sección Rosario se observó en las muestras HR-3, HR-4 y HR-6 (Fig.VI.5).

Discusión: *Globorotalia obesa* es una especie muy útil en estudios bioestratigráficos de pozos, debido a que su primera presencia en sentido de perforación (lo que equivale a su extinción evolutiva propuesta en los alcances estratigráficos de Bolli y Saunders, 1985) ayuda a establecer la entrada al Mioceno Medio. Esta especie difiere de *Globorotalia mayeri*, por tener solo 4 a 4½ cámaras en la última vuelta, las cuales aumentan rápidamente en tamaño, en vez de 5 a 6 cámaras que aumentan más lentamente de tamaño en *G. mayeri*. Otra característica de *G. obesa* es la presencia de suturas fuertemente deprimidas del lado espiral, lo cual trae como resultado una periferia más lobulada, lo que también la distingue de otras especies de *Globorotalia* sp. sin quilla del Oligoceno-Mioceno.

***Globorotalia praemenardii* Cushman y Stainforth, 1945**

Lám.X, figs. 1-3

1945 *Globorotalia praemenardii*, Cushman y Stainforth1959 *Globorotalia menardii praemenardii*. Blow

Descripción: Testa trocospiral muy baja; con 5 a 6 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial moderadamente lobulada; periferia axial aguda, tendiendo a una clara pseudoquilla; cara espiral semicircular con suturas fuertemente curvas, cara umbilical semicircular con suturas radiales a ligeramente curvas y deprimidas; abertura interiomarginal, extraumbilical-umbilicar, con una hendidura baja, bordeada por un labio, ombligo profundo; superficie lisa, finamente perforada; diámetro 0.3 a 1.4 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio.

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia praemenardii*) se observó en las muestras HR-31, HR-36, HR-37 y HR-41 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7); y en las muestras HR-24 y HR-29 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: *Globorotalia praemenardii* se utilizó en el presente trabajo como fósil índice, debido a que su alcance estratigráfico se restringe al Mioceno Medio según Bolli y Saunders, 1985. Se distingue fácilmente de otras especies, por presentar una quilla menos pronunciada y suturas menos deprimidas, a diferencia de *Globorotalia menardii*, en la cual la quilla es muy gruesa. Por presentar un lado espiral menos convexo y más lobulado se diferencia de *G. archaeomenardii*, la cual presenta un lado espiral muy convexo.

Globorotalia fohsi peripheroronda Blow y Banner, 1966

Lám.IX, fig. 6

1966 *Globorotalia (Turborotalia) peripheroronda* Blow y Banner,1967 *Turborotalia peripheroronda* Blow y Banner. Lipps

Descripción: Testa trocospiral; con 5 a 6 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial alargada, periferia axial plano convexa sin quilla; cara espiral algo convexa con suturas curvas; cara umbilical convexa con suturas estrechas, profundas de radiales a curvas; abertura interiomarginal, extraumbilical, llegando hasta el margen de la periferia de la última y penúltima vuelta, con un labio fino, ombligo angosto y muy cerrado; superficie es perforada lisa; diámetro 0.3 a 0.35 mm.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Mioceno Temprano a la parte base del Mioceno Medio

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia fohsi peripheroronda*) se determinó en las muestras HR-31, HR-34, HR-37, HR-38, HR-40 a la HR-43 y HR-45 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7); en las muestras HR-18 a la HR-27 de la Sección Navidad, y solamente en la muestra HR-3 (Fig.VI.6).

Discusión: *Globorotalia fohsi peripheroronda* es la primera y más primitiva subespecie de la línea evolutiva de *G. fohsi*, las cuales aparecen evolutivamente en la cima del Mioceno Temprano, según los alcances de Bolli y Saunders, 1985. Esta especie se puede confundir fácilmente con su descendiente directo *G. fohsi peripheroacuta*, la cual se caracteriza por presentar una periferia axilal aguda especialmente en las últimas cámaras, a diferencia de *G. fohsi peripheroronda* que presenta una periferia axial redondeada.

***Globorotalia fohsi peripheroacuta* Blow y Banner, 1966**

Lám.VI, figs. 4-6, Lám.VIII, figs. 1-2 y Lám.IX, figs. 4-5

1966 *Globorotalia peripheroacuta* Blow y Banner,1967 *Globorotalia fohsi peripheroacuata* Blow y Banner. Bolli,

Descripción: Testa trocospiral biconvexa; con 6 a 6½ cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial lobulada, perforada sin quilla, periferia axial redondeada en las primeras cámaras de la última vuelta; cara espiral convexa con suturas poco hundidas y estrechas, cara umbilical más convexa que la espiral con suturas intercamerales poco hundidas y angostas, casi rectas o ligeramente sinuosas; abertura estrecha interiomarginal, umbilical-extraumbilical, con un labio fuerte que se hace más ancho cerca del ombligo estrecho; superficie lisa; diámetro 0.4 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio

Observaciones: Esta especie (*Glorotalia fohsi peripheroacuta*) se determino en las muestras HR-31, HR-32, HR-37, HR-40 a la HR-43 y HR-45 a la HR-48 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7); en las muestras HR-18 a la HR-30 de la Sección Navidad (Fig.VI.6); y en las muestras HR-2 a la HR-16 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: *Globorotalia fohsi peripheroronda* es la segunda subespecie de la línea evolutiva de *G. fohsi*, esta especie es importante para establecer la base del Mioceno Medio, debido a que tiene un alcance estratigráfico muy reducido a esta edad, según Bolli y Saunders, 1985. Esta especie se puede confundir fácilmente con su descendiente directo *G. fohsi praefohsi*, la cual se caracteriza por presentar una quilla imperforada en las últimas cámaras a diferencia de *G. fohsi peripheroacuta* que presenta una periferia axial aguda sin llegar a presentar una quilla.

***Globorotalia fohsi praefohsi* Blow y Banner, 1966**

Lám.VI, figs. 1-3

1966 *Globorotalia (Globorotalia) praefohsi*, Blow y Banner1967 *Globorotalia fohsi praefohsi* Blow y Banner. Bolli

Descripción: Testa trocospiral; con 6 a 7 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial alargada y angulosa, periferia axial poco angulosa en la primera parte de la última vuelta; cara espiral casi plana o ligeramente convexa, con suturas limbadas e intercamerales en las últimas cámaras y estrechamente deprimidas; cara umbilical convexa, con suturas poco hundidas, lisas, curvas o sinuosas; abertura angosta interiomarginal, umbilical-extraumbilical, con labio bien desarrollado; diámetro 0.55 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia fohsi praefohsi*) se observó en las muestras HR-31, HR-35, HR-38 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7); y en las muestras HR-2 a la HR-13, HR-15 y HR-16 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: *Globorotalia fohsi praefohsi* es la tercera subespecie de la línea evolutiva de *G. fohsi*, y en el presente trabajo se considera como un fósil índice del Mioceno Medio, según los alcances de Bolli y Saunders, 1985. Esta especie se caracteriza por poseer una quilla que se encuentra únicamente en las últimas cámaras de la vuelta final en formas adultas, en cambio las primeras cámaras de esa misma vuelta, son perforadas y carecen de quilla, esta característica la distingue de *G. fohsi fohsi*, *G. fohsi lobata* y *G. fohsi robusta*, las cuales presentan una quilla bien marcada en toda la periferia axial.

Globorotalia fohsi fohsi Cushman y Ellisor, 1939

Lám.VII, figs. 1-3

1939 *Globorotalia fohsi* Cushman y Ellisor1944 *Globorotalia barissanensis* Leroy1959 *Globorotalia fohsi fohsi* Cushman y Ellisor

Descripción: Testa trocospiral, del lado umbilical ligeramente más convexa que el lado espiral; 5 a 7 cámaras en la última vuelta; periferia axial poco angulosa; periferia ecuatorial con quilla; suturas recurvadas en el lado espiral, casi radiales en el lado umbilical; abertura es en forma de hendidura hacia la periferia, ombligo cerrado bordeado por un delgado labio; superficie lisa densamente perforada por finos poros; diámetro 0.5 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia fohsi fohsi*) se determino en las muestras HR-22 y HR-29 de la Sección Navidad (Fig.VI.6); y en la muestra HR-5 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: *Globorotalia fohsi fohsi*, también se considera como un fósil índice del Mioceno Medio, según los alcances de Bolli y Saunders, 1985. Esta especie se distingue por presentar una delicada quilla en todas las cámaras de la última vuelta, a diferencia de *G. fohsi lobata*, la cual presenta una quilla más evidente y con un típico margen en las últimas cámaras en forma de cresta de gallo, y a diferencia de *G. fohsi robusta*, la cual presenta un contorno circular y una prominente quilla limbada.

***Globorotalia continuosa* Blow, 1959**

1959 *Globorotalia opima* Bolli, subsp. *continuosa* Blow

Descripción: Testa trocospiral baja; con 4 cámaras en la última vuelta; periferia ecuatorial lobulada, periferia axial redondeada, cara espiral semicircular, con suturas deprimidas y radiales; cara umbilical semicircular con suturas deprimidas y radiales; ombligo estrecho y profundo; superficie fuertemente perforada; abertura con un distintivo labio, interiomarginal, umbilical-extraumbilical, un arco alto con tendencia hacerse algunas veces alargado para los ejes de enrollamiento en la periferia, teniendo una forma de coma en apariencia en la vista de lado; diámetro 0.26 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Temprano al Mioceno Medio

Observaciones: Se determinó (*Globorotalia contunosa*) en las muestras HR-21, HR-29 y HR-30 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: Esta especie es importante como fauna acompañante en sedimentos del Mioceno Temprano al Mioceno Medio. Difiere de otras especies como: *G. mayeri*, *G. fohsi* s.l., por tener menos cámaras en la última vuelta de espira, usualmente de 4 y principalmente y por presentar una abertura en forma de arco alto que se aprecia al observarla de vista axial.

***Globorotalia scitula scitula* Brady, 1882**

1882 *Pulvinulina scitula*, Brady

Descripción: Testa trocospiral de baja a media; cámaras reniformes en el lado espiral, y del lado ventral triangulares; con 4 a 5 cámaras en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial redondeada, débilmente lobulada y periferia axial subangular a angular, sin llegar a formar quilla; cara espiral débilmente convexa a plana con suturas fuertemente curvadas, no limbadas; cara umbilical es débilmente convexa con suturas radiales a ligeramente curvas y deprimidas, ombligo pequeño, casi cerrado; pared finamente perforada; abertura primaria interiomarginal, umbilical-extraumbilical, con un labio delgado; diámetro máximo es de 0.31 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio al Holoceno

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia scitula scitula*) se determinó en las muestras HR-18, HR-21 y HR-24 de la Sección Navidad (Fig.VI.6); y en la muestra HR-3 de la Sección Rosario (Fig.VI.5).

Discusión: El grupo de *Globorotalia scitula* se distingue de otras formas por tener testas subangulares a angulares y presentar cámaras en forma de abanico. *Globorotalia scitula scitula* presenta un alcance estratigráfico muy amplio, desde la base del Mioceno Medio hasta el Reciente según Bolli y Saunders, (1985) por lo cual es importante solo como fauna acompañante; esta subespecie difiere de *Globorotalia scitula gigantea* por presentar un tamaño más pequeño; difiere de *Globorotalia margaritae* en tener un contorno ecuatorial mas circular y una testa ligeramente biconvexa.

***Globorotalia linguaensis* Bolli, 1957**

1957b *Globorotalia linguaensis* Bolli,

1965c *Globorotalia (Turborotalia) linguaensis* Bolli. Banner y Blow,

Descripción: Testa trocospiral pequeña, con cámaras en forma de coma del lado umbilical fuertemente cerradas, incrementando lenta y regularmente en tamaño, comúnmente de 6 a 7 cámaras en la última vuelta; superficie lisa, sobretodo densamente perforada pero el margen puede ser imperforada; cara espiral circular, con suturas fuertemente recurvadas; lado umbilical con suturas radiales y levemente sinuosas; abertura en arco bajo entre el ombligo y la periferia, comúnmente con un pequeño labio; ombligo cerrado; diámetro no excede de 0.3 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Medio a la base del Mioceno Tardío

Observaciones: Ejemplares parecidos a esta especie (*Globorotalia linguaensis*) se observaron en la muestra HR-41 de la Sección Atardecer (Fig.VI.7); y en la muestra HR-24 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: *Globorotalia linguaensis*, es una especie importante para establecer la base del Mioceno Tardío; se distingue fácilmente de otras especies por presentar una testa pequeña muy transparente, una periferia ecuatorial circular y una quilla en todo su contorno.

***Globorotalia acostaensis acostaensis* Blow, 1959**

1959 *Globorotalia acostaensis* Blow

1967 *Globoquadrina continosa* (Blow). Parker

1969 *Globorotalia (Turborotalia) acostaensis acostaensis* Blow

Descripción: Testa trocospiral baja, en general presenta de 5 a 6 cámaras en la última vuelta; cámaras ovaladas o subesféricas, generalmente infladas, pero no bien separadas, con frecuencia la última cámara es mucho más reducida de tamaño que la anterior y también en algunas ocasiones, se desplaza hacia la cara umbilical; periferia ecuatorial fuertemente lobulada, de apariencia subcircular; periferia axial redondeada, con lados paralelos en su vista lateral; cara espiral casi plana o ligeramente convexa, ocasionalmente cóncava debido a la naturaleza globosa de las cámaras de la última vuelta; cara umbilical ligeramente convexa, con un ombligo pequeño y comúnmente profundo; suturas de ambas caras radiales y hundidas; abertura un arco interiomarginal, umbilical-extraumbilical, con un labio bien definido o en forma de una lámina apertural que cubre gran parte del ombligo; diámetro máximo 0.36 mm.

Distribución estratigráfica: Mioceno Tardío al Holoceno

Observaciones: Se determinó una forma parecida a esta especie (*Globorotalia acostaensis acostaensis*) en la muestra HR-22 de la Sección Navidad (Fig.VI.6); en la Sección Rosario se observó la especie en las muestras HR-1 y HR-5 (Fig.VI.5).

Discusión: Esta especie tiene un alcance estratigráfico de la base del Mioceno Tardío hasta el Reciente según Bolli y Saunders (1985), pero en el presente trabajo se observó con sedimentos con fauna característica del Mioceno Medio, por lo cual posiblemente en las Cuencas de México su aparición evolutiva es antes que el establecido por Bolli y Saunders, (1985). *G. a. acostaensis* es algo similar a *Globorotalia mayeri* de la que difiere por tener la última cámara más pequeña que la penúltima, por presentar un ombligo cerrado y una abertura en forma de hendidura con un labio notable y por presentar suturas radiales, mientras que *G. mayeri* presenta un ombligo amplio y una abertura en forma de arco amplio con un labio muy tenue y por presentar suturas curvas.

***Globorotalia humerosa praeumerosa* Natori, 1976**

1976 *Globorotalia (Turborotalia) humerosa praeumerosa* Natori

Descripción: Testa trocospiral muy baja con cámaras subesféricas; con 5 a 5 ½ cámaras en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral ligeramente convexa a casi plana con suturas radiales y deprimidas; cara umbilical ligeramente convexa con suturas radiales y deprimidas, ombligo amplio y profundo; pared reticulada; abertura primaria un arco medio a bajo interiomarginal, umbilical-extraumbilical, con un labio definido; diámetro máximo es de 0.46 mm.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Mioceno Tardío al Holoceno

Observaciones: Esta especie (*Globorotalia humerosa praeumerosa*) se determinó en la muestra HR-20 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: Esta subespecie difiere de *Globorotalia humerosa humerosa* por tener menos cámaras en la última vuelta de espira, usualmente de 5 a 5 ½ en lugar de 6 o más; Se diferencia de *G. a. acostaensis* en que esta última especie presenta un ombligo cerrado con abertura en hendidura y un labio muy notable, mientras que *G. humerosa praeumerosa* presenta un ombligo amplio y profundo con una abertura en forma de arco medio a bajo y con un labio definido.

Género *CLAVATORELLA* Blow, 1965

Clavatorella bermudezi Bolli, 1957

1957 *Hastigerinella bermudezi* Bolli

Descripción: Testa trocospiral, con 4 a 5 cámaras alargadas o en forma de clava en la última vuelta de espira; periferia ecuatorial fuertemente lobulada y periferia axial redondeada; cara espiral ligeramente levantada con suturas radiales o curvadas, cara umbilical ligeramente cóncava con suturas radiales y deprimidas; presenta un ombligo ligeramente abierto; superficie con poros circulares, subcirculares o hexagonales; abertura interiomarginal, extraumbilical en forma de arco alargado, rodeado por un labio.

Distribución estratigráfica: Parte superior del Mioceno Temprano a la base del Mioceno Medio.

Observaciones: Esta especie (*Clavatorella bermudezi*) se observó en las muestras HR-19 y HR-21 de la Sección Navidad (Fig.VI.6).

Discusión: Debido a que *Clavatorella bermudezi* es una especie fácil de determinar por sus características cámaras en forma de clava, es un fósil muy útil en el estudio estratigráfico de pozos, debido a que su primera aparición en sentido de perforación (extinción evolutiva) indica la base del Mioceno Medio y en este nivel están presentes otros géneros importantes pero de difícil determinación taxonómica.

PALEOCENO TEMPRANO	E D A D	MUESTRAS	FORAMINÍFEROS PLANCTONÓNCOS					
		HR-62	R	R	R	R	R	R
		HR-61	R			R	R	R
		HR-60			R			
		HR-59	A	R				
		HR-58	SF	SF	SF	SF	SF	SF
		HR-57	SF	SF	SF	SF	SF	SF
		HR-56	SF	SF	SF	SF	SF	SF
				<i>Globigerina</i> sp.	<i>Globigerina fringa</i>	<i>Parvularugoglobigerina longiapertura</i>	<i>Chiloguembelina</i> sp.	<i>Guembelitra danica</i>

Relación de abundancia en 200 grs. de muestra:

R: Raro (1-4) A: Abundante (11-20) SF: Sin fauna
 C: Común (5-10) MA: Muy abundante (+21)

Fig.VI.1. Abundancia de los Foraminíferos Planctónicos del Paleoceno Temprano de la Sección Bochil, Chiapas.

D A D O	FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS									
	MUESTRAS	<i>Planorotalites chapmani</i>	<i>Planorotalites pseudomenardii</i>	<i>Planorotalites</i> sp.	<i>Chiloguembilina</i> sp.	<i>Morozovella</i> spp.	<i>Globigerina</i> sp.	<i>Globigerina</i> cf. <i>triloculinoides</i>	<i>Planorotalites pusilla pusilla</i>	<i>Morozovella</i> cf. <i>velascoensis</i>
PALEOCENO TARDÍO	HR-75	C	C			A	A	R		
	HR-74	R	R			C	C	R		
	HR-73			C		C			C	
	HR-72	R	C		C	C	MA	R	R	
	HR-71	C	R			A				R
	HR-70	R	R	R		C		R		
	HR-69	R	R	R			A		R	
	HR-68		R			R	R	R		
	HR-67					C	C	R		
	HR-66					MA	R	C		
	HR-65	R	R			MA	C	R		
	HR-64	R			A	C	R	R	R	R
	HR-63	R	R	R	R	C	C	R		

Relación de abundancia en 200 grs. de muestra:

R: Raro (1-4) A: Abundante (11-20) SF: Sin fauna
 C: Común (5-10) MA: Muy abundante (+21)

Fig.VI.2. Abundancia de los Foraminíferos Planctónicos del Paleoceno Tardío de la Sección San Pedro, Chiapas.

E D A D	MUESTRAS	FORAMINIFEROS PLANCTÓNICOS							
		<i>Morozovella</i> cf. <i>velascoensis</i>	<i>Planorotalites pseudomenardii</i>	<i>Globigerina triloculoides</i>	<i>Morozovella</i> sp.	<i>Globigerina</i> sp.	<i>Acarina nitida</i>	<i>Planorotalites pusilla pusilla</i>	<i>Planorotalites chapmani</i>
PALEOCENO TARDÍO	HR-94	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
	HR-93	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
	HR-92		R	R	R	R			R
	HR-91		R	R	R	R			R
	HR-90		R	R	R				R
	HR-89		R	R	R			R	
	HR-88		R	R	R			R	
	HR-87		R	R					
	HR-86				C				
	HR-85		R	R	R	R			
	HR-84		R	R					
	HR-83	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
	HR-82		C	C					
	HR-81		C	C		C	R		R
	HR-80	R	C	C	C	C	R	R	R
	HR-79	R	A	A	R				R
	HR-78		A	MA	R	R	R	R	
	HR-77	R	A	MA	R	C		R	
	HR-76	R	MA	MA	C	C			

Relación de abundancia en 200 grs. de muestra:

R: Raro (1-4) A: Abundante (11-20) SF: Sin fauna
 C: Común (5-10) MA: Muy abundante (+21)

Fig.VI.3. Abundancia de los Foraminíferos Planctónicos del Paleoceno Tardío de la Sección Tapijulapa, Tabasco.

E D A D	FORAMINIFEROS PLANCTÓNICOS												
	MUESTRAS	<i>Globigerina</i> spp.	<i>Globigerina ciproensis angulisuturalis</i>	<i>Globigerina ciproensis ciproensis</i>	<i>Globigerina tapuriensis</i>	<i>Globorotaloides suteri</i>	<i>Globigerina ouachitaensis gnaucki</i>	<i>Globorotalia opima nana</i>	<i>Globorotalia</i> sp.	<i>Globigerina ciproensis angustiumbilicata</i>	<i>Globorotalia opima opima</i>	<i>Globorotalia mayeri</i>	
	OLIGOCENO TARDÍO ?	HR-55	C	MA	MA			A	R	C	A		
		HR-54	MA	MA	A			A	C	A	C		R
	OLIGOCENO MEDIO	HR-53	MA	MA	A					A	A	R	
		HR-52	MA	MA	MA	R	A	A		MA	A		
		HR-51	MA	MA	A	C	A	C	A	A	A		
		HR-50	MA	MA	A								
		HR-49	A										

Relación de abundancia en 200 grs. de muestra:

R: Raro (1-4) A: Abundante (11-20) SF: Sin fauna
 C: Común (5-10) MA: Muy abundante (+21)

Fig.VI.4. Abundancia de los Foraminíferos Planctónicos del Oligoceno Medio/Tardío de la Sección Chintul, Chiapas.

MIOCENO MEDIO		E D A D	
MUESTRA		FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS	
HR-30	R		<i>Globoquadrina dehiscens</i>
HR-29	R		<i>Orbulina suturalis</i>
HR-28	R	C	<i>Globigerinoides trilobus sacculifer</i>
HR-27	R	MA	<i>Globigerinoides trilobus trilobus</i>
HR-26	A	MA	<i>Globorotaloides suteri</i>
HR-25	R	MA	<i>Globigerina spp.</i>
HR-24	R	MA	<i>Globoquadrina altispira altispira</i>
HR-23	A	MA	<i>Globigerinoides altiapertura</i>
HR-22	C	MA	<i>Globorotalia fohsi s.l.</i>
HR-21	R	MA	<i>Hastigerina cf. siphonifera</i>
HR-20	R	MA	<i>Globorotalia fohsi peripheroronda</i>
HR-19	C	MA	<i>Globorotalia fohsi peripheroacuta</i>
HR-18	R	A	<i>Globorotalia obesa</i>
			<i>Globorotalia scitula scitula</i>
			<i>Globorotaloides variabilis</i>
			<i>Globorotalia mayeri</i>
			<i>Sphaeroidinellopsis multiloba</i>
			<i>Clavatorela bermudezi</i>
			<i>Globorotalia sp.</i>
			<i>Hastigerina praesiphonifera</i>
			<i>Globigerinoides trilobus immaturus</i>
			<i>Globigerinoides ruber</i>
			<i>Globorotalia humerosa praeumerosa</i>
			<i>Catapsydrax dissimilis</i>
			<i>Globorotalia cf. obesa</i>
			<i>Globorotalia cf. mayeri</i>
			<i>Globorotalia continuosa</i>
			<i>Globorotalia fohsi fohsi</i>
			<i>Globorotalia cf. acostaensis</i>
			<i>Praeorbulina cf. transitoria</i>
			<i>Globorotalia praemenardii</i>
			<i>Globorotalia cf. linguaensis</i>
			<i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i>

Relación de abundancia en 200 grs. de muestra:
 R: Raro (1-4) A: Abundante (11-20) SF: Sin fauna
 C: Común (5-10) MA: Muy abundante (21-X)

Fig. VI. 6. Abundancia de los Foraminíferos Planctónicos del Mioceno Medio del a Sección Navidad, SE de Ver.

MIOCENO MEDIO		D A D M	
MUESTRAS		FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS	
HR-48			<i>Globorotalia obesa</i>
HR-47			<i>Globigerinoides cf. bisphericus</i>
HR-46			<i>Globigerinoides variabilis</i>
HR-45			<i>Globigerinoides cf. altiapertura</i>
HR-44			<i>Orbulina suturalis</i>
HR-43			<i>Globigerina spp.</i>
HR-42			<i>Sphaeroidinellopsis multiloba</i>
HR-41			<i>Globigerinoides trilobus trilobus</i>
HR-40			<i>Globigerinoides trilobus saculifer</i>
HR-39			<i>Globigerinoides trilobus immaturus</i>
HR-38			<i>Globoquadrina dehiscens</i>
HR-37			<i>Globoquadrina altispira altispira</i>
HR-36			<i>Globorotalia praemenardii</i>
HR-35			<i>Globorotalia spp.</i>
HR-34			<i>Globorotalia mayeri</i>
HR-33			<i>Globorotalia fohsi peripheroronda</i>
HR-32			<i>Globorotalia fohsi peripheroacuta</i>
HR-31			<i>Globorotalia cf. praemenardii</i>
			<i>Globorotalia fohsi cf. peripheroronda</i>
			<i>Globorotalia fohsi cf. peripheroacuta</i>
			<i>Globigerinoides ruber</i>
			<i>Praeorbulina glomerosa circularis</i>
			<i>Hastigerina sp.</i>
			<i>Globorotalia cf. obesa</i>
			<i>Orbulina bilobata</i>
			<i>Orbulina universa</i>
			<i>Globorotalia cf. linguaensis</i>
			<i>Hastigerina cf. praesiphonifera</i>

Relación de abundancia en 200 grs. de muestra:

R: Raro (1-4) A: Abundante (11-20) SF: Sin fauna
 C: Común (5-10) MA: Muy abundante (21-X)

Fig. VI. 7.- Abundancia de los Foraminíferos Planctónicos del Mioceno Medio de la Sección Atardecer, SE de Ver.

VII. BIOCRONOLOGÍA

Durante las últimas décadas la determinación de la división de la escala del tiempo geológico se basa en la evolución orgánica, principalmente de organismos como son los foraminíferos planctónicos.

Pero no siempre se han utilizado criterios biológicos para el establecimiento de unidades cronológicas. Considerando las primeras unidades de tiempo que se establecieron a partir de 1756 por Johann Lehmann, divide las rocas en tres edades: *Primitiva*, *Secundaria* y *Aluvial*, basándose únicamente en las características litológicas de los estratos (*in* Quiroz-Barroso, 1997).

Estas unidades de tiempo han evolucionado conceptualmente en el siglo XIX a través de décadas de estudio y son el producto de numerosos trabajos realizados principalmente por geólogos, siendo los principios de Nicolaus Steno y de William Smith parte importante en este proceso.

En el principio estratigráfico de *Superposición de los Estratos*, establecido por Steno en 1669, indica que en una serie estratigráfica el orden de superposición de las capas es el mismo de su depósito, es decir, las capas más recientes suprayacerán a las más antiguas, siempre que la región no haya sufrido plegamientos intensos.

Smith a finales del siglo XIX, observó que la distribución de los diferentes organismos fósiles no es casual, sino que éstos suceden en el tiempo siguiendo un orden determinado.

Basándose en esto Smith enuncia el Principio de la "*Sucesión Faunística a través del Tiempo*", según el cual cada capa o grupo de capas puede reconocerse por su contenido biológico, o en otras palabras, las capas que tienen el mismo contenido fósil son de la misma edad, aunque su litología sea diferente.

Estos dos principios estratigráficos se aplicaron como criterios importantes en las dataciones relativas realizadas en el presente trabajo y de esta forma establecer unidades cronoestratigráficas.

Una unidad cronoestratigráfica es una subdivisión de las rocas, definida como un conjunto de estratos caracterizados por haberse depositado en un intervalo específico de tiempo geológico (Quiroz-Barroso, 1997).

Por lo tanto, este conjunto de estratos también se va a caracterizar por una asociación faunística específica, y la determinación de fósiles índice dentro de esta, nos ayuda a establecer unidades biocronológicas.

Como se menciona anteriormente, los foraminíferos planctónicos son ampliamente utilizados para determinar unidades biocronoestratigráficas, debido a que son organismos que presentan una amplia dispersión geográfica horizontal y una mínima vertical en el tiempo. Otra característica importante es que poseen estructuras externas diagnósticas fácilmente reconocibles, además, estos organismos evolucionaron rápidamente, por lo que en el grupo hay fósiles índice importantes, y su presencia nos permite ubicar en el tiempo el estrato o conjunto de estratos portadores.

Esta evolución acelerada ha permitido establecer unidades biocronológicas muy precisas basadas en el análisis de los alcances estratigráficos de los foraminíferos planctónicos.

En el presente trabajo se toma como base los alcances estratigráficos propuestos en el trabajo de Bolli y Saunders (1985) de los cuales se revisaron 15 géneros de foraminíferos planctónicos (Fig.VII.2), así como los alcances estratigráficos de géneros del Paleoceno (Fig. VII.1) de la zonificación propuesta en por Arenillas (1996).

Se presentan los alcances estratigráficos de estos géneros ya que tienen importancia biocronológica para el presente trabajo. Debido a que dentro de estos géneros se incluyen algunas de las especies y subespecies índice determinadas y utilizadas para establecer unidades de tiempo en las secciones estudiadas.

Es importante mencionar que de estos géneros, algunos tienen una distribución estratigráfica restringida a una edad determinada. De esta forma, al identificarlos, se logra ubicar la muestra que los contiene en una parte de la columna estratigráfica, por ejemplo:



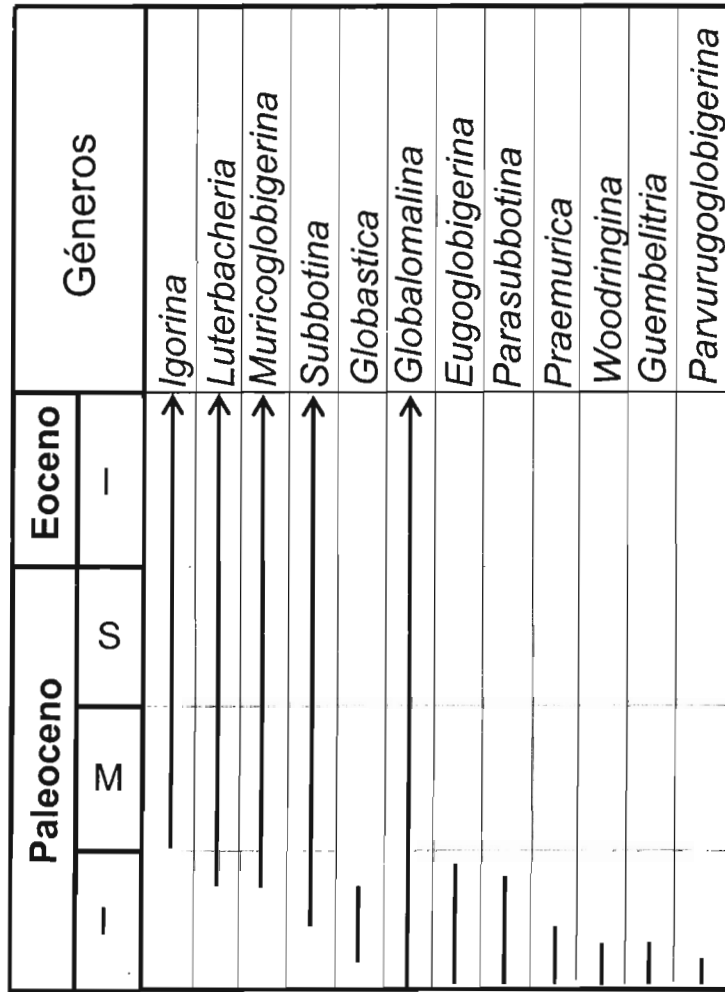
los géneros *Parvularugoglobigerina* y *Guembelitra* están restringidos a la base del Paleoceno Inferior (Fig. VII.1).



los géneros *Clavatorella* y *Praeorbulina* están restringidos al Mioceno (Fig. VII.2)

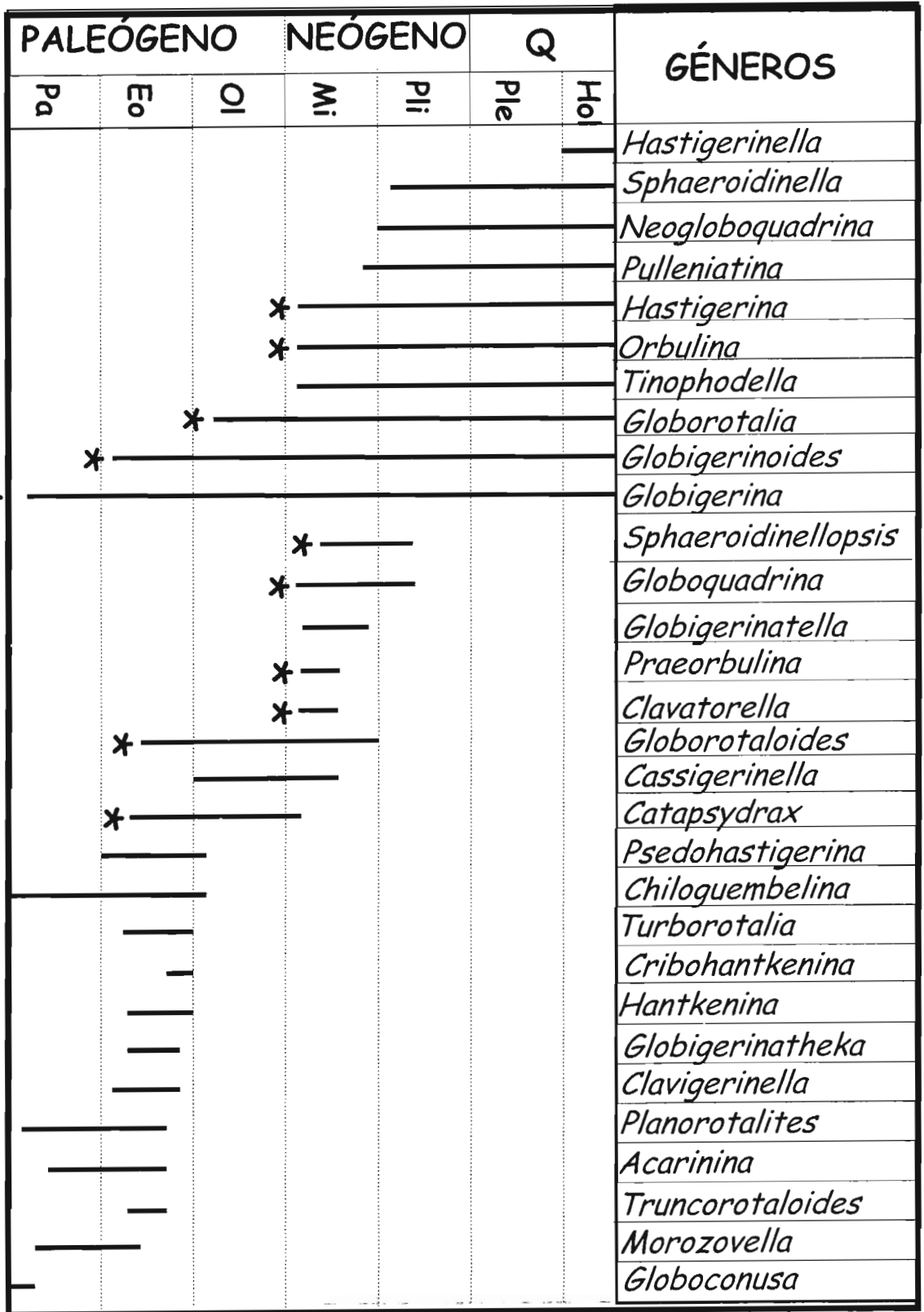
Por lo tanto, aplicando solo el principio de “*Sucesión Faunística*”, los sedimentos que contengan estos géneros corresponderán a una edad determinada. De esta forma se analiza la asociación faunística y la presencia de fósiles índice en los sedimentos estudiados, y se proponen unidades cronoestratigráficas para cada una de las secciones revisadas.

Además de la aplicación de este principio en el presente trabajo se realizó un análisis biocronológico a detalle el cual se explica ampliamente en el capítulo de metodología (ver página 61).



* Géneros observados en el presente trabajo.






FIG.VII.1. Distribución estratigráfica de los principales géneros de foraminíferos planctónicos del Paleoceno y Eoceno (Arenillas, 1996).



* Géneros observados en el presente trabajo.

FIG. VII.2 Distribución Estratigráfica de los Foraminíferos Planctónicos del Terciario (Bollí et. al., 1985).

Aunado al análisis biocronológico, se estudio la posibilidad de delimitar las unidades cronológicas propuestas en biozonas, basándonos en los diferentes eventos evolutivos presentes (Fig.VII.3) y en la biozonación propuesta por Bolli y Saunders, (1985). Estos eventos evolutivos se explican a continuación:

-  **El límite por líneas evolutivas**, se establece por la divergencia de un taxón originando otro género o especie, por ejemplo: dentro de las *Praeorbulinas glomerosas*, las subespecies *P. g. curva*, *P. g. glomerosa* y *P. g. circularis*, están diferenciadas por la variedad en las aberturas sutúrales y el grado de envolvimiento de la concha. Este género tipifica un corto intervalo en el Mioceno.
-  **El límite por extinción de un taxón**, se establece por la extinción gradual de un taxón y se puede dar por la extinción de un fósil índice, por ejemplo: el límite Oligoceno Medio-Oligoceno Superior, Bolli y Saunders, (1985) lo establecen con la extinción de *Globorotalia opima opima*.
-  **El límite por extinción brutal de un taxón**, se establece por la extinción abrupta de un ó varios taxones, por ejemplo: el límite K/T se determinó con base a foraminíferos planctónicos por la extinción de diversas formas cretácicas de la cima del Maastrichtiano, y la aparición de las pequeñas formas terciarias de la base del Paleoceno.
-  **El límite por auge de un taxón**, esta dado por la máxima abundancia de un taxón.
-  **El límite por aparición de un taxón**, está dado por las primeras apariciones de un taxón, por ejemplo el límite Paleoceno Medio-Paleoceno Superior, según Bolli y Saunders, (1985) esta dado por la primera ocurrencia de *Planorotalites pseudomenardii*.

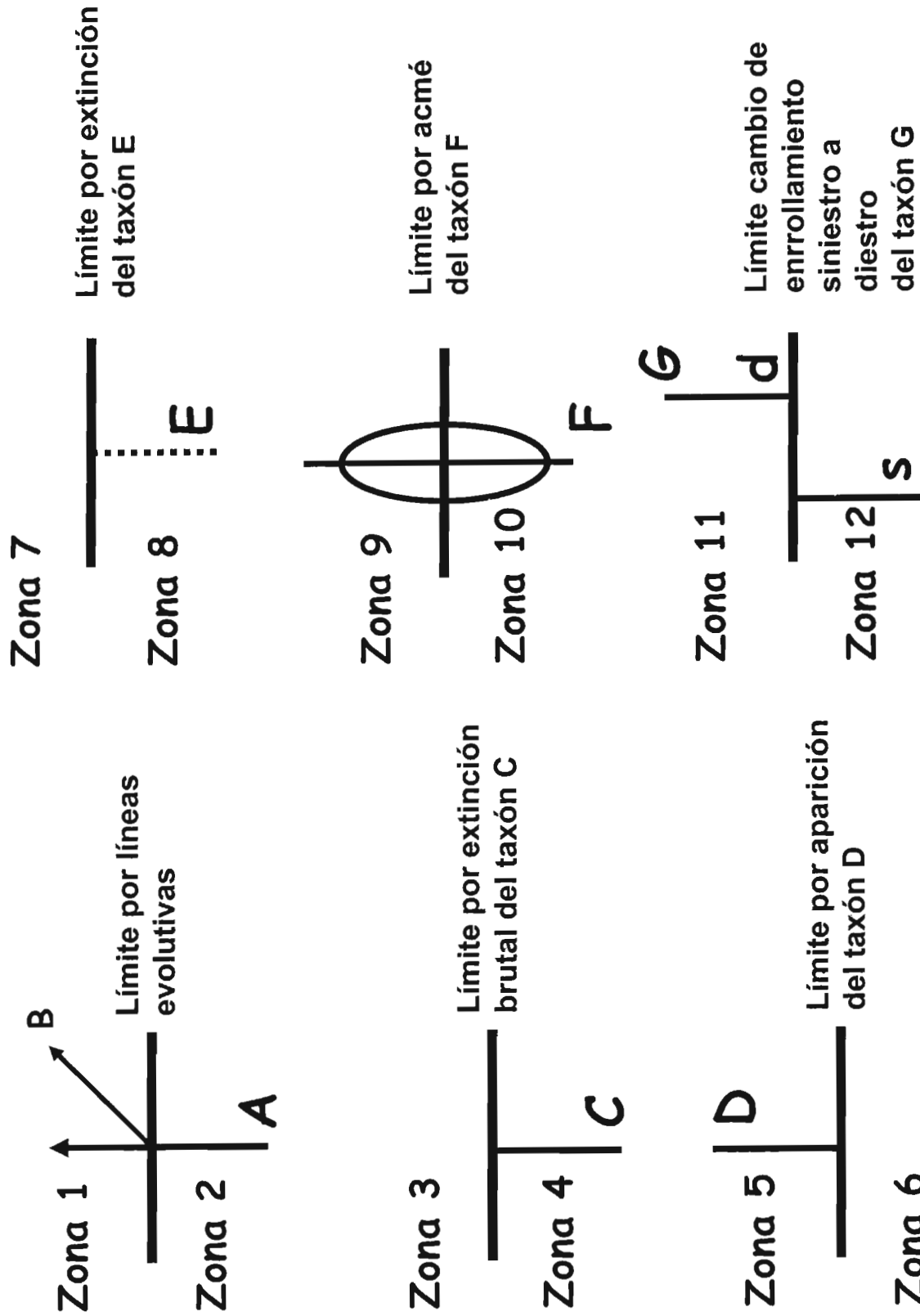


FIG.VII.3. Principales límites cronoestratigráficos propuestos por Jenkins, 1970 (in Glonzález-Lara, 2002).



El límite por cambio de enrollamiento dextrógiro a levógiro de un taxón, estos cambios en el enrollamiento de la testa, están dados por factores climáticos, por ejemplo *Globotruncana trucatulinoides* en el Atlántico Sur, desarrollan una concha predominantemente dextrógira durante las épocas interglaciares, pero durante las glaciaciones el descenso de la temperatura favoreció el desarrollo de formas levógiras.

En el presente trabajo en los sedimentos de la Sección Chintul, se propone el límite de Oligoceno Medio-Oligoceno Superior, establecido por Bolli y Sauders (1985) con la extinción de *Globorotalia opima opima* y por la aparición de *Globorotalia mayeri*. Este límite se discutirá mas adelante.

Estos criterios aunados al análisis sistemático de los foraminíferos planctónicos presentes en las muestras, nos permiten determinar las edades de las secciones estudiadas, con base fundamentalmente en la distribución estratigráfica de los fósiles que marca la biozonificación propuesta por Bolli y Saunders (1985) y el trabajo doctoral de Arenillas (1996).

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis biocronológico realizado con 94 muestras, correspondientes a las secciones: **Bochil** (7 muestras), **San Pedro** (13 muestras) y **Chintul** (7 muestras) de la Sierra de Chiapas; **Tapijulapa** (19 muestras) del SE de Tabasco; y de las secciones: **Atardecer** (18 muestras), **Navidad** (13 muestras) y **Rosario** (17 muestras) del Sur de Veracruz.

SECCIÓN BOCHIL, CHIAPAS.

El análisis miropaleontológico y biocronológico de las muestras de la Sección Bochil dieron como resultado sedimentos correspondientes al **Paleoceno Temprano**; esta interpretación esta fundamentada por la presencia de formas que caracterizan esta edad, tal es el caso de *Globigerina fringa* Subbotina, *Parvularugoglobigerina longiapertura* Blow, *Guembelitra danica* Hofker, y *Guembelitra irregularis* Morozova (Fig.VII.4).

Estas formas tienen un alcance estratigráfico restringido al Paleoceno Temprano según Bolli y Saunders (1985), y Arenillas (1996). Es importante remarcar que estos organismos son formas índice que tiene su primer evento o aparición evolutiva dentro del Paleoceno Temprano.

La base del Paleoceno Temprano se estableció notoriamente en esta sección entre las muestras marcadas con HR-59 a HR-62 por la presencia de: *Globigerina fringa* Subbotina, *Parvularugoglobigerina longiapertura* Blow, *Guembelitra danica* Hofker, y *Guembelitra irregularis* Morozova (Fig.VII.4)

Las tres últimas especies según Arenillas (1996), tienen una distribución estratigráfica restringida en la base del Paleoceno Temprano, al igual que *Globigerina fringa* que según Bolli y Saunders, (1985) es una especie importante para establecer el límite Cretácico/Terciario.

Los estratos comprendidos entre la muestra HR-56 a la muestra HR-58 de esta sección carecen de microfauna planctónica, motivo por el cual no fue posible datar estos horizontes (Fig.VII.4). Esta sección se presentó en general fauna planctónica escasa y pequeña, predominando en las muestras los organismos bentónicos; a partir del horizonte HR- 59 (Fig.VII.4) es cuando empiezan a presentarse formas planctónicas que tienen su primera aparición en la base del Paleoceno Temprano, según Arenillas (1996).

SECCIÓN SAN PEDRO, CHIAPAS.

El análisis micropaleontológico y bicronológico de las muestras de esta sección dieron como resultado sedimentos correspondientes al **Paleoceno Tardío**; esta interpretación esta fundamentada por la presencia continua en la mayoría de los horizontes estudiados el fósil ínice *Planorotalites pseudomenardii* Bolli (Fig.VII.5), el cual según Bolli y Saunders (1985), lo proponen como un biomarcador para la base del Paleoceno Tardío.

La continuidad observada en los sedimentos de esta sección de un fósil característico del Paleoceno Tardío, como es *Planorotalites pseudomenardii* Bolli, reafirma la presencia de esta especie en la columna y anula la posibilidad que se trate de fauna redepositada.

De esta forma se determinó con mayor precisión la edad, además se observaron también las especies: *Morozovella* cf. *velascoensis* Cushman, la cual según Bolli y Saunders (1985) tiene su alcance restringido al Paleoceno Tardío, y *Planorotalies chapmani* Parr, *Globigerina triloculinoides* Plummer, *Planorotalites pusilla pusilla* Bolli (Fig.VII.5), las cuales como asociación remarcan la unidad cronoestratigráfica establecida.

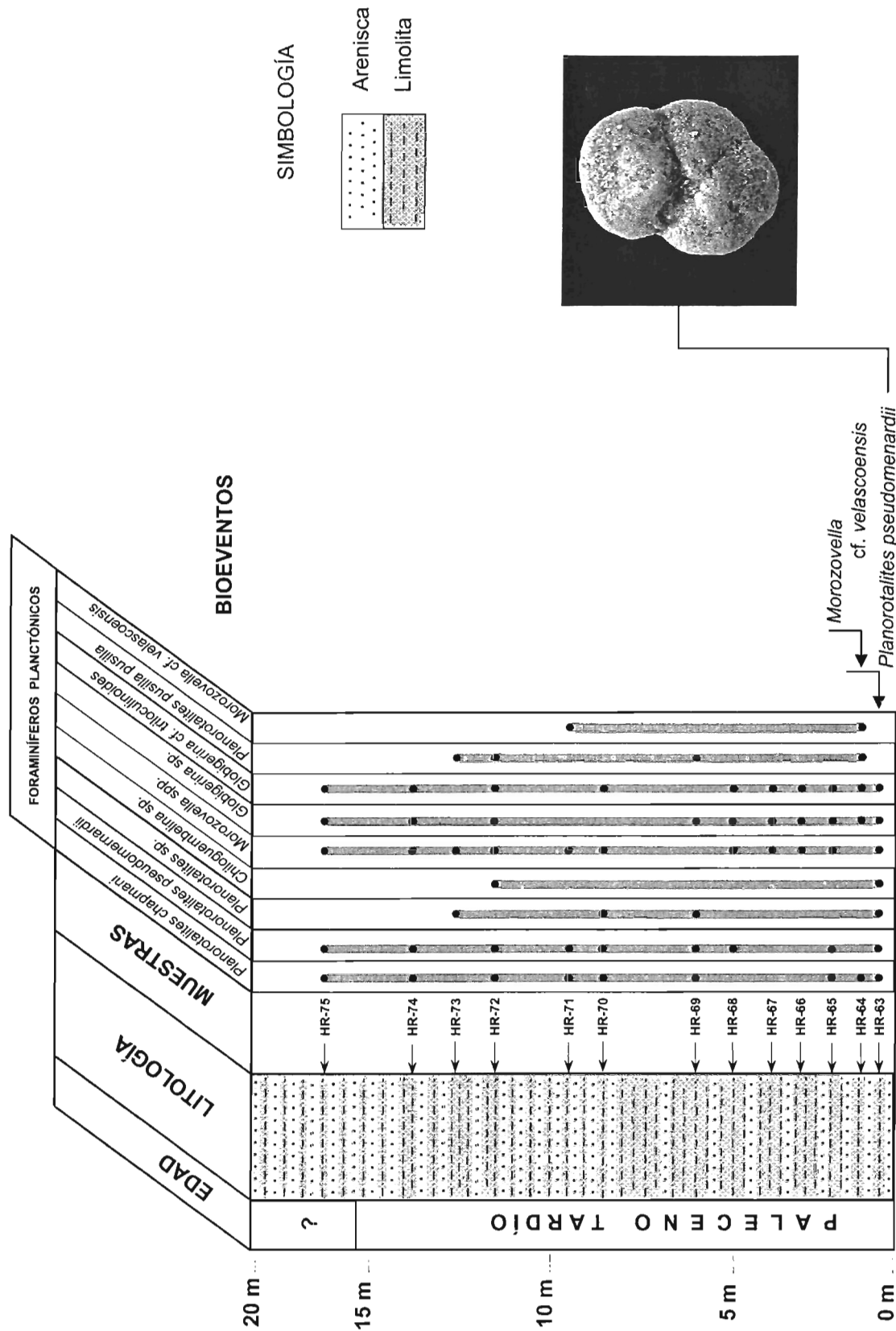


FIG.VII.5. DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DEL PALEOCENO TARDÍO DE LA SECCIÓN SAN PEDRO, CHIAPAS.

SECCIÓN TAPIJULAPA, TABASCO.

Con base al análisis micropaleontológico y biocronológico de los sedimentos de la Sección Tapijulapa, se determinó una edad del **Paleoceno Tardío** (Fig.VII.6). Se propone esta edad en los estratos estudiados principalmente por la presencia de ***Planorotalites pseudomenardii*** Bolli, la cual como se mencionó anteriormente, es fósil índice de esta edad, además de que se propone como biomarcador para la base del Paleoceno Tardío por Bolli y Saunders (1985).

Esta especie al igual que en la Sección San Pedro, se observó en la mayoría de las muestras en una forma continua (Fig.VII.6), lo cual nos lleva a reafirmar la determinación del Paleoceno Tardío para dichos sedimentos.

Igualmente se observó ***Morozovella*** cf. ***velascoensis*** Cushman, la cual según Bolli y Saunders (1985) tiene su alcance restringido al Paleoceno Tardío, y ***Globigerina triloculinoides*** Plummer, ***Acarinina nitida*** Subbotina, ***Planorotalites pusilla pusilla*** Bolli y ***Planorotalites chapmani*** Parr, las cuales son importantes como asociación aunque sus alcances estratigráficos no se restringen al Paleoceno Tardío, reafirman la edad propuesta (Fig.VII.6).

Aunque esta asociación faunística estuvo presente en toda la columna estratigráfica estudiada (Fig.VII.6), en la muestra HR-83 hay una ausencia total de fauna y a partir de este horizonte se observa en las muestras consecutivas una disminución significativa en la abundancia de los organismos (Fig.VI.3). Esto no afecta la determinación de la edad, pero podría estar reflejando algún cambio durante el depósito de los sedimentos, debido a que se observó un cambio en la coloración de las muestras, pero para los fines del presente trabajo no se profundizó en esto.

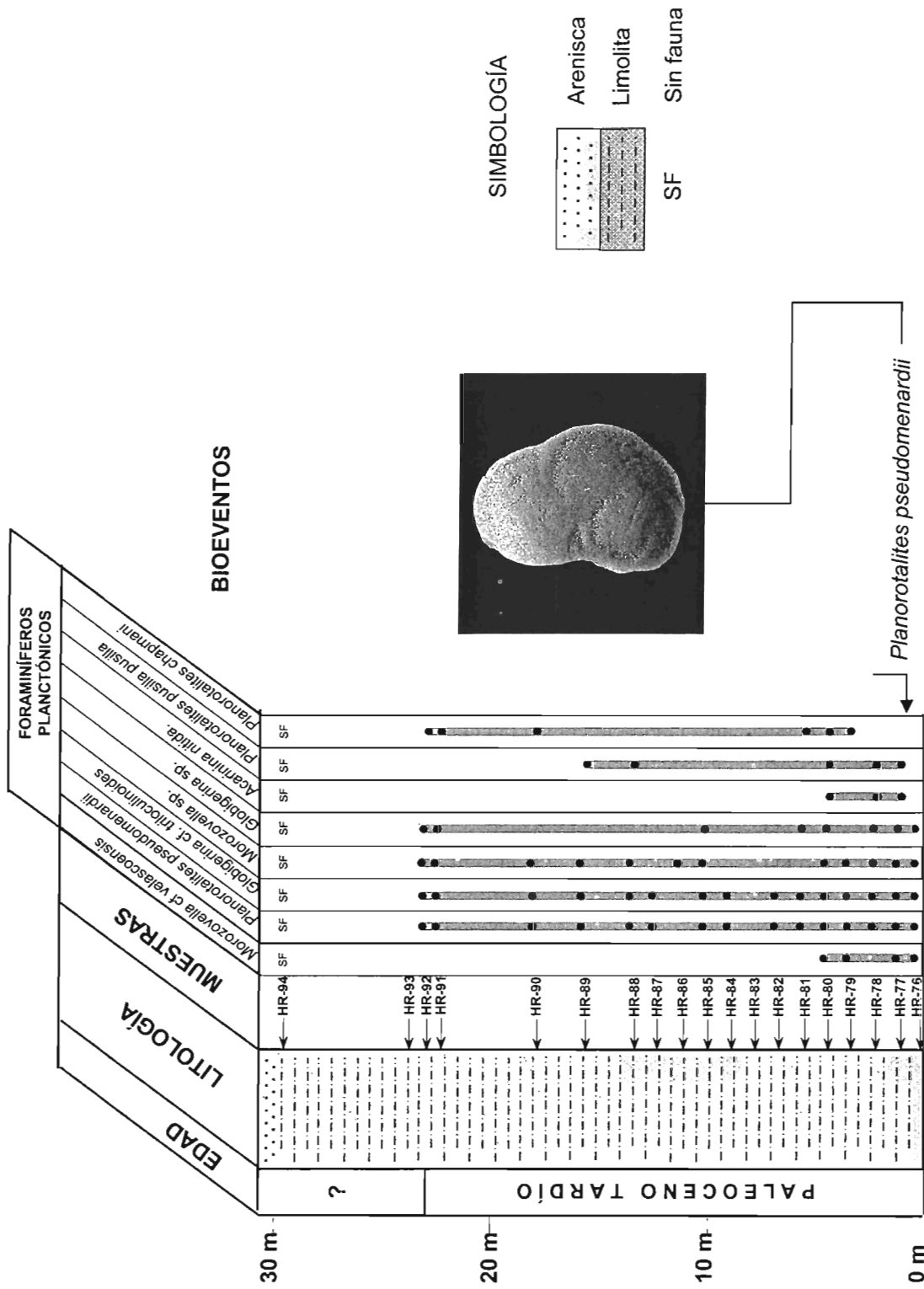


FIG.VII.6 DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DEL PALEOCENO TARDÍO DE LA SECCIÓN TAPIJULAPA, TABASCO.

SECCIÓN CHINTUL, CHIAPAS.

Con base a la fauna determinada en el análisis micropaleontológico y el análisis de los alcances estratigráficos propuestos en el trabajo de Bolli y Saunders (1985), se propone para la Sección Chintul que los sedimentos corresponden al **Oligoceno Medio**.

Esta edad se estableció por la presencia de ***Globigerina ciproensis angulisuturalis*** Bolli, ***Globigerina ciproensis ciproensis*** Bolli, y ***Globigerina opima opima*** Bolli (Fig.VII.7).

La subespecie ***Globigerina opima opima*** Bolli, según Bolli y Saunders, (1985) es un biomarcador de la parte superior del Oligoceno Medio, ya que su distribución estratigráfica se restringe a esta edad, y por su presencia en la muestra HR-53 (Fig.VII.7), se propone que los estratos estudiados corresponden al Oligoceno Medio.

Aunque este fósil índice solo se observó en una muestra (Fig.VII.7), se confirmó la edad propuesta con base a la presencia de otros fósiles como: ***Globigerina ciproensis ciproensis*** Bolli, y ***Globigerina ciproensis angulisuturalis*** Bolli, los cuales tienen su primera ocurrencia evolutiva en el Oligoceno Medio según Bolli y Saunders (1985).

Esta asociación fue muy importante debido a que observó de una forma continua en los estratos estudiados, además el grado de conservación y abundancia de los fósiles en las muestras fue muy buena, lo cual nos reafirma su origen en la columna estudiada.

Además se observó también como asociación faunística: ***Globigerina ciproensis angustiumbilicata*** Bolli, ***Globorotaloides suteri*** Bolli y ***Globorotalia opima nana*** Bolli. Esta asociación se observó en toda la columna estudiada y según los alcances de Bolli y Saunders (1985), estas especies están presentes tanto en el Oligoceno Medio como en el Oligoceno Tardío.

La ausencia de la especie *Globorotalia opima opima*, sumado a la primera ocurrencia del fósil *Globorotalia mayeri* Cushman y Ellisor en la muestra HR-54 (Fig.VII.7), nos lleva a proponer la posible presencia del límite Oligoceno Medio-Oligoceno Superior entre las muestras HR-53 y HR-54 de esta sección.

Según Bolli y Saunders (1985), el límite Oligoceno Medio-Oligoceno Tardío está dado con la extinción evolutiva de *Globorotalia opima opima* Bolli, y la primera ocurrencia evolutiva de *Globorotalia mayeri* Cushman y Ellisor. Con base a esto se propone el posiblemente el límite. Cabe mencionar que la presencia de estos fósiles fue solo en las muestras anteriormente mencionadas, por lo cual se propone un muestreo más detallado para confirmar el límite.

Así mismo, la asociación que acompaña a estas dos especies corresponde al Oligoceno Medio/Tardío, a excepción de *Globigerina tapuriensis*, que se considera como una especie redepositada en los sedimentos de esta sección (Fig.VII.7), ya que según los alcances propuestos por Bolli y Saunders (1985), es un fósil índice del Oligoceno Temprano. Otra especie que se considera como redeposito en las muestras HR-54 y HR-55 es *Globigerina ouachitaensis gnaucki* (Fig.VII.7), la cual tiene un alcance estratigráfico del Eoceno Tardío a la base del Oligoceno Medio (Bolli y Saunders, 1985).

Los estratos comprendidos de la muestra HR-49 a la HR-50 (Fig.VII.7) de esta sección no fueron datados porque solo se encontraron ejemplares determinados como *Globigerina* spp., y estos tienen una amplia distribución, tanto en el Paleógeno como Neógeno (Fig.VII.2).

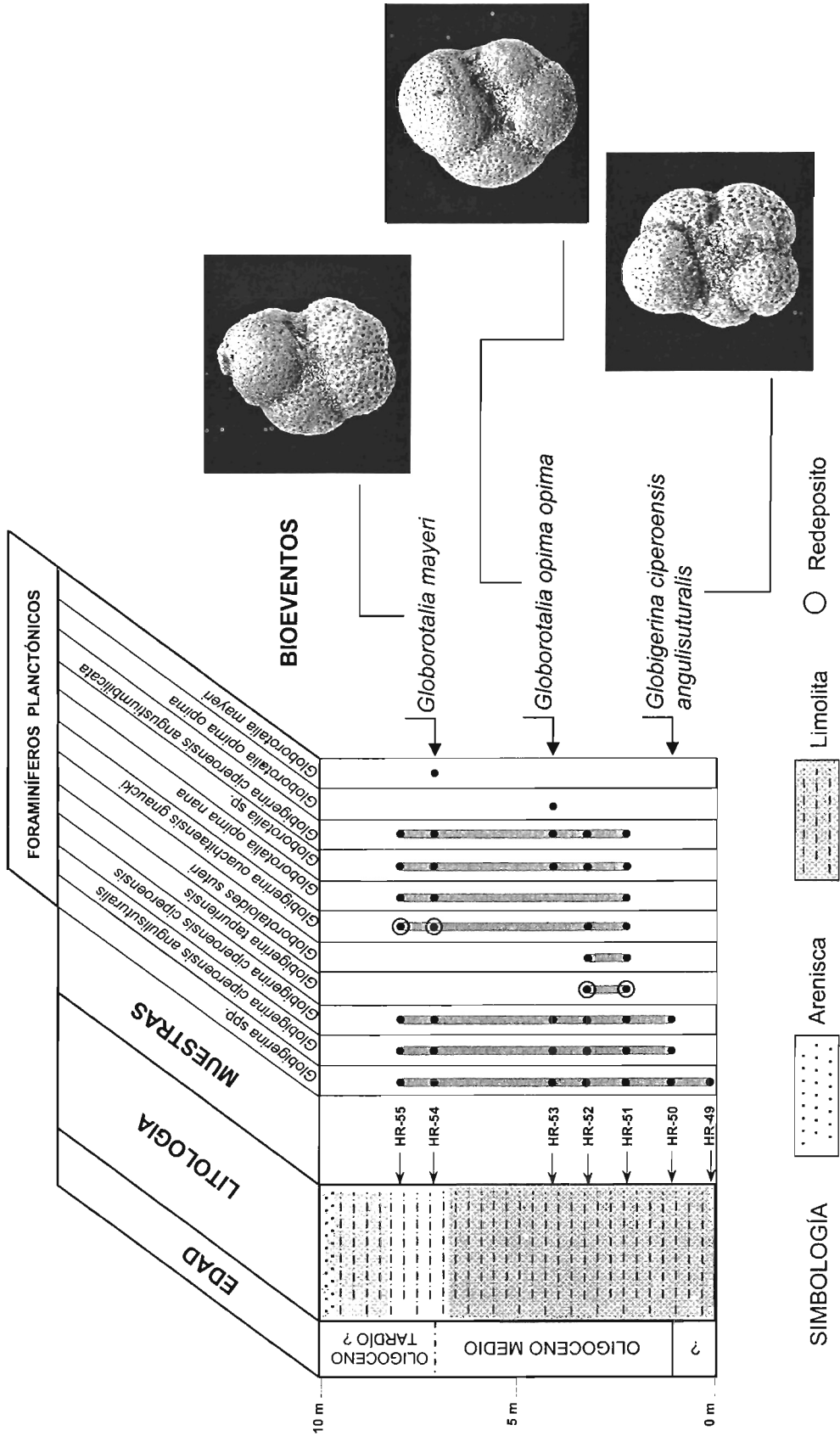


FIG.VII.7 DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTÓNICOS DEL OLIGOCENO MEDIO-TARDÍO? DE LA SECCION CHINTUL, CHIAPAS.

SECCIÓN ROSARIO, SE DE VERACRUZ

En el análisis micropaleontológico de esta sección determinaron especies que caracterizan al Mioceno Medio como *Globorotalia fohsi peripheroacuta* Blow y Banner, *Globorotalia fohsi praefohsi* Blow y Banner, *Sphaeroidinellopsis multiloba* LeRoy, las cuales estuvieron representadas en todas las muestras (Fig.VII.8) y son consideradas por Bolli y Saunders (1985) como fósiles índice del Mioceno Medio. Además de presentarse otras especies como: *Globorotalia fohsi* cf. *fohsi* Cushman y Ellisor, *Sphaeroidinellopsis disjuncta* Finlay y *Globigerina nepenthes* Todd (Fig.VII.8), las cuales según Bolli y Saunders (1985), tienen su primera aparición evolutiva en el Mioceno Medio.

En esta sección se observaron otras especies como: *Globorotalia scitula scitula* Brady, *Hastigerina* cf. *praesiphonifera* Blow, *Globoquadrina dehiscens* Chapman, Parr y Collins, *Globoquadrina altispira altispira* Cushman y Jarvis, *Globorotalia mayeri* Cushman y Ellisor, las cuales son muy importantes como asociación para esta edad.

En esta sección se determinaron varios ejemplares de la especie *Globigerina nepenthes* Todd, en las muestras HR-9, HR-14 y HR-15 (Fig.VII.8) y según Bolli y Saunders (1985) tiene su primera aparición evolutiva en la parte superior del Mioceno Medio y por lo cual, este autor propone que no convive con el grupo de *Globorotalia fohsi*.

Sin embargo en estudios micropaleontológicos realizados recientemente en sedimentos de las Cuencas de Veracruz y del Sureste por González-Lara (1994), se ha observado también que el primer evento evolutivo de esta especie es en la base del Mioceno Medio, y no en su cima, como la marcan la zonación de Bolli y Saunders, (1985). Por lo cual se propone que posiblemente la especie *Globigerina nepenthes* Todd, tiene su primera ocurrencia evolutiva dentro del linaje de *Globorotalia fohsi* s.l en los sedimentos de las Cuencas de México.

SECCIÓN NAVIDAD, SE DE VERACRUZ

Las muestras de esta sección con base a los resultados del análisis micropaleontológico y biocronológico fueron datados como sedimentos del **Mioceno Medio** (Fig.VII.9), por la presencia a partir de la muestra HR-18 de: ***Globorotalia fohsi peripheroacuta*** Blow y Banner, ***Globorotalia fohsi fohsi*** Cushman y Ellisor, y ***Globorotalia pramenardii*** Cushman y Stainforth, las cuales según Bolli y Saunders (1985), son fósiles índice del Mioceno Medio, así como por la presencia de: ***Sphaeroidinellopsis multiloba*** LeRoy, ***Globorotalia linguaensis*** Bolli y ***Hastigerina*** cf. ***siphonifera*** d'Orbigny, las cuales tienen su primera aparición evolutiva en el Mioceno Medio (Fig.VII.9).

Esta sección presenta una asociación muy marcada y abundante del Mioceno Medio, por lo cual la presencia de otras especies como: *Globorotaloides suteri* y *Globigerinoides altiapertura*, en este trabajo se consideraron como redeposito dentro de estos sedimentos, ya que su alcance estratigráfico es hasta el Mioceno Temprano según Bolli y Saunders (1985).

Así mismo se encontraron formas que tienen su primera aparición evolutiva en el Mioceno Superior (Fig.VII.9) como: *Globorotalia* cf. *acostaensis* Blow y *Sphaeroidinellopsis seminulina* Schwager, las cuales según Bolli y Saunders (1985) tienen su primera aparición evolutiva en Mioceno Superior. No se consideraron estas especies en la determinación de la edad, dado que la asociación del Mioceno Medio estuvo ampliamente representada tanto por fósiles índice como por una asociación muy marcada y abundante. Además de que se observaron de una forma conspicua y no presentaron continuidad en la columna estudiada (Fig.VII.9).

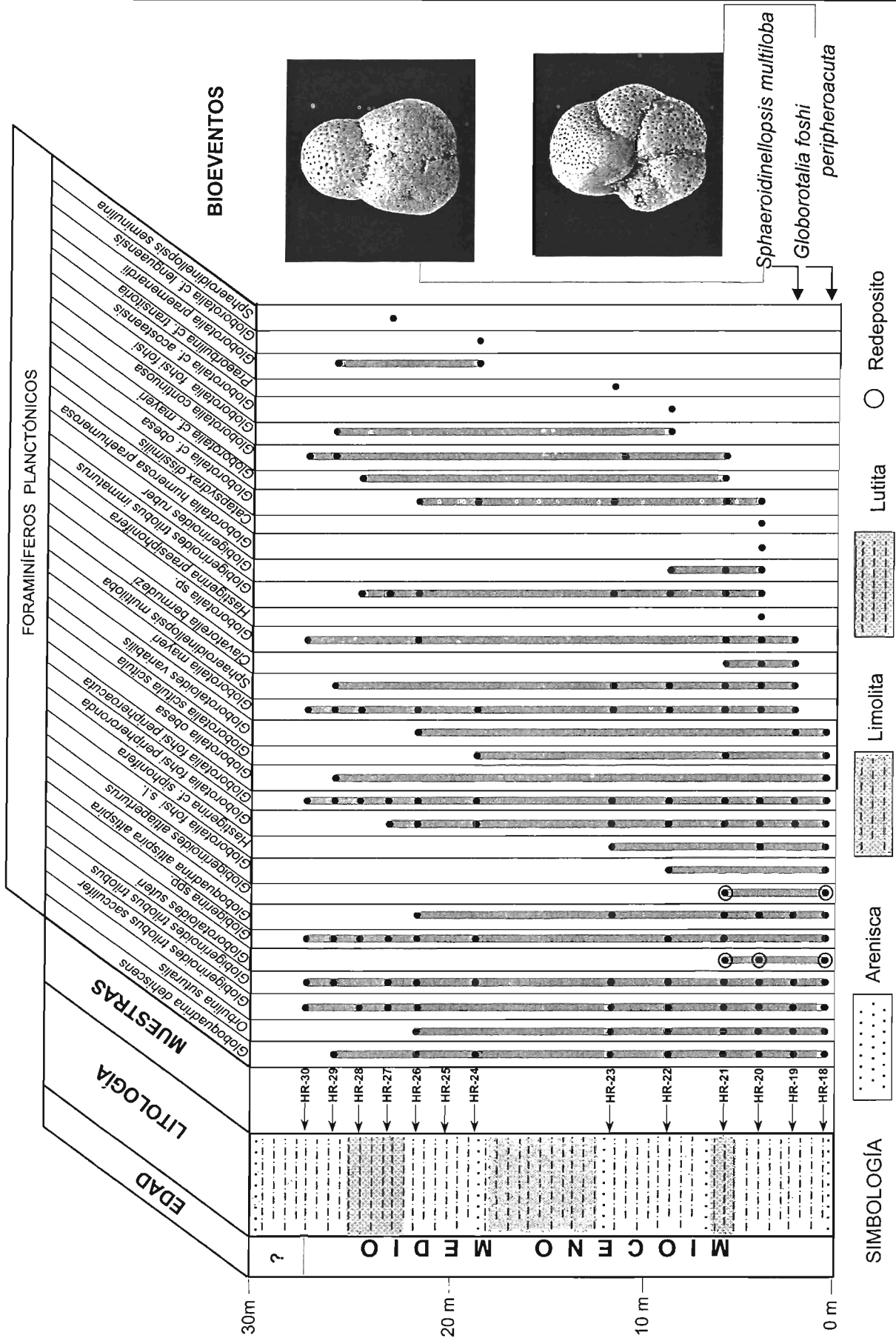


FIG.VII.9 DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS DEL MIOCENO MEDIO DE LA SECCIÓN NAVIDAD, SE DE VERACRUZ.

SECCIÓN ATARDECER, SE DE VERACRUZ.

Para los sedimentos de la Sección Atardecer se determinaron ejemplares de los foraminíferos planctónicos que caracterizan al Mioceno Medio, como ***Globorotalia fohsi peripheroacuta*** Blow y Banner, y ***Globorotalia pramenardii*** Cushman y Stainforth, los cuales estuvieron ampliamente representados en la columna estratigráfica revisada (Fig.VII.10). Estas dos especies son fósiles índice del Mioceno Medio según Bolli y Saunders, (1985).

Además, en esta sección se observan especies que tienen su primera aparición evolutiva en el Mioceno Medio según Bolli y Saunders (1985), como es: ***Orbulina suturalis*** Brönnimann, ***Orbulina universa*** d'Orbigny, ***Sphaeroidinellopsis multiloba*** Schwager, y ***Globorotalia linguaensis*** Bolli, las cuales como asociación reafirman la edad propuesta.

Por lo cual, el Mioceno Medio en esta sección se estableció a partir de la primera muestra HR-31, con la primera aparición de ***Globorotalia pramenardii*** Cushman y Stainforth, ***Globorotalia fohsi peripheroacuta*** Blow y Banner y ***Sphaeroidinellopsis multiloba*** Schwager.

En esta sección se consideraron a las siguientes especies como redeposito: ***Globigerinoides cf. bisphericus***, ***Globigerionoides cf. altiapertura***, las cuales según Bolli y Saunders (1985) son fósiles índice del Mioceno Temprano y debido a que se están datando muestras superficiales se consideran a los organismos más jóvenes para determinar la edad de los sedimentos estudiados, además de que la asociación del Mioceno Medio es más predominante.

Así mismo, en la Sección Atardecer se observó desde la primera muestra ejemplares de la especie ***Sphaeroidinellopsis multiloba*** Schwager (Fig.VII.10) que según Bolli y Saunders (1985) tienen su primera ocurrencia evolutiva en la parte superior del Mioceno Medio, junto a las especies ***Globorotalia fohsi peripheroacuta*** Blow y Banner y ***Globorotalia fohsi peripheroronda*** Blow y Banner (Fig.VII.10), las cuales son fósiles importantes para determinar la base de Mioceno Medio.

Esta asociación se observó en este mismo trabajo en la Sección Rosario (Fig.VII.8) y en la Sección Navidad (Fig.VII.9), en las cuales ***Sphaeroidinellopsis multiloba*** Schwager, se presenta en casi toda la columna estudiada, al igual que ejemplares del grupo de *Globorotalia fohsi* s.l. están ampliamente representados en los sedimentos de estas secciones.

Esta misma observación ha sido anteriormente reportada por González-Lara (1994), en secciones superficiales del NW de Chiapas y S de Veracruz, en las cuales determina abundantes formas del grupo *Globorotalia fohsi* s.l. y raras formas de *S. multiloba*, en sedimentos correspondientes a la base del Mioceno Medio.

Según los alcances estratigráficos propuestos para estas especies en el trabajo de Bolli y Saunders (1985), *S. multiloba* no coexiste con el grupo *G. fohsi* s.l. Pero considerando las observaciones del presente trabajo y las realizadas en otras secciones superficiales para la misma región, se propone que posiblemente el alcance estratigráfico de *S. multiloba* sea más amplio en sedimentos de México que el propuesto por Bolli y Saunders (1985) para Trinidad, teniendo su primera ocurrencia evolutiva en la base del Mioceno Medio.

Así mismo se considera que posiblemente otras especies como ***Globorotalia*** cf. ***acostaensis*** Blow y ***Sphaeroidinellopsis seminulina*** Schwager, las cuales tienen su primera ocurrencia evolutiva en el Mioceno Tardío según Bolli y Saunders (1985), se presenten también en el Mioceno Medio en sedimentos de México.

Se propone esto debido a que se observaron estas especies en el presente trabajo en sedimentos datados para el Mioceno Medio en la Sección Rosario (Fig.VII.8) y en la Sección Navidad (Fig.VII.9). Aunque la presencia de estas dos especies no es tan marcada como en el caso de *Sphaeroidinellopsis multiloba*, su presencia es importante ya que también se reportan en sedimentos del Mioceno Medio del Sur de Veracruz en el trabajo de González-Lara (1994a).

Además es muy importante verificar el alcance estratigráfico de *Globorotalia* cf. *acostaensis* Blow, así como de *Sphaeroidinellopsis seminulina* Schwager, ya que generalmente el Mioceno Superior se establece por la primera ocurrencia de estos microfósiles.

VIII. BIOESTRATIGRAFÍA

La bioestratigrafía se considera como la rama de la estratigrafía que se basa en los aspectos paleontológicos de las rocas y la diferenciación de las unidades de roca con base al estudio de los fósiles que contienen. Estas unidades bioestratigráficas se establecen según las características paleontológicas que presentan las rocas estratificadas. Son unidades bastante objetivas, pues se fundamentan en la presencia física de los diferentes grupos fósiles (Corrales, *et al.*, 1977).

Como se mencionó anteriormente, la gran utilidad estratigráfica de los foraminíferos planctónicos se debe principalmente a su abundancia y su amplia distribución paleobiogeográfica en los ambientes marinos, además, no presentan tantos problemas de redeposito y su registro fósil suele ser muy continuo; todo lo anterior nos lleva a obtener datos bioestratigráficos de estos organismos y una escala biocronológica más fiable con base al establecimiento de biozonas más precisas.

Una biozona es la unidad básica de la clasificación bioestratigráfica y se define como una secuencia rocosa caracterizada por un contenido fosilífero, cuyos límites están situados por primeras y últimas apariciones de las especies índice utilizadas (Arenillas, 1996).

Las biozonaciones realizadas con base a las primeras y últimas apariciones de foraminíferos planctónicos han sido ampliamente aplicadas por las compañías petroleras, debido a su importancia para la datación, la estratigrafía y la determinación de facies.

De esta forma se han desarrollado numerosas biozonaciones, siendo las primeras en las regiones de la exURSS, (Subbotina, 1953; Morozova, 1960; Alimarina, 1963; Luterbacher, 1968) y en el Caribe (Bolli, 1957a), (*in* Arenillas, 1996).

Esta última biozonación realizada para el Caribe, ha sido modificada posteriormente por el mismo autor y otros autores (Bolli y Saunders, 1985) y actualmente es la más utilizada, constituyéndose como una biozonación clásica que pretende ser estándar para bajas latitudes (tropical a subtropical).

El carácter estándar de una biozona es siempre un tema discutible, y la mayor parte de las biozonaciones pretendidamente estándar son en realidad regionales, y debido a que la biozonación realizaba por Bolli y Saunders (1985) fue descrita utilizando especies índice de regiones tropicales en medios profundos. Esto representa un problema, porque en regiones templadas y frías y en medios de plataforma somera suelen faltar algunos marcadores biozonales típicos.

Esto ha traído como consecuencia que la mayoría de los bioestratígrafos establezcan zonificaciones para cada región teniendo como objetivo fundamental mostrar la sucesión de foraminíferos planctónicos presentes en dicha región.

Por lo que es importante hacer notar que no existe un esquema de zonificación estándar completamente válido a escala global, por ello la utilización de una zonificación determinativa dependerá ampliamente de la situación latitudinal de la zona de estudio.

Dentro de las biozonificaciones realizadas con foraminíferos planctónicos, la más aplicable a las cuencas del SE de México y la utilizada en el presente trabajo, ha sido la de Bolli y Saunders (1985), ya que es de fácil utilización, tanto en materiales de secciones superficiales con control estratigráfico, así como en muestras de pozos. Además de que es la más utilizada en México en el ámbito petrolero.

Para los sedimentos de la Sección Bochil se propone que posiblemente correspondan a la biozona de *Globigerina eugubina* (P1a). Bolli y Saunders (1985), definen esta biozona como una zona de rango total de *Globigerina eugubina*. Aunque no se observó el biomarcador se considera esta zona debido a la presencia de *Globigerina fringa* en la muestra HR-59 (Fig.VIII.1) la cual según Bolli y Saunders (1985) tiene su primera aparición en la base de esta biozona.

Además la presencia de *Parvularugoglobigerina longiapertura* (Fig.VIII.1) nos limita a esta biozona debido a que de acuerdo con a la biozonificación propuesta por Arenillas (1996), y por González-Lara (2001) en sedimentos de esta misma sección, el alcance estratigráfico de esta especie llega hasta la parte media-superior de la zona de *Globigerina eugubina*, lo cual descarta la posibilidad de que los sedimentos estudiados correspondan a la siguiente zona de *Morozovella pseudobulloides*.

La presencia de la biozona de *Globigerina eugubina* se reafirma considerando la biozonación realizada por González-Lara (2001) para sedimentos de esta misma sección, en la cual determina la biozona de *Globigerina eugubina* y *Morozovella pseudobulloides*, además de que reporta por primera vez la presencia de *Guembelitra cretacica* y la posible presencia de la zona P0 en México.

Los sedimentos de Sección San Pedro corresponden a la biozona de *Planorotalites pseudomenardii* (P4), la cual definen Bolli y Saunders 1985 como una zona de rango total del fósil índice *Planorotalites pseudomenardii*. Se considera esta biozona para estos sedimentos ya que la presencia de esta especie fue notoria en todos los estratos del afloramiento (Fig. VIII.2), presentando continuidad desde la primera muestra hasta la última, y presento una buena conservación en la columna estratigráfica estudiada, por lo que se ubican las muestras de esta sección en la biozona de *Planorotalites pseudomenardii* (P4). Además de que se observaron ejemplares característicos de esta biozona como el género *Morozovella* sp. (Fig.VIII.2).

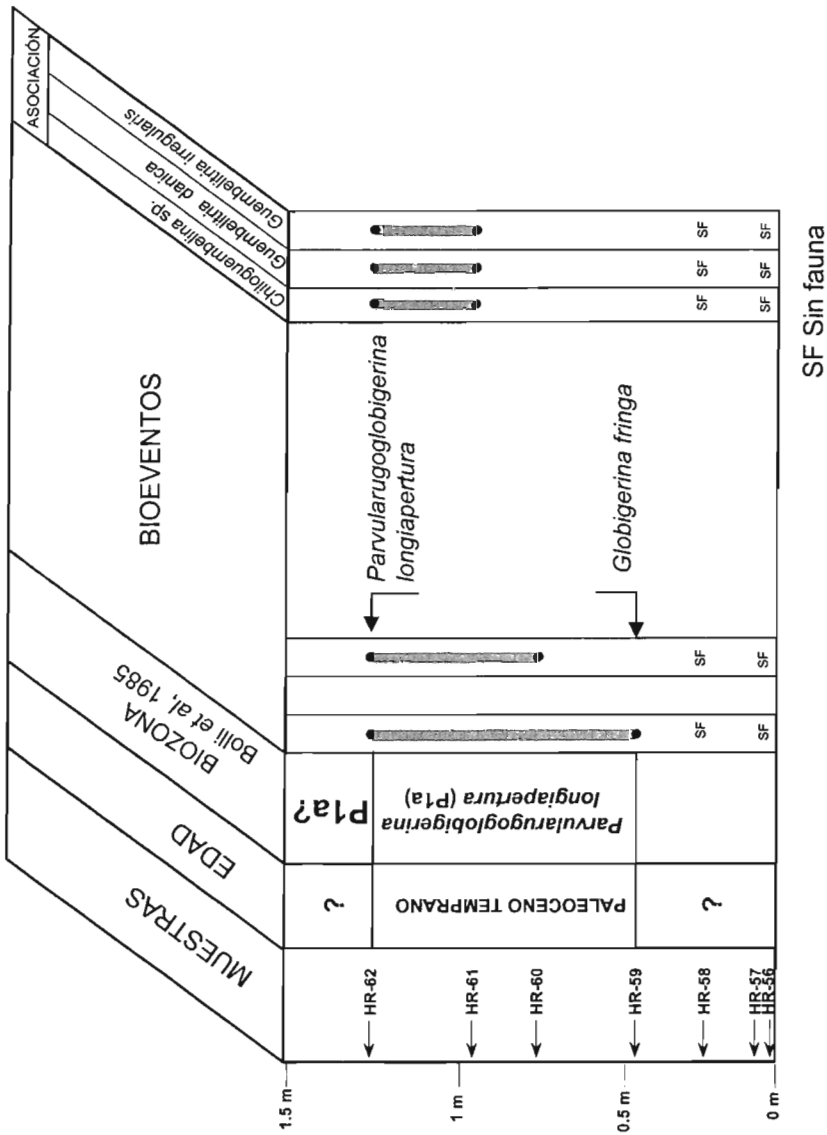


FIG.VIII.1. ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO PROPUESTO PARA EL PALEOCENO TEMPRANO CON BASE A LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DE LA SECCIÓN BOCHIL, CHIAPAS.

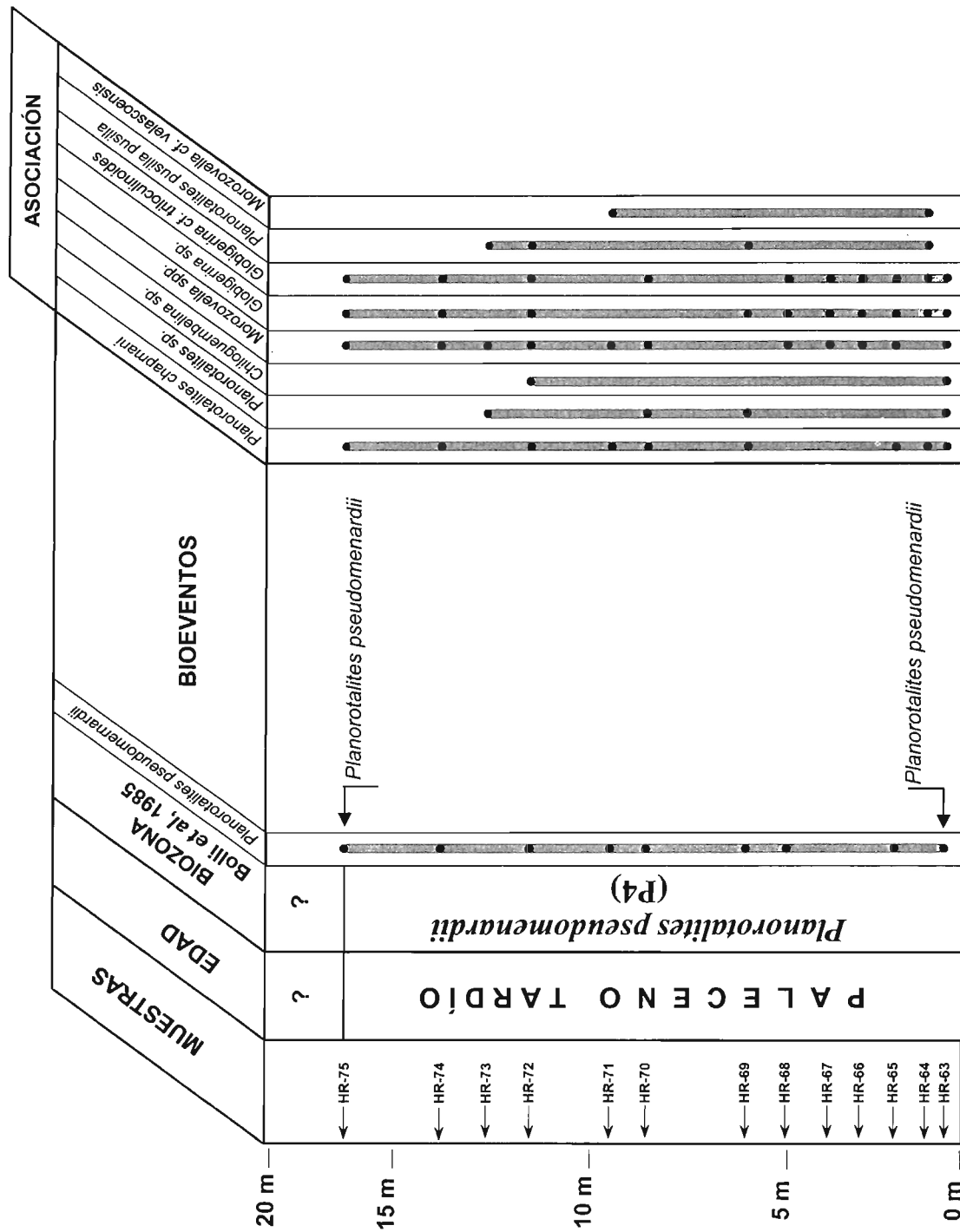


FIG.VIII.2. ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO PROPUESTO PARA EL PALEOCENO TARDÍO CON BASE A LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DE LA SECCIÓN SAN PEDRO, CHIAPAS.

Al igual que en la Sección San Pedro, se considera que los sedimentos de la Sección Tapijulapa corresponden a la biozona de *Planorotalites pseudomenardii* (P4). La presencia de esta especie fue por mucho, más abundante y con buena conservación en todos los horizontes muestreados del afloramiento; su primera ocurrencia en la columna fue a partir de la base hasta la última muestra de la columna estudiada (Fig.VIII.3), por tal motivo se considera como posible biozona para estos estratos, la zona de *Planorotalites pseudomenardii* (P4), la cual se define por la aparición y la extinción de esta especie.

En el caso de la Sección Chintul se pueden definir en estos sedimentos probablemente dos biozonas con base a la presencia del biomarcador *Globorotalia opima opima* en la muestra HR-53 y la última ocurrencia de esta especie en esta misma muestra (Fig.VIII.4).

Se define desde el primer horizonte analizado de esta sección a la muestra HR-54 (Fig.VIII.4) la biozona de *Globorotalia opima opima* (P21/N2) la cual según Bolli y Saunders (1985) se define como zona de rango total del biomarcador zonal. Aunque solo se observó esta especie en la muestra HR-53 se considera esta biozona debido a que esta zona se caracteriza también por el desarrollo de las especies *Globigerina ciperoensis ciperoensis* y *Globigerina ciperoensis angulisuturalis*, las cuales estuvieron ampliamente representadas en las muestras de este intervalo.

A partir de la muestra HR-54 se propone la biozona de *Globigerina ciperoensis ciperoensis* o P22/N3, la cual según Bolli y Saunders (1985) es una zona de intervalo, definida del intervalo con el marcador zonal y de la última ocurrencia de *Globorotalia opima opima* a la primera ocurrencia de *Globorotalia kugleri*.

El límite inferior de la biozona *Globigerina ciperoensis ciperoensis* está bien determinado con la última ocurrencia de *Globorotalia opima opima* en la muestra HR-53 (Fig.VIII.4), aunque el límite superior no se pudo definir debido a que no se observó en los siguientes horizontes *Globorotalia kugleri*, la cual establece el límite superior de esta biozona.

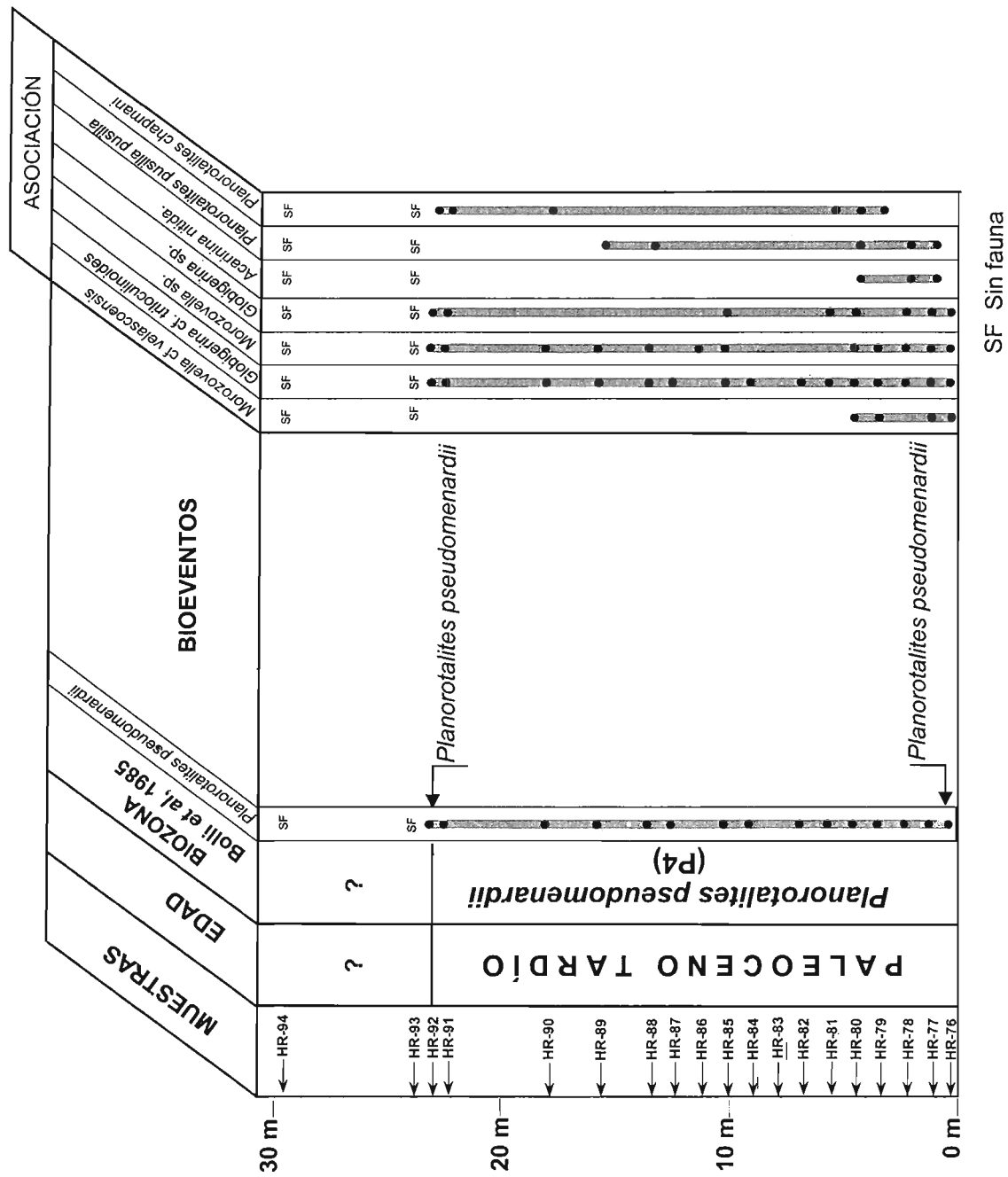


FIG.VIII.3. ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO PROPUESTO PARA EL PALEOCENO TARDÍO CON BASE A LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DE LA SECCIÓN TAPIJULAPA, TABASCO.

En las secciones Rosario, Navidad y Atardecer la asociación faunística presente en los tres casos fue muy similar entre sí, por lo cual se propone para los sedimentos de estas secciones las biozonas de *Globigerinoides ruber* (N13) y *Globorotalia mayeri* o N14. Según Bolli y Saunders (1985) la biozona de *Globigerinoides ruber* corresponde a una zona de intervalo, la cual definen como el intervalo con el marcador zonal presente y la última ocurrencia de *Globorotalia fohsi robusta* a la última ocurrencia en el Mioceno del biomarcador zonal. La biozona de *Globorotalia mayeri* corresponde a otra zona de intervalo, la cual se define por la presencia del marcador zonal y la última ocurrencia en el Mioceno de *Globigerinoides ruber*, a la última ocurrencia del biomarcador zonal.

En la sección Rosario la biozona de *Globigerinoides ruber* se propone desde la primera muestra HR-1 hasta la muestra HR-12 en la cual se presenta la última ocurrencia de *G. ruber*. A partir de este horizonte se establece la biozona *Globorotalia mayeri* hasta la muestra HR-15, dada por la última ocurrencia de *G. ruber* a la última ocurrencia de *G. mayeri* (Fig.VIII.5)

En la sección Navidad la biozona de *Globigerinoides ruber* se establece desde la muestra HR-18 hasta la muestra HR-22 en la cual se presenta la última ocurrencia de *G. ruber*, y a partir de este horizonte hasta la última muestra de la columna estudiada se establece la biozona *Globorotalia mayeri*, determinada por la última ocurrencia de *G. ruber* y como límite superior la última ocurrencia de *G. mayeri* en la muestra HR-30 (Fig.VIII.6).

En los sedimentos de la sección Atardecer se propone la biozona de *Globigerinoides ruber* desde la muestra HR-31 hasta la muestra HR-43. En este horizonte se presenta la última ocurrencia de *G. ruber*, la cual marca el límite superior de esta biozona y establece también el límite inferior de la biozona *Globorotalia mayeri*, por lo cual, a partir del horizonte de la muestra HR-43 se establece la biozona *Globorotalia mayeri* hasta la última muestra en la cual se da la última ocurrencia de *G. mayeri* que determina el límite superior de esta biozona en los horizontes muestreados (Fig.VIII.7).

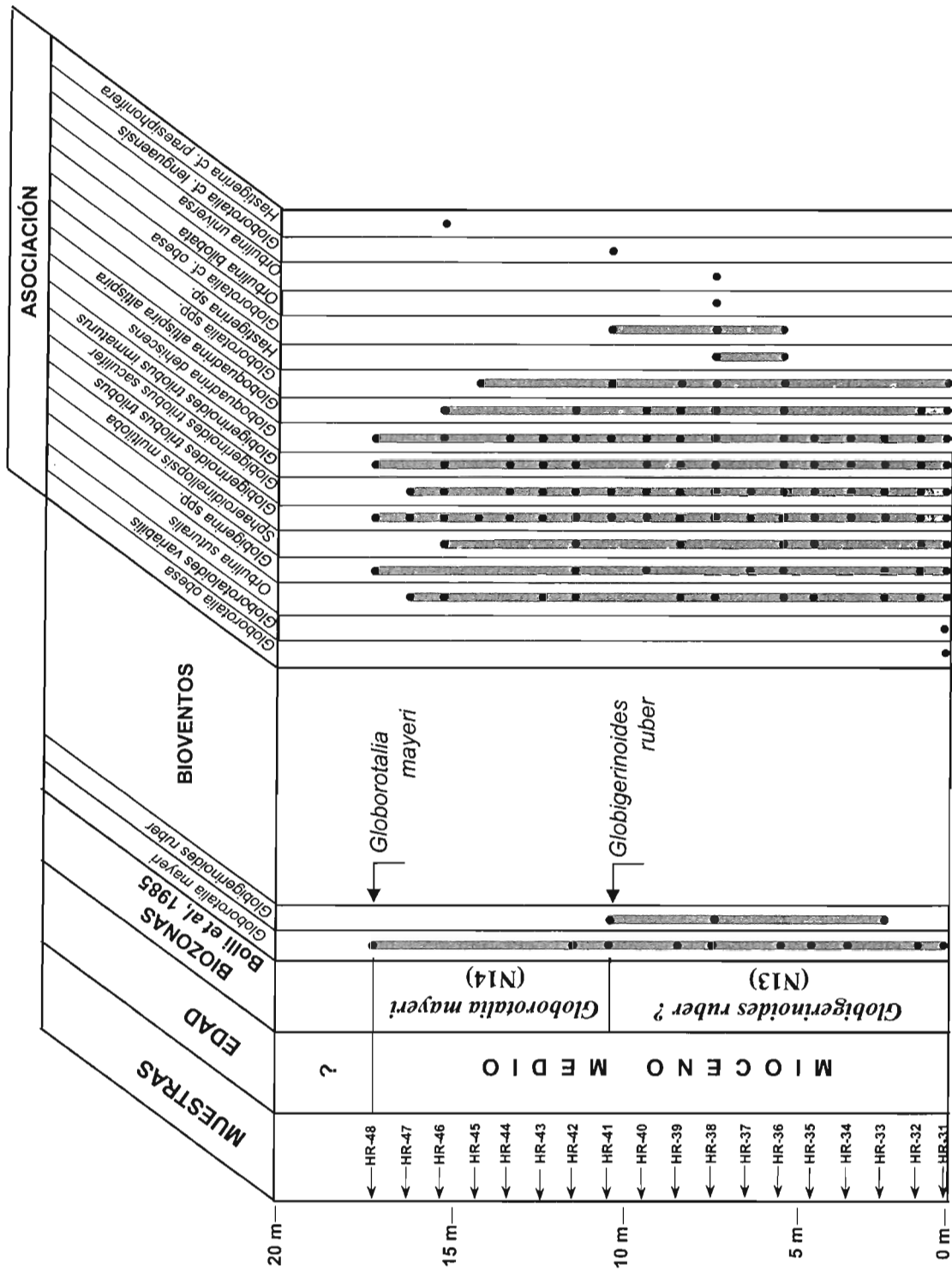


FIG.VIII.7. ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO PROPUESTO PARA EL MIOCENO MEDIO CON BASE A LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DE LA SECCIÓN ATARDECER, SE DE VERACRUZ.

IX. BIOCRONOESTRATIGRAFÍA.

Las biozonaciones hechas con foraminíferos planctónicos son utilizadas en la integración de estudios biocronoestratigráficos que nos permiten realizar correlaciones a larga distancia entre los diferentes cuerpos de rocas (elementos isocrónos) y de esta forma establecer equivalencias temporales o unidades cronológicas contemporáneas.

Para poder realizar una correlación biocronoestratigráfica, las unidades a utilizar pueden ser inferidas a partir de criterios biológicos con base a la unidad básica de la bioestratigráfica o biozona.

Con base al establecimiento de la biozona *Planorotalites pseudomenardii* (P4), en las secciones San Pedro y Tapijulapa, se realiza una correlación de los sedimentos de estas secciones (Fig.IX.1), por lo cual se considera que son contemporáneas, ya que estos cuerpos rocosos se caracterizan por el mismo contenido faunístico: la presencia del biomarcador *Planorotalites pseudomenardii* y las especies *Planorotalites pusilla pusilla*, *Planorotalites chapmani*, *Morozovella* sp. y *Globigerina* sp. presentes como asociación en los sedimentos de ambas secciones (Fig.VIII.2 y VIII.3).

En esta correlación se incluye también la Sección Bochil la cual corresponde a la misma unidad cronoestratigráfica del Paleoceno (Fig.IX.1), pero se tratan de sedimentos más antiguos de la biozona de *Globigerina eugubina* que se relaciona a la primera zona de la base del Paleoceno Temprano (Fig.VIII.1), por lo cual no se pueden correlacionar directamente con los horizontes de las secciones San Pedro y Tapijulapa.

Respecto a las secciones Rosario, Navidad y Atardecer, las cuales corresponden a sedimentos depositados durante el Mioceno Medio, a partir del establecimiento de las biozonas *Globigerinoides ruber* (N13) y *Glorobrotalia mayeri* (N14), es posible realizar una correlación bioestratigráfica entre estas secciones (Fig.IX.2).

Esta correlación se fundamenta como se menciona anteriormente, en la determinación de estos cuerpos rocosos o biozonas, que se caracterizan por presentar el mismo contenido fosilífero.

De esta forma se correlacionaron estas secciones a partir de los biohorizontes establecidos con las biozonas *Globigerinoides ruber* (N13) y *Glorobrotalia mayeri* (N14) determinadas en los sedimentos de estas secciones (Fig.IX.2).

Cabe mencionar que en el caso de las secciones Rosario, Navidad y Atardecer, aunque se pudieron establecer estas biozonas, se propone realizar una revisión de los alcances reales de algunas especies en sedimentos de México, ya que se presentan algunas discrepancias con las propuestas en el trabajo de Bolli y Saunders (1985) y estos cambios en la distribución de las especies, podría estar afectando en la determinación de las biozonas.

Se menciona esto debido a que en las tres secciones del Mioceno Medio se observa una presencia abundante de ejemplares del grupo de *Globobrotalia fohsi* s.l., principalmente de la especie *G. fohsi peripheroacuta*, los cuales nos estarían indicando posiblemente la presencia de una biozona dentro del linaje *G. fohsi* s.l. Aunque no se determinaron todas las especies del linaje *G. fohsi* s.l. como *G. fohsi robusta* y *G. fohsi lobata*, con la presencia del grupo *G. fohsi* s.l. se definirían otras unidades bioestratigráficas.

La causa principal para que los límites de las unidades bioestratigráficas no coincidan con trabajos realizados en otras regiones, es la distribución estratigráfica de los fósiles, la cual se puede estar influenciada por factores ambientales, condiciones de fosilización, migración, etcétera.

Esto se debe tomar en cuenta en la determinación de unidades bioestratigráficas o biozonas, ya que el establecimiento de biozonas es muy importante debido a que nos permiten relacionar los parámetros tiempo y espacio, ayudando así en la realización de correlaciones.

Y la elaboración de correlaciones estratigráficas representa un punto muy importante. A partir de las correlaciones estratigráficas es posible integrar los estudios estratigráficos locales y tener una idea de la evolución geológica en amplias regiones, sirviendo de base para los estudios paleogeográficos, de geología histórica y en la exploración petrolera.

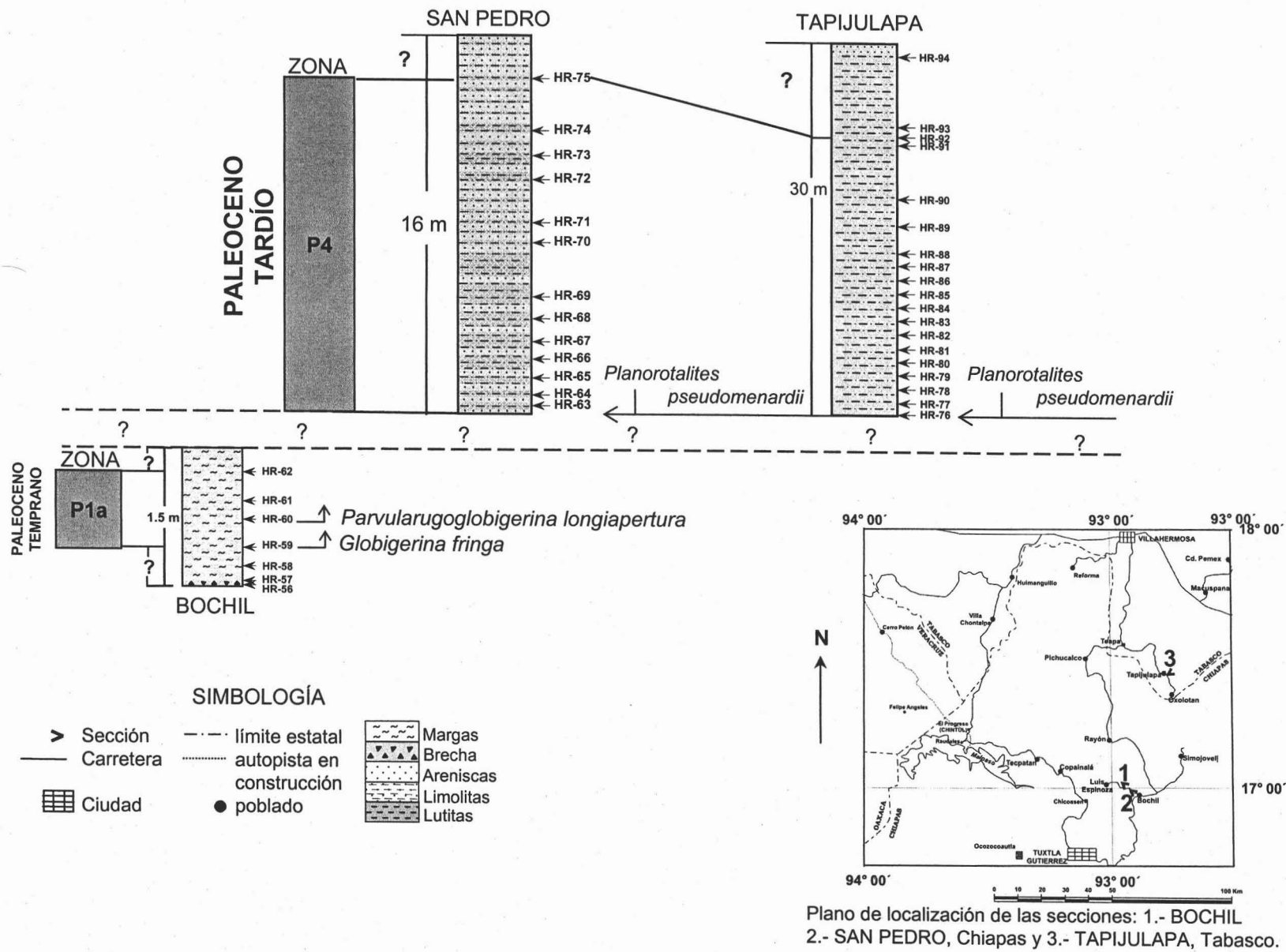
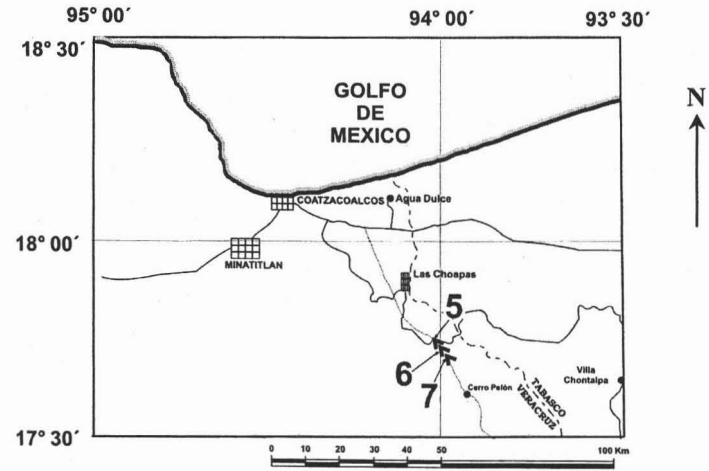


Fig.XI.1. Correlación Biocronoestratigráfica del Paleoceno de las secciones Bochil, San Pedro y Tapijulapa (NW de Chiapas y S de Tabasco)

SIMBOLOGÍA

- | | | | | | |
|--|-----------|--|-----------|--|---------------------------|
| | Arenisca | | Sección | | límite estatal |
| | Limolitas | | Carretera | | autopista en construcción |
| | Lutitas | | Ciudad | | poblado |



Plano de localización de las secciones: 5.- ROSARIO, 6.- NAVIDAD 7.- ATARDECER, SE de Veracruz.

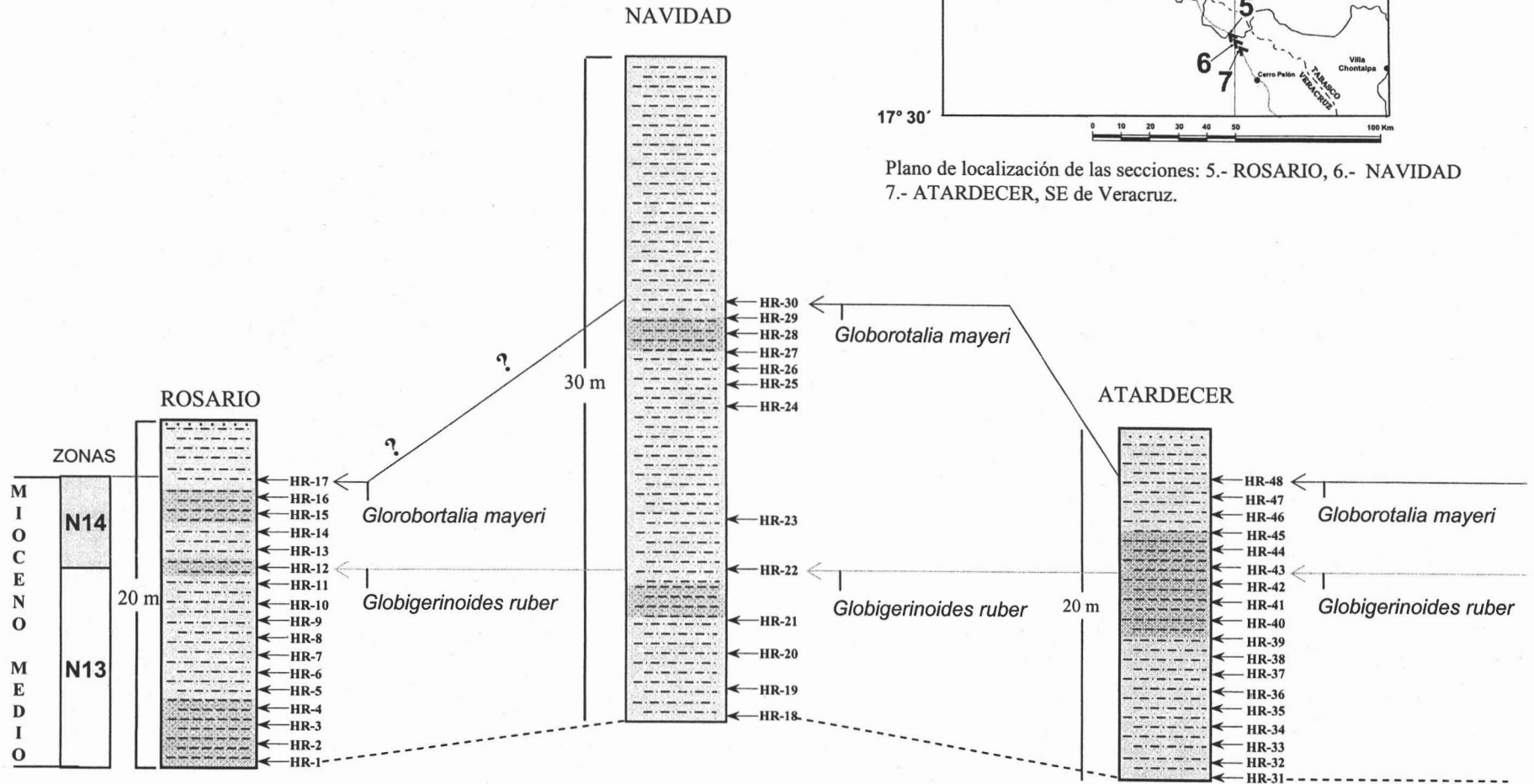


Fig.IX.2 Correlación Biocronoestratigráfica del Mioceno Medio con base a las biozonas N13 y N14 de las secciones Rosario, Navidad y Atardecer (SE de Veracruz).

X. CONCLUSIONES

El estudio micropaleontológico y biocronológico de las secciones Bochil, San Pedro, Tapijulapa, Chintul, Rosario, Navidad y Atardecer, permitió la determinación de las edades relativas para cada una de ellas.

Se establecieron unidades biocronológicas de acuerdo a la determinación sistemática de 1 superfamilia, 4 familias, 17 géneros, 36 especies y 19 subespecies de foraminíferos planctónicos del Paleoceno, Oligoceno y Mioceno y al estudio de su distribución vertical de estas especies identificadas.

1. Se determinó una edad de la base del Paleoceno Temprano para la Sección Bochil, con base a la presencia de *Parvularugoglobigerina longiapertura* y *Globigerina fringa*.
2. Para las secciones San Pedro y Tapijulapa se obtuvo una edad del Paleoceno Tardío principalmente por la presencia del fósil índice *Planorotalites pseudomenardii*.
3. Las secciones Rosario, Navidad y Atardecer corresponden a una edad del Mioceno Medio, por la presencia de los fósiles índice *Globorotalia fohsi peripheroacuta* y *Sphaeroidinellopsis multiloba*.
4. Los rangos estratigráficos de Bolli y Saunders (1985) no son totalmente aplicables para las Cuencas Sedimentarias del SE de México.

5. Se reafirma que en sedimentos del SE de México, *Globigerina nepenthes* tiene su primera ocurrencia en estratos en los cuales está *Globorotalia fohsi* s.l., a diferencia del criterio de Bolli y Saunders (1985), en donde señalan que ambas especies no coexisten.
6. Los estudios biocronológicos locales con base a los foraminíferos planctónicos permiten la elaboración de correlaciones estratigráficas al establecer equivalencia temporal entre diferentes cuerpos de roca isócronos.
7. El estudio de secciones superficiales del SE de México permite obtener los alcances estratigráficos reales de los grupos fósiles del Terciario, los cuales pueden ser extrapolados a muestras de canal y núcleos obtenidos en pozos petroleros.
8. Los foraminíferos planctónicos continúan siendo una herramienta valiosa para estudios biocronoestratigráficos realizados en las principales cuencas de México con interés petrolero, debido a que son relativamente abundantes en los sedimentos marinos, presentan una amplia distribución geográfica y una evolución rápida, además de que su estudio comprende técnicas sencillas.

XI. REFERENCIAS

Aranda, G., M., 1995. **Tectónica de la Sierra Madre Oriental**. Trabajo para PEMEX-PEP y University Austin, Texas.

Arenillas, S. I., 1996. **Los foraminíferos plantónicos del Paleoceno-Eoceno Inferior: sistemática, bioestratigrafía, cronoestratigrafía y paleoceanografía**. Tesis de doctorado. Universidad de Zaragoza, 513 p.

Arenillas, S. I., 2002. **Foraminíferos: biología, organización de la concha y clasificación**. Capítulo 5, *in* Molina, E., 2002. **Micropaleontología**. Prensas Universitarias de Zaragoza, España, 83-108 p.

Arnaud, H., 1995. **Micropaléontologie, Microfaciès des plates-formes carbonatées et Stratigraphie séquentielle**. Université Joseph Fourier Sciences, Technologie, Medecine. Paris.

Ayala, C. A., 1956. **Consideraciones sobre Micropaleontología de Foraminíferos**. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol.VIII (3) 109-118 p.

Barrier, E., Velasquillo, L., Chávez, M., Gaulon, R., (1998). **Neotectonic evolution of the Isthmus of Tehuantepec (southeastern Mexico)**, Tectonophysics, 77-96p.

Benavides, G.L. 1956. **Notas Sobre la Geología Petrolera de México**. Simposium Sobre Yacimientos de Petróleo y Gas. Tomo II. América del Norte, 509-510 p.

Bolli, H. M. y J. B. Saunders, 1985. **Oligocene to Recent low latitude planktic foraminifera**. *In* Bolli, H.M. Saunders J.B. y K. Perch-Nielsen. Univ. Press New York: 155-262 p.

Cabrera, C. R. y Lugo, R. J. E., 1984. **Estratigrafía-Sedimentología de las Cuencas Terciarias**. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 3, Núm. 2, V. XXXVI, Julio, 3-55 p.

Castillo, T.C. 1955. **Bosquejo Estratigráfico de la Cuenca Salina del Istmo de Tehuantepec**. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. XXVII, No. 1, 19-35 p.

Chirinos, P.G.F. 1972. **Proyecto Caliza Macuspana Arrecifal**. Informe Geológico No. 569. Petroleos Mexicanos, Zona Sur, 2-10 p. (Inédito)

Corrales, Z. I., Rosell, S.J., Sánchez, T. L., Vera, T.J., y Vilas, M.L., 1977. **Estratigrafía**. Editorial Rueda. Madrid, 718 p.

Cushman, J. A. 1925. **Foraminifera of the tropical Central Pacific**. Bull., Bernice P. Bishop Mus., no. 27, 121-144 p.

- Cushman, J. A. 1927. **Some characteristic Mexican fossil Foraminifera.** Journal of Paleontology, vol. 1, 147-173 p.
- Cushman, J. A. 1933. **Cretaceous species of Gumbelina and related genera.** Contr. Cushman Lab. Foram. Res., vol. 14, pat. 1, 2-27 p.
- Cushman, J. A. y Stainforth, R. M., 1945. **The foraminifera of the Ciperó Marl Formation of Trinidad, British West Indies.** Spec. Publ. Cushman Lab., 14, 1-75 p.
- De la Cruz V.M., 1990. **Plano Geológico, Esc. 1:250,000** Prospecto Villahermosa, PEMEX, Informe 948.
- González-Lara J. C. 1994. **Globigerina nepenthes Todd, en la base del Mioceno Medio del Sureste de México: implicaciones biocronoestratigráficas.** Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, vol,7, núm. 2, 13-27 p.
- González-Lara J. C. 1994a. **Estudio Bioestrigráfico de una Secuencia Arcillo-Arenosa del Neógeno, Basado en Foraminíferos Planctónicos y Bentónicos, del Sur de Veracruz y Noroeste de Chiapas.** Tesis de Maestría, ESIA-IPN. 120 p.
- González-Lara, J. C. 2001. **Le Paléocène du Chiapas (SE du Mexique): Biostratigraphie, Sédimentologie et Stratigraphie Séquentielle.** Géologie Alpine, Mémoire H.S. No. 36, 1-139 p.
- González-Lara J. C. 2002. **Manual de Foraminíferos Planctónicos del Terciario.** Instituto Mexicano del Petróleo (Inédito).
- Gonzalvo, C., 2002. **Metodología: muestreos, técnicas de preparación y métodos de estudio.** Capítulo 2. in E. Molina, 2002. **Micropaleontología.** Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza. 1ª edición, 27-42 p.
- Grajales-Nishimura J.M., Cedillo, E., Rosales-Dominguez C., Moran, Z.D.J., Alvarez W., Claeys P., Ruiz, M.J., García J., Padilla A.P., y Sanchez-Ríos A. , 2000. **Chicxulub impact: The origin of reservoir and seal facies in te southeastern Mexico oil fields.** Geology, 4, 28, 307-310 p.
- Hedberg, H. D.,1980. **Guía Estratigráfica Internacional.** Editorial Reverté, España. 205 p
- Lipps, J. H.,1993. **Fossil Procaryotes and Protists.** Blackwell scientific publications. USA 203-247 p.
- Loeblich A. R. y Tappan H. 1987. **Foraminiferal genera and their classification.** Van Nostrand Reinhold, New Cork, 2 tomos, 970 p.
- López, Vega. J. 1963. **Informe Geológico del Área Bochil-San Cristóbal, Chiapas.** Informe Geológico No. 499, Petróleos mexicanos, Zona Sur, 8-16 p. (Inédito)

- Meneses, R., J., 1991. **Tectonic Develoment of the Ixtapa Graben Chiapas, Mexico.** Thesis of Doctoral, A. U. of Texas.
- Molina, E., 2002a. **Foraminíferos planctónicos: Globigerinina.** Capítulo 6, *in* Molina, E., 2002. **Micropaleontología.** Prensas Universitarias de Zaragoza, España, 1ª edición, 83-108 p.
- Molina, E., 2002b. **Micropaleontología, Concepto, historia y estado actual.** Capítulo 1. *in* E. Molina, 2002. **Micropaleontología.** Prensas Universitarias de Zaragoza, España. 1ª edición. 11-26 p.
- Moore, Raymond, Lalitker, C.C. y Jischer A.G. 1952. **Invertebrate fossils.** Mc Graw Hill. USA. 39 p.
- Pérez, C. L. L., González, L. J. C. y Gómez, P. J. A. 1995. **Micropaleontología de tres secciones Oligo-Miocénicas del Sureste de México: Implicaciones Cronoestratigráficas y Paleobatimétricas.** Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, Vol.8, núm.1 41-71 p.
- Quezada-Muñetón, J. M., 1987. **El Cretácico Medio-Superior, y el Límite Cretácico superior-Terciario Inferior en la Sierra de Chiapas.** Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. XXXIX, núm. 1. 3-98 p. Zona sur PEMEX, (Inédito).
- Quiroz-Barroso, S., 1997. **Elementos de Estratigrafía.** Capítulo 6. *in* García, P., Sour, F. y Montellano, M., 1997. **Paleontología.** 1ª edición. Prensas de Ciencias, México. 120-154 p.
- Ramírez, H. H., 2000. **Neotectónica y Riesgo Sísmico en el Istmo de Tehuantepec.** Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, ESIA-Ticomán.
- Rey, J., 1983. **Biostratigraphie et Lithostratigraphie: principes fondamentaux, methodes et applications.** IFP, École Nationale Supérieure de Prospection Géologique et Géophysique, Paris, 181, 83 p.
- Robles, R. M. L., 1974. **Catalogo Ilustrado de la Superfamilia Globigerinacea,** Laboratorio de micropaleontología del Cenozoico. Instituto Mexicano del Petróleo. Inédito.
- Robles, R. M. L., y Flores, C. C., 1969. **Catálogo ilustrado de los Foraminíferos Planctónicos utilizados en la zonificación realizada por Bolli, 1966.** Instituto Mexicano del Petróleo, No. 69 AE/047. 197 p.
- Rosales D. M. del C.; M. A. Sánchez, R y Bermudez S, J. C. 1991. **Estudio de la microfauna y nanoflora de dos secciones en la Sierra de Chiapas: Posible límite Cretácico-Terciario.** Memoria del III Congreso Nacional de Paleontología. 165-166 p.

Salmerón, U.P., 1971. **Estudio bioestratigráfico de la Sección Nicapa (VII) y sección de subsuelo, del Proyecto del Cenozoico del área de Himanguillo, Edos. Chiapas, Tabasco y Veracruz.** Instituto Mexicano del Petróleo (Inédito).

Salmerón, U.P., 2001. **Foraminíferos (Temas Selectos).** Instituto Mexicano del Petróleo (Inédito)

Sánchez, R. M. A., González, L. J. C., Gómez, P. J. A. y Viñas, G. F., 1991. **Investigación Taxonómica y Bioestratigráfica del Nanoplancton Calcáreo en las Cuencas Neógenas del Sureste de México. Parte I,** Instituto Mexicano del Petróleo. Proyecto CAO-5516, (Inédito).

Sánchez, R. M. A. y Salmeron, U. P., 1996. **El Paleoceno en México.** Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Vol. XLV, Núm. 2, julio-diciembre, 39-57 p.

Sánchez-Ríos, M.A., 1997. **Fechaamiento con base al Nanoplancton Calcáreo de algunos sitios localizados en el Istmo de Tehuantepec, como apoyo para el proyecto de riesgo sísmico.** Instituto Mexicano del Petróleo.

Santiago *et al.*, 1984. **Evaluación de Formaciones en México.** Schlumberger. 22–31 p.

Stainforth, R. M., J. L. Lamb, Hanspeter Luterbacher, J. H. Beard, y R. M. Jeffords, 1975. **Cenozoic Planktonic Foraminiferal zonation and characteristics of index forms.** EXXIB Company, U.S.A. 424 p.

Vázquez, M.E. y Villaseñor, P.E., 1990. **Integración Tectónica-Estructural en el prospecto “Sierra de Chiapas”.** Proy. CAO-4505. I.M.P. Subdirección de Tecnología de Exploración (Inédito).

Velasquillo, L., (1994). **Neotectónica en el Istmo de Tehuantepec y su impacto en la estimación del riesgo sísmico.** Tesis de Lic., Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

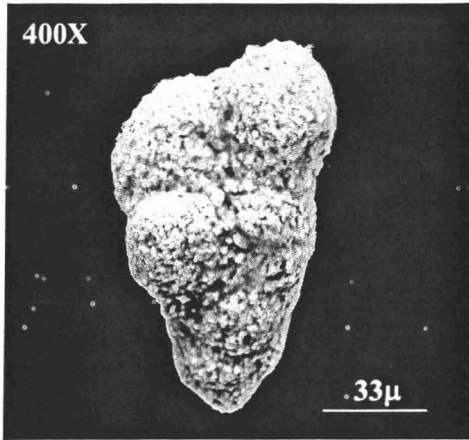
XII. A N E X O

ATLAS FOTOGRÁFICO

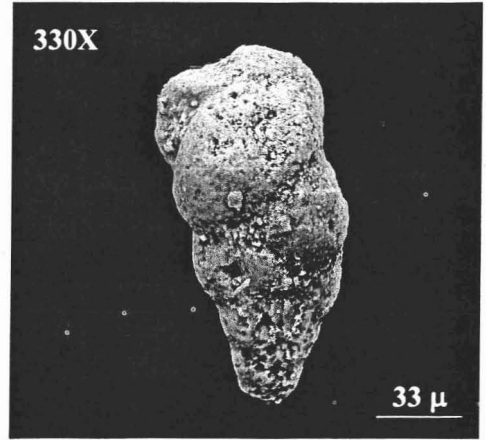
LAMINA I

1. *Guembelitra irregularis*, Morozova, 1961; umbilical. HR-61, (X400). Sección Bochil, Paleoceno Inferior.
2. *Guembelitra irregularis*, Morozova, 1961; lateral. HR-62, (X330). Sección Bochil, Paleoceno Inferior.
3. *Guembelitra danica*, Hofker, 1978; umbilical. HR-62, (X320). Sección Bochil, Paleoceno Inferior.
4. *Guembelitra danica*, Hofker, 1978; umbilical. HR-62, (X360). Sección Bochil, Paleoceno Inferior.
5. *Parvularugoglobigerina longiapertura*, Blow, 1979; dorsal. HR-62, (X430). Sección Bochil, Paleoceno Inferior.
6. *Parvularugoglobigerina longiapertura*, Blow, 1979; umbilical. HR-62, (X440). Sección Bochil, Paleoceno Inferior.

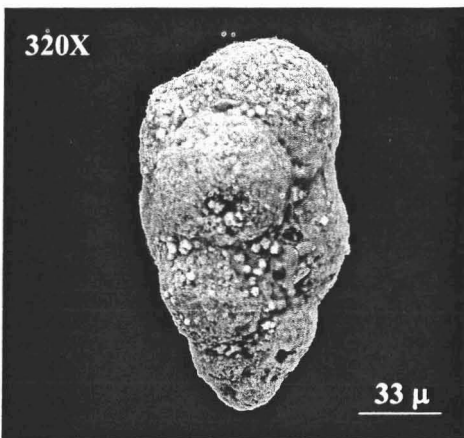
LAMINA I



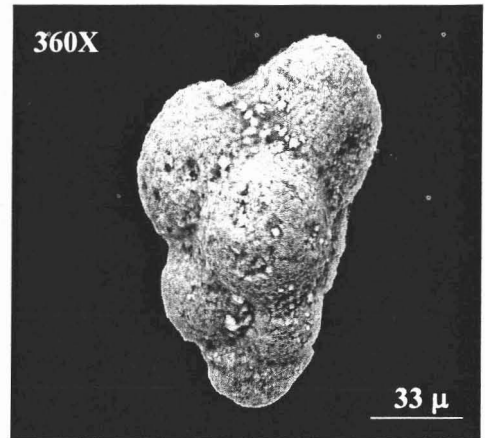
1



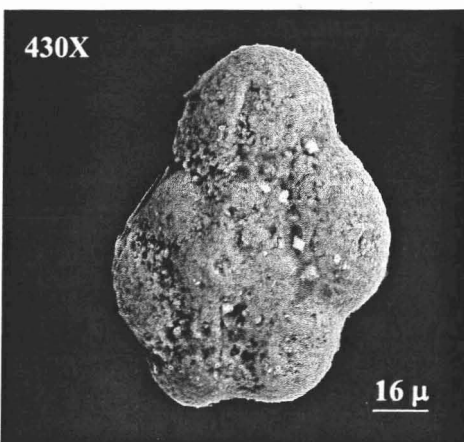
2



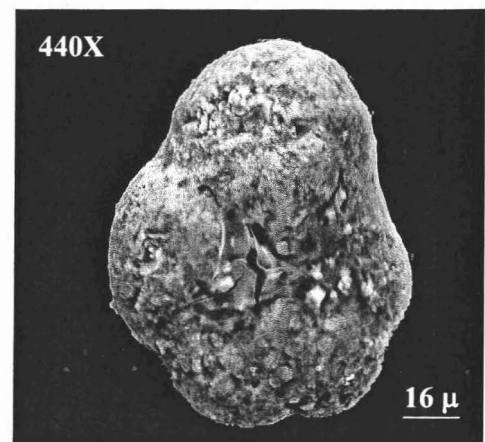
3



4



5

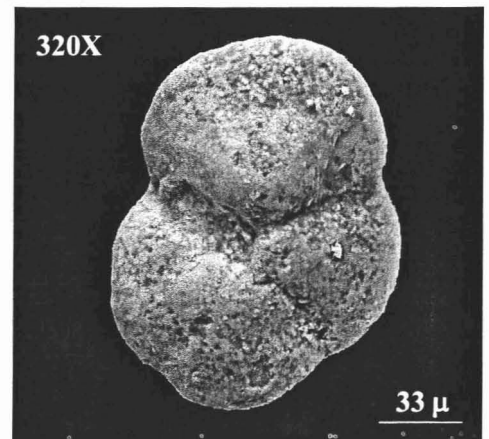
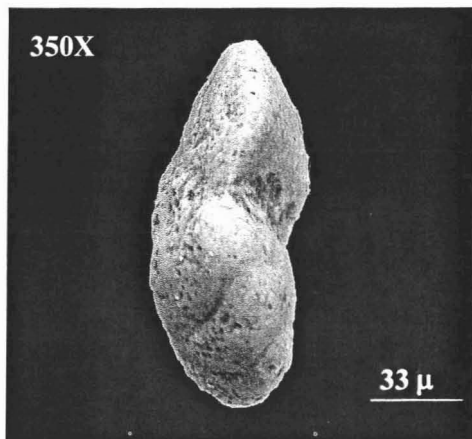
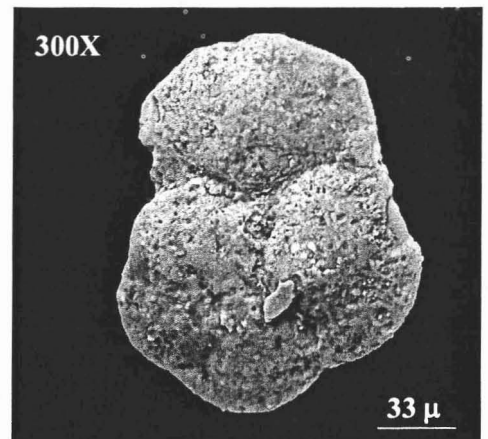
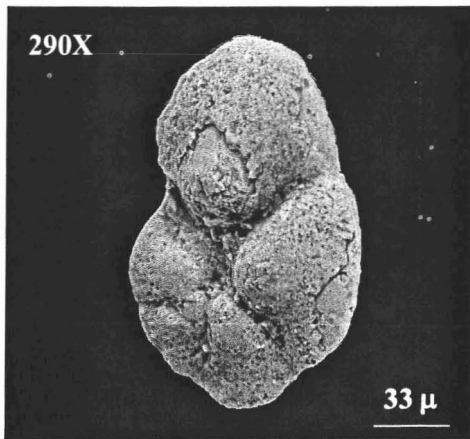
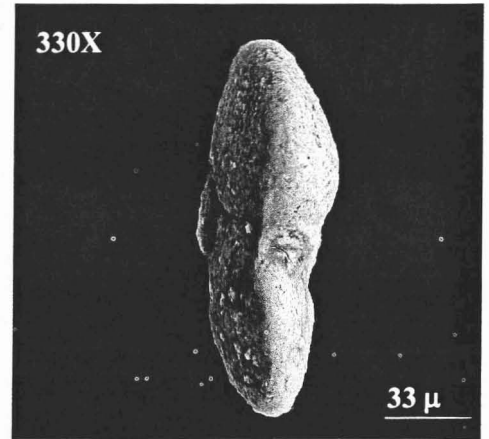
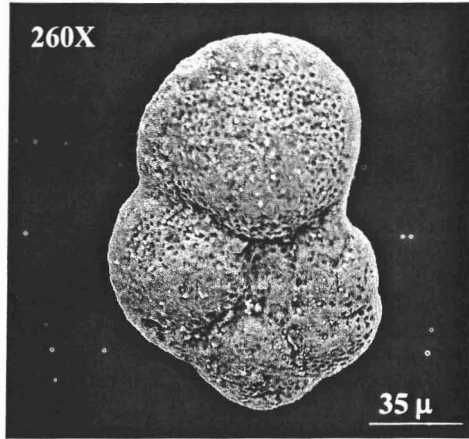


6

LAMINA II

1. *Planorotalites chapmani*, Parr, 1938; dorsal. HR-72, (X290). Sección San Pedro, Paleoceno Superior-Eoceno Inferior.
2. *Planorotalites chapmani*, Parr, 1938; axial. HR-72, (X330). Sección San Pedro, Paleoceno Superior-Eoceno Inferior.
3. *Planorotalites chapmani*, Parr, 1938; umbilical. HR-65, (X260). Sección San Pedro, Paleoceno Superior-Eoceno Inferior.
4. *Planorotalites (Luterbacheria) pseudomenardii*, Bolli, 1957; dorsal. HR-53, (X300). Sección San Pedro, Paleoceno Superior.
5. *Planorotalites (Luterbacheria) pseudomenardii*, Bolli, 1957; axial. HR-69, (X350). Sección San Pedro, Paleoceno Superior.
6. *Planorotalites (Luterbacheria) pseudomenardii*, Bolli, 1957; umbilical. HR-69, (X320). Sección San Pedro, Paleoceno Superior.

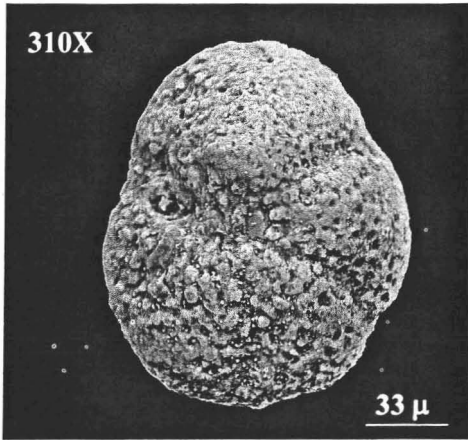
LAMINA II



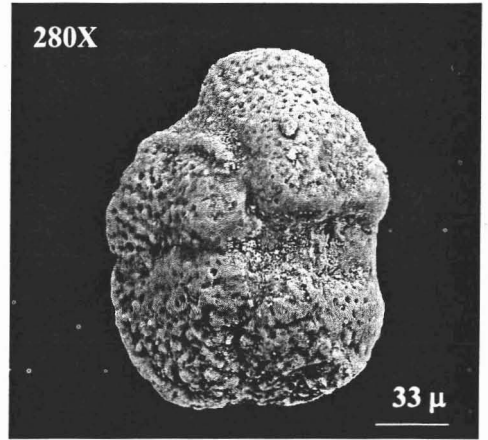
LAMINA III

1. *Planorotalites pusilla pusilla*, Bolli, 1957; umbilical. HR-64, (X310). Sección San Pedro, Paleoceno Medio-Paleoceno Superior.
2. *Morozovella* sp., Mc Gowran, 1968; umbilical. HR-64, (X280). Sección San Pedro, Paleoceno Superior-Eoceno Medio.
3. *Globigerina triloculinoides*, Plummer, 1926; dorsal. HR-76, (X250). Sección Tapijulapa, Paleoceno Inferior- Paleoceno Superior.
4. *Globigerina triloculinoides*, Plummer, 1926; axial. HR-76, (X240). Sección Tapijulapa, Paleoceno Inferior- Paleoceno Superior.
5. *Globigerina triloculinoides*, Plummer, 1926; umbilical. HR-76, (X250). Sección Tapijulapa, Paleoceno Inferior- Paleoceno Superior.
6. *Morozovella* sp., Mc Gowran, 1968; umbilical. HR-79, (X200). Sección Tapijulapa, Paleoceno Superior-Eoceno Medio.

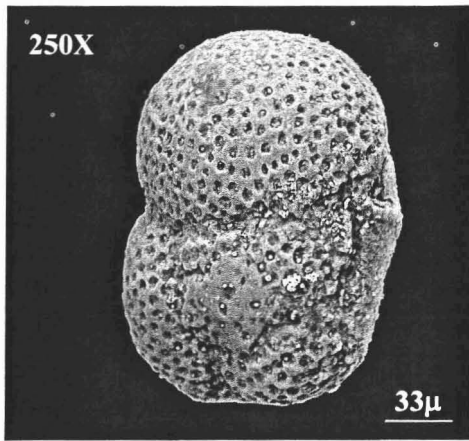
LAMINA III



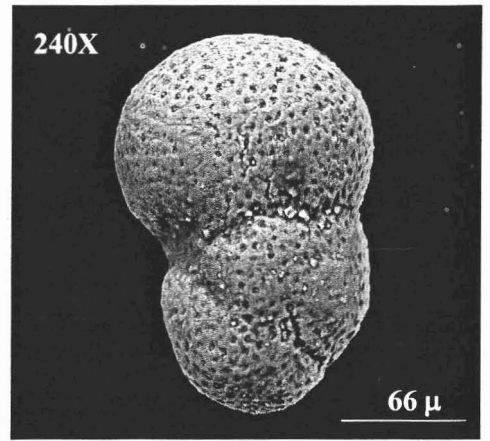
1



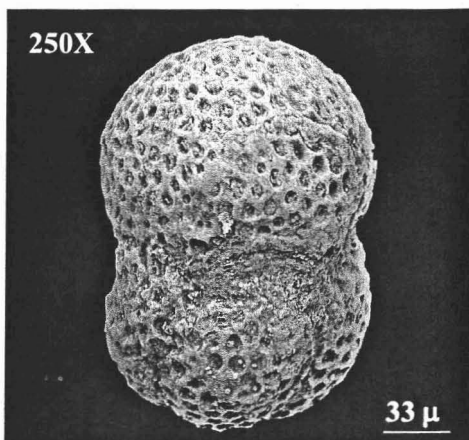
2



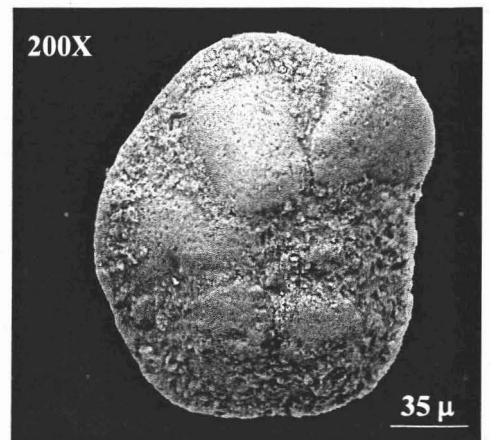
3



4



5

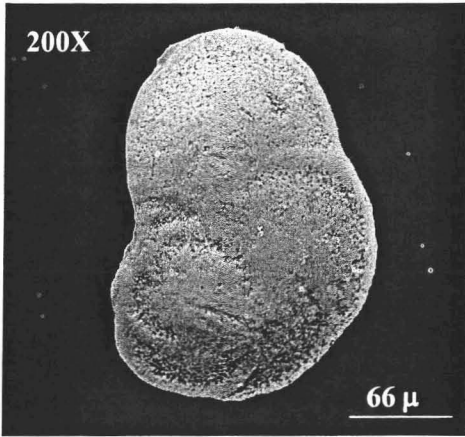


6

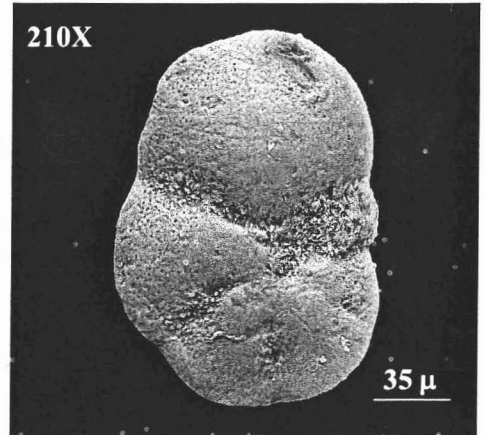
LAMINA IV

1. *Planorotalites (Luterbacheria) pseudomenardii*, Bolli, 1957; dorsal. HR-79, (X210). Sección Tapijulapa, Paleoceno Superior.
2. *Planorotalites (Luterbacheria) pseudomenardii*, Bolli, 1957; axial. HR-79, (X195). Sección Tapijulapa, Paleoceno Superior.
3. *Planorotalites (Luterbacheria) pseudomenardii*, Bolli, 1957; umbilical. HR-79, (X210). Sección Tapijulapa, Paleoceno Superior.
4. *Globorotalia opima opima*, Bolli, 1957; umbilical. HR-53, (X175). Sección Chintul, Oligoceno Medio.
5. *Globigerina ciperoensis angulisuturalis*, Bolli, 1957; dorsal. HR-54, (X320). Sección Chintul, Oligoceno Medio-Oligoceno Superior.
6. *Globigerina ciperoensis angulisuturalis*, Bolli, 1957; umbilical. HR-54, (X300). Sección Chintul, Oligoceno Medio-Oligoceno Superior.

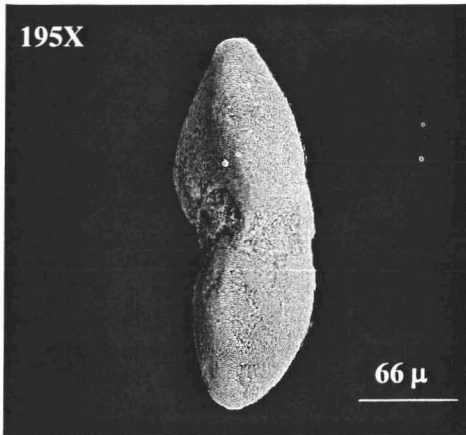
LAMINA IV



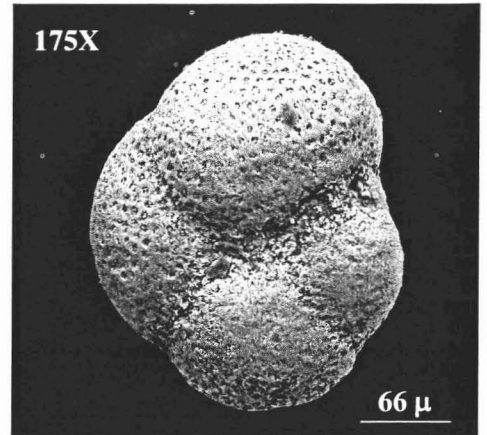
1



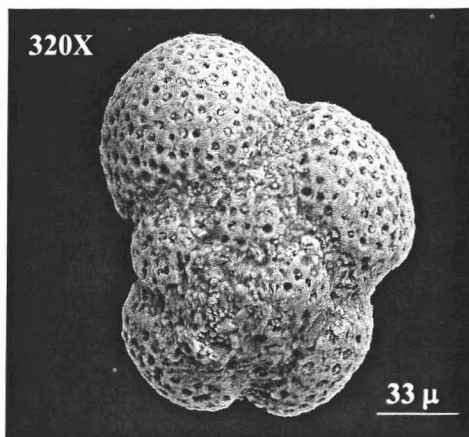
2



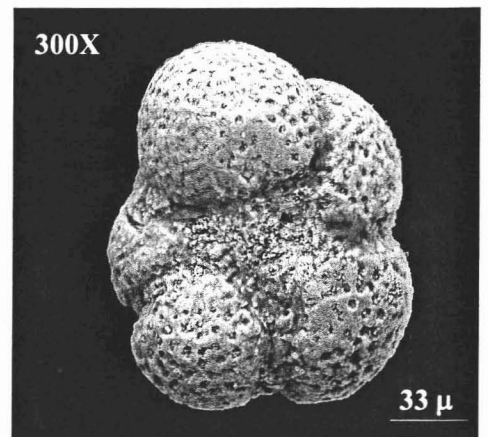
3



4



5

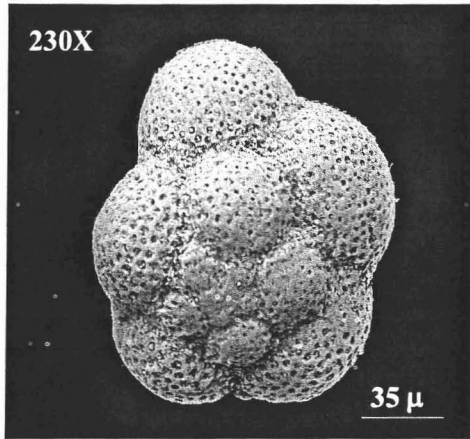


6

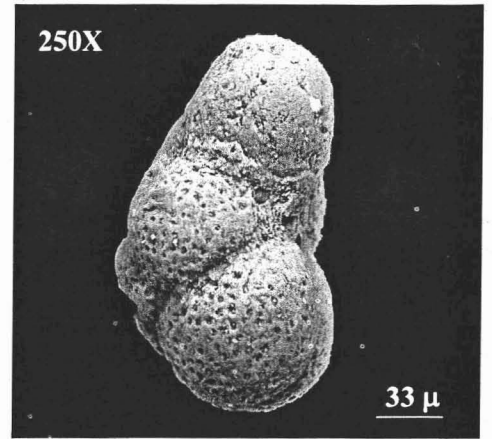
LAMINA V

1. *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, Bolli, 1957; dorsal. HR-51, (X230). Sección Chintul, Oligoceno Medio-Oligoceno Superior.
2. *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, Bolli, 1957; axial. HR-52, (X250). Sección Chintul, Oligoceno Medio-Oligoceno Superior.
3. *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, Bolli, 1957; umbilical. HR-52, (X250). Sección Chintul, Oligoceno Medio-Oligoceno Superior.
4. *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, Bolli, 1957; dorsal. HR-54, (X300). Sección Chintul, Oligoceno Medio-Oligoceno Superior.
5. *Globorotalia mayeri*, Cushman y Ellisor, 1939; umbilical. HR-54, (X300). Sección Chintul, Oligoceno Superior-Mioceno Medio.
6. *Globigerina nepenthes*, Todd, 1957; umbilical. HR-6, (X400). Sección Rosario, Mioceno Medio-Plioceno Inferior.

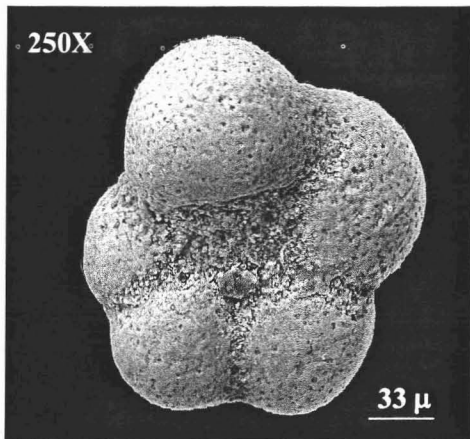
LAMINA V



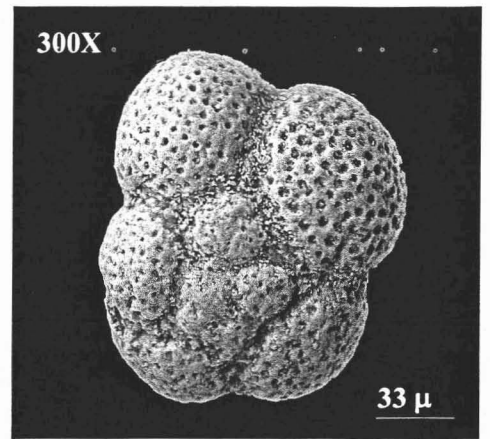
1



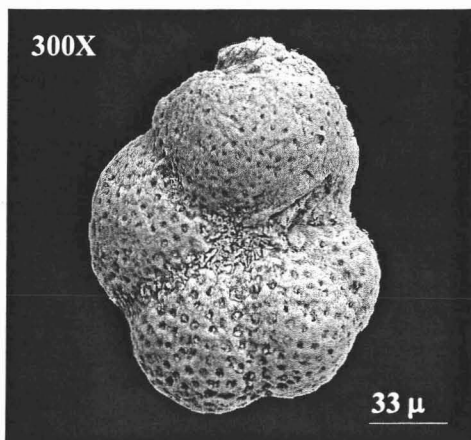
2



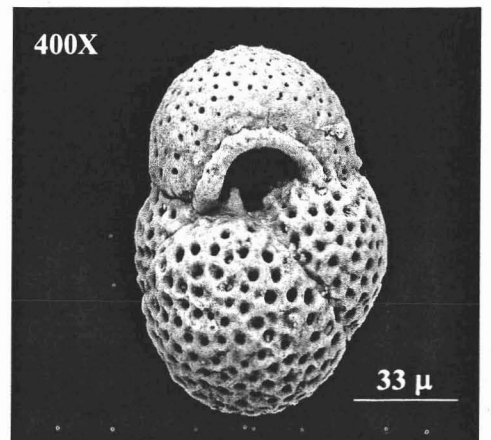
3



4



5

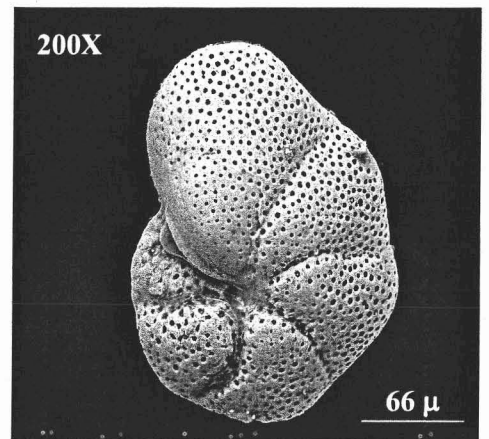
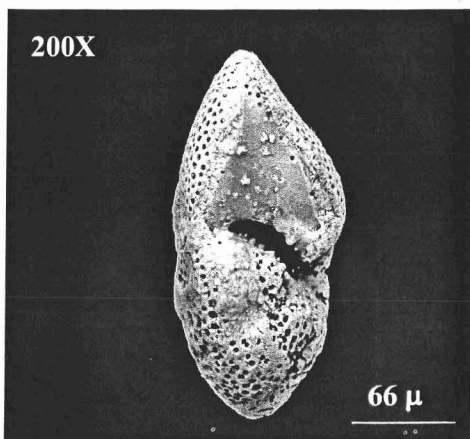
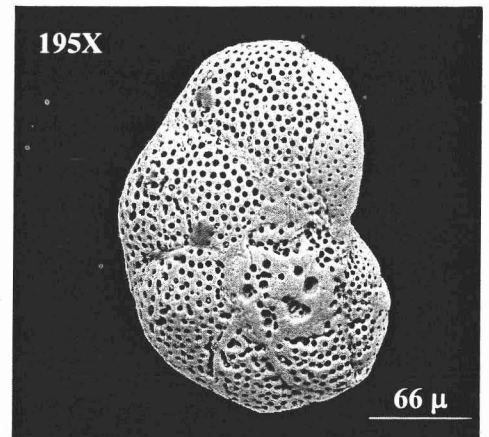
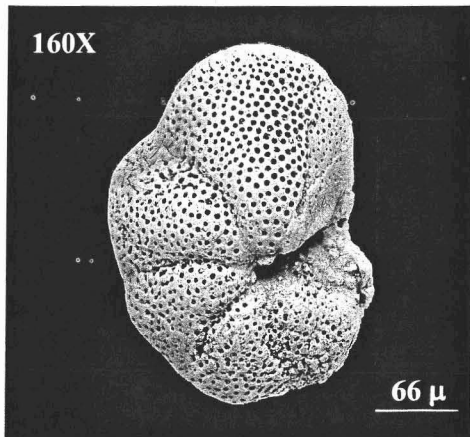
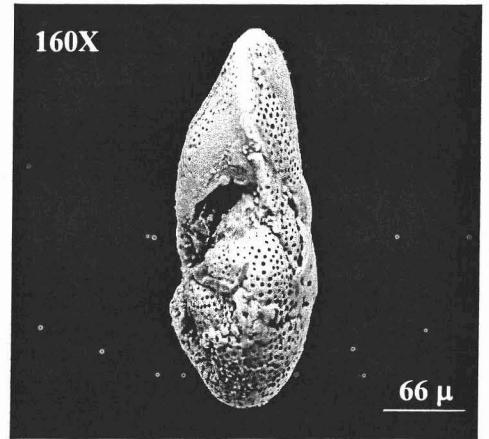
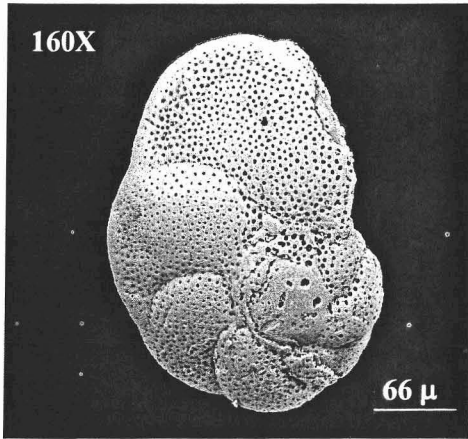


6

LAMINA VI

1. *Globorotalia fohsi praefohsi*, Blow y Banner, 1966; dorsal. HR-6, (X160). Sección Rosario, Mioceno Medio.
2. *Globorotalia fohsi praefohsi*, Blow y Banner, 1966; axial. HR-4, (X160). Sección Rosario, Mioceno Medio.
3. *Globorotalia fohsi praefohsi*, Blow y Banner, 1966; umbilical. HR-4, (X160). Sección Rosario, Mioceno Medio.
4. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; dorsal. HR-4, (X195). Sección Rosario, Mioceno Medio.
5. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; axial. HR-4, (X200). Sección Rosario, Mioceno Medio.
6. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; umbilical. HR-5, (X200). Sección Rosario, Mioceno Medio.

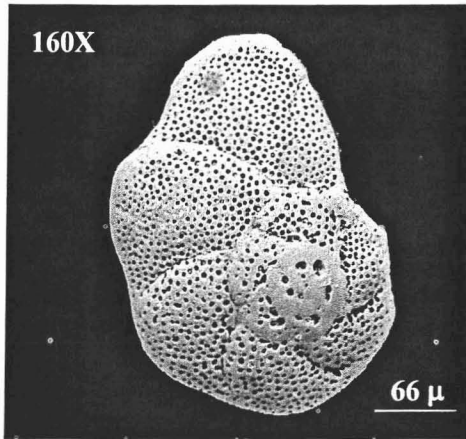
LAMINA VI



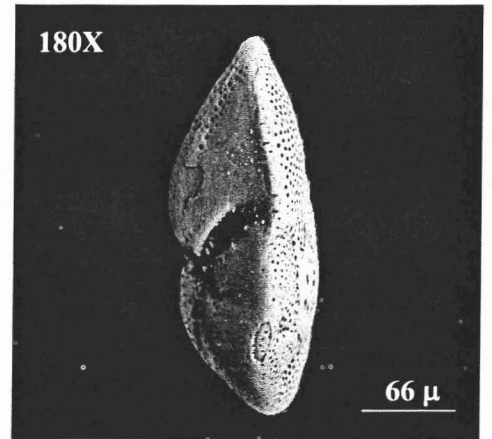
LAMINA VII

1. *Globorotalia fohsi fohsi*, Cushman y Ellisor, 1939; dorsal. HR-5, (X160). Sección Rosario, Mioceno Medio.
2. *Globorotalia fohsi fohsi*, Cushman y Ellisor, 1939; axial. HR-9, (X180). Sección Rosario, Mioceno Medio.
3. *Globorotalia fohsi fohsi*, Cushman y Ellisor, 1939; umbilical. HR-6, (X180). Sección Rosario, Mioceno Medio.
4. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; dorsal. HR-10, (X160). Sección Rosario, Mioceno Medio-Mioceno Superior.
5. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; axial. HR-10, (X160). Sección Rosario, Mioceno Medio-Mioceno Superior.
6. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; umbilical. HR-6, (X160). Sección Rosario, Mioceno Medio-Mioceno Superior.

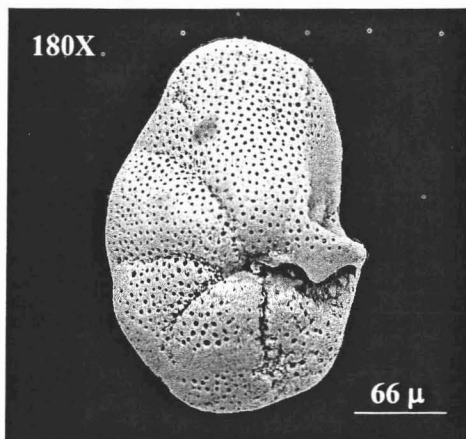
LAMINA VII



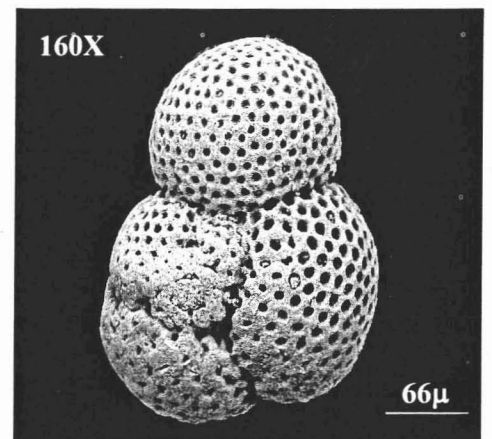
1



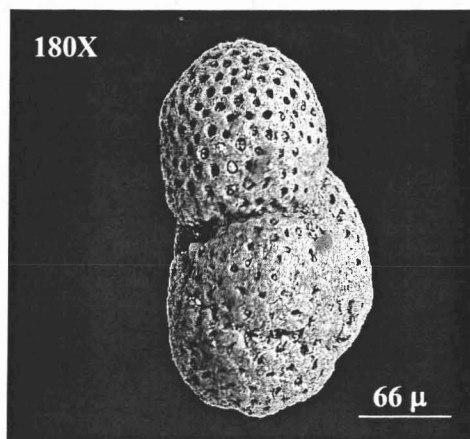
2



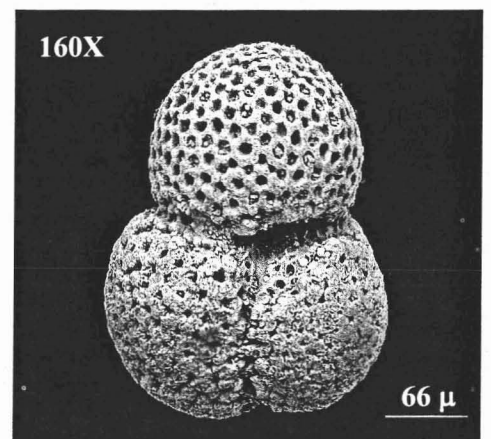
3



4



5

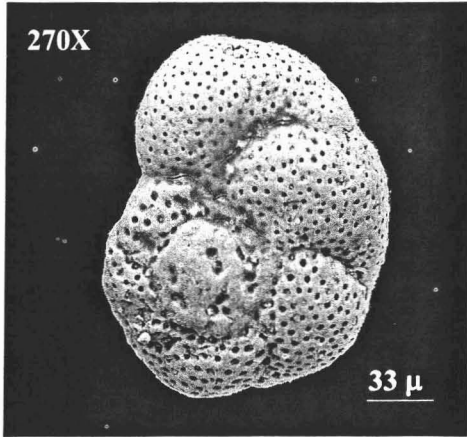


6

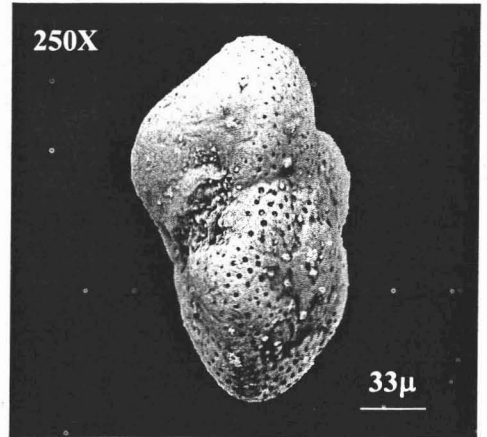
LAMINA VIII

1. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; dorsal. HR-28, (X270). Sección Navidad, Mioceno Medio.
2. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; axial. HR-20, (X250). Sección Navidad, Mioceno Medio.
3. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; umbilical. HR-28, (X300). Sección Navidad, Mioceno Medio.
4. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; dorsal. HR-23, (X170). Sección Navidad, Mioceno Medio-Mioceno Superior.
5. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; axial. HR-23, (X190). Sección Navidad, Mioceno Medio-Mioceno Superior.
6. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; umbilical. HR-23, (X150). Sección Navidad, Mioceno Medio-Mioceno Superior.

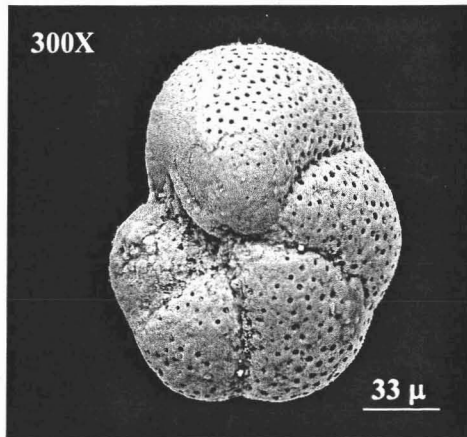
LAMINA VIII



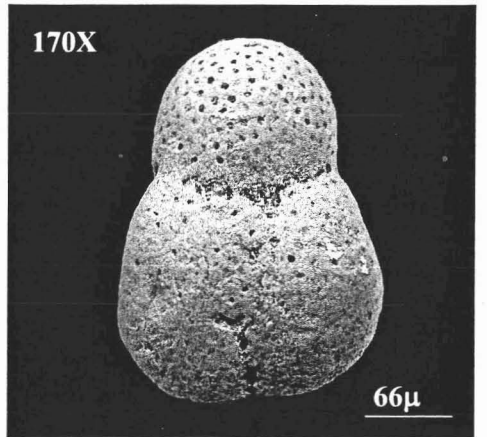
1



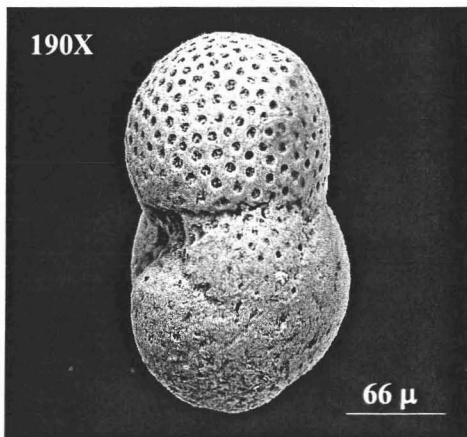
2



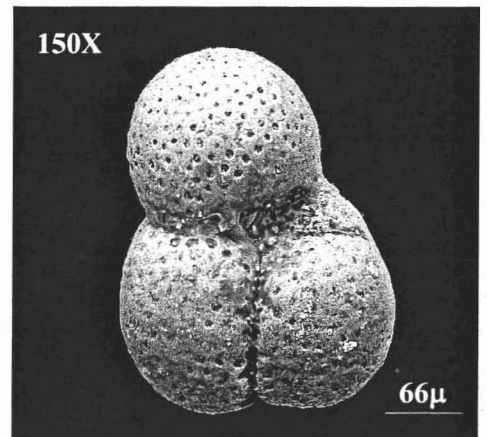
3



4



5

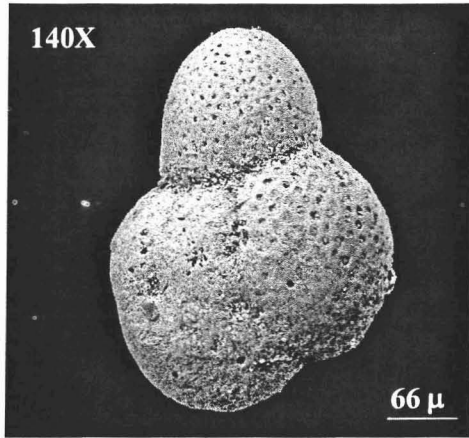


6

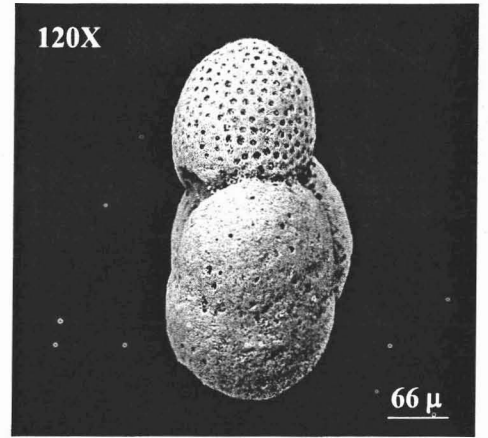
LAMINA IX

1. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; dorsal. HR-35, (X140). Sección Atardecer, Mioceno Medio-Mioceno Superior.
2. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; axial. HR-35, (X120). Sección Atardecer, Mioceno Medio-Mioceno Superior.
3. *Sphaerodinellopsis multiloba*, LeRoy, 1944; umbilical. HR-35, (X130). Sección Atardecer, Mioceno Medio-Mioceno Superior.
4. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; dorsal. HR-36, (X270). Sección Atardecer, Mioceno Medio.
5. *Globorotalia fohsi peripheroacuta*, Blow y Banner, 1966; umbilical. HR-42, (X290). Sección Atardecer, Mioceno Medio.
6. *Globorotalia fohsi peripheroronda*, Blow y Banner, 1966; axial. HR-41, (X260). Sección Atardecer, Mioceno Medio.

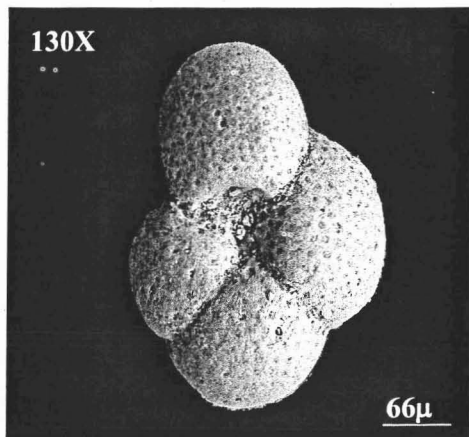
LAMINA IX



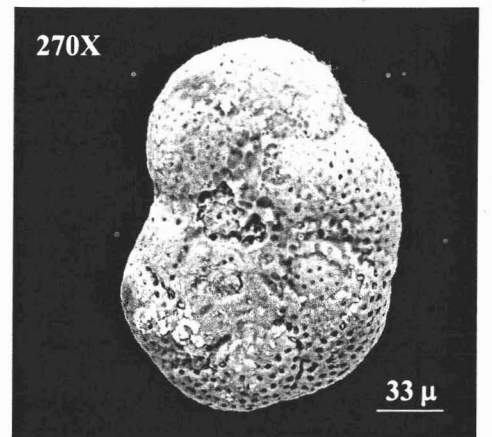
1



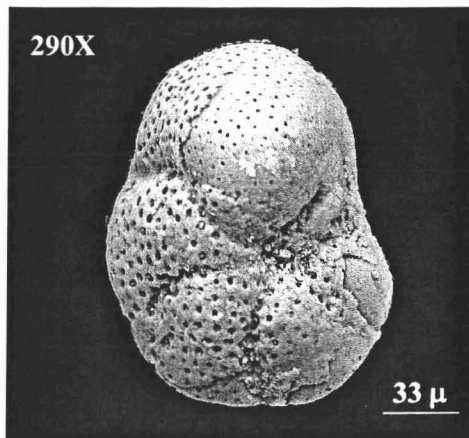
2



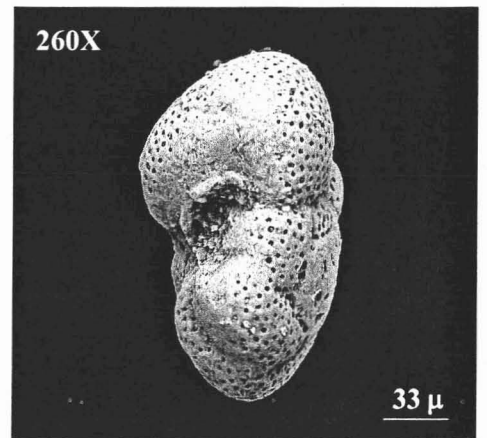
3



4



5

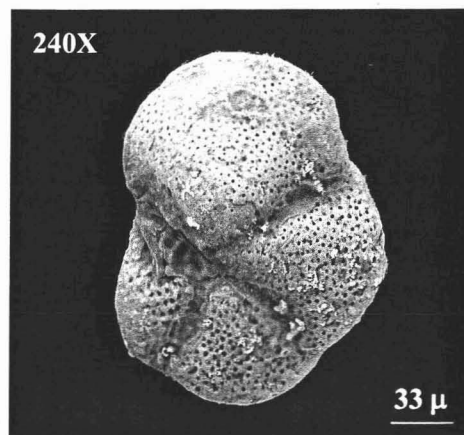
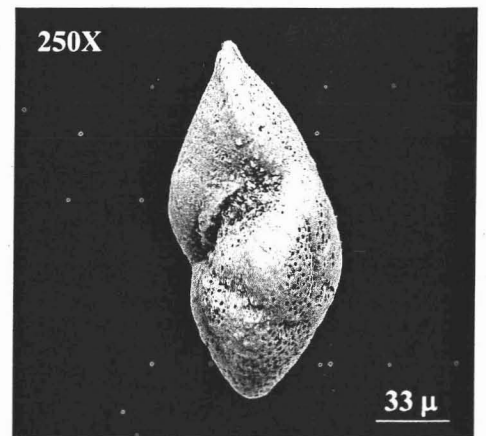
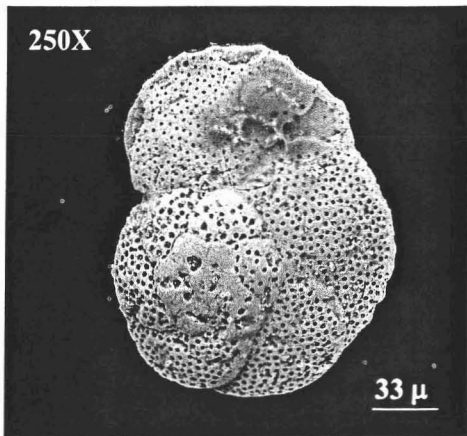


6

LAMINA X

1. *Globorotalia praemenardii*, Cushman y Stainforth, 1945; dorsal. HR-41, (X250).
Sección Atardecer, Mioceno Medio.
2. *Globorotalia praemenardii*, Cushman y Stainforth, 1945; axial. HR-41, (X250).
Sección Atardecer, Mioceno Medio.
3. *Globorotalia praemenardii*, Cushman y Stainforth, 1945; umbilical. HR-41, (X240).
Sección Atardecer, Mioceno Medio.

LAMINA X



GLOSARIO

- Abertura:** Orificio normal de una cámara hacia el exterior. Orificio que se presenta en la testa de casi todos los foraminíferos y que comunica el interior de las cámaras con el exterior. Por su posición puede ser: ventral, dorsal, terminal, marginal, etc. Por su forma: radiada, redondeada, circular, subcircular, alargada, dendrítica, etc. Además pueden presentar estructuras anexas, como tubos internos, cuello, labio, diente, etc.
- Aberturas accesorias:** Se les encuentra en o debajo de las estructuras accesorias llamadas "bullas"
- Abertura primaria:** Es la abertura principal hacia el exterior de la cámara final de la testa.
- Abertura secundaria:** Pequeñas aberturas que se desarrollan además de la abertura primaria y en formas muy especializadas, pueden reemplazar a la abertura primaria.
- Afloramiento:** Lugar en el que asoma a la superficie del terreno un estrato o conjunto de estratos, una capa o una masa mineral cualquiera.
- Ameboide:** Son organismos que sus células se caracterizan por ser fluidas desplazándose extendiendo parte del protoplasma formando pseudópodos.
- Anhidrita:** Mineral petrogénico que abunda, junto a la sal gema y el yeso, en depósitos salinos, en yacimientos independientes o en filones hidrotermales.
- Anticlinal:** Pliegue con concavidad orientada hacia el interior de la Tierra, originado por la actuación de fuerzas tectónicas compresivas sobre rocas sedimentarias.
- Aragonita:** Carbonato de calcio como la calcita, pero mucho menos frecuente que ésta. Se encuentra en grietas, espacios huecos de rocas volcánicas, en fuentes calientes y en yacimientos metalíferos.
- Areniscas:** Clase textural de rocas detríticas en la que las partículas tiene tamaño entre 2 mm y 1/16 mm (o sea, 62.5 micras) consolidadas o cementadas. El término es independiente de la composición mineralógica.
- Arcilloso:** Compuesto de arcilla o barro.
- Autótrofo:** Referido a un tipo de nutrición en el que los compuestos orgánicos utilizados en el metabolismo se obtienen por síntesis a partir de compuestos inorgánicos.

- Bentónico:** Que vive o se desarrolla en el fondo. Conjunto de organismos acuáticos que vive en estrecha relación con el fondo.
- Bioclastos:** Rocas detríticas formadas por acumulación de restos de organismos.
- Biocronológico:** Disciplina paleontológica que estudia las relaciones espacio temporales entre los fósiles y entre las correspondientes entidades paleobiológicas productoras.
- Bioestratigrafía:** Parte de la paleontología aplicada. Disciplina paleontológica que estudia la distribución de los fósiles en el registro estratigráfico, para ordenar y agrupar los cuerpos rocosos del registro geológico de acuerdo a las características taxonómicas de su contenido fósil.
- Bioturbación:** Aspecto más o menos caótico de un sedimento provocado por la actividad de los organismos.
- Biozona/biohorizonte:** Unidad bioestratigrafía que comprende cuerpos rocosos del registro geológico caracterizados por su contenido fósil.
- Brecha:** Roca detrítica caracterizada por la forma angulosa de los fragmentos que la componen. Su origen y composición son muy diversos.
- Brecha calcárea:** Roca detrítica compuesta por elementos calcáreos.
- Briozoario:** Grupo de organismos sésiles que se caracterizan por poseer un órgano denominado lofóforo, en forma de corona de tentáculos, que utilizan para capturar sus alimentos.
- Bulla:** Estructura en forma de vesícula o ampolla que cubre parcial o totalmente la abertura primaria, o las secundarias; se relacionan sólo con la abertura, y no con las cámaras principales, se aprecian en ella una o más aberturas accesorias marginales.
- Calcita:** Mineral que corresponde a carbonato de calcio, cristalizado en sistema romboidal o trigonal.
- Calcáreo:** Que está compuesto de carbonato cálcico.
- Caliza:** Roca constituida por más del 95% de carbonato de calcio.
- Caliza dolomítica:** Roca carbonatada constituida por calcita (50 a 95%) y dolomita (10 a 50%).

- Cámaras:** Se da el nombre de cámaras a cada una de las partes o celdillas que forman la testa de los foraminíferos, las cuales quedan separadas unas de otras por los tabiques o "septos".
- Carina:** Quilla o reborde. Recubrimiento de la pared de la cámara, imperforado, se presenta en la periferia de la testa, permaneciendo en el plano de enrollamiento.
- Cigoto:** Es el resultado de la fusión de dos gametos. También se denomina Zigoto.
- Clavas:** Cámaras elongadas, pueden terminar en forma globular.
- Crenado:** Dentado, escotado con muescas.
- Diente:** Estructura simple o ramificada, única o múltiple que se encuentra en la abertura de algunos foraminíferos.
- Dimorfismo:** La presencia en una especie de dos formas distintas, que en el caso de los foraminíferos son microsférica y megalosférica.
- Discordancia:** Disposición que presenta un conjunto sedimentario cuando las series superiores, más recientes, no guardan paralelismo con las inferiores, más antiguas, del sustrato previamente deformado por la tectónica.
- Dorsal, Lado:** El que muestra todas las vueltas y cámaras en las testas trocoidales. Opuesto al lado ventral.
- Endoplasma:** Término utilizado para hacer referencia al citoplasma localizado hacia el centro de la célula.
- Esquizogonia:** Reproducción asexual en la cual el núcleo se divide en otros muchos núcleos secundarios, los cuales, rodeados de protoplasma forman los embriones.
- Estratigrafía:** Estudio de las rocas estratificadas con el fin de establecer sus relaciones espaciales y temporales.
- Estreptospiral:** Este tipo de testas es una modificación de las trocospirales, pero el plano de enrollamiento cambia continuamente, y en consecuencia varía también el eje, por lo que no se forma ombligo.
- Eucariontes:** Célula u organismo caracterizado por orgánulos rodeados por membranas.
- Evoluto, enrollamiento:** Arreglo de las cámaras en la testa en la cual están en contacto pero no apreciablemente superpuestas.
- Facies:** Conjunto de características litológicas y paleontológicas que definen una unidad estratigráfica y que permiten diferenciarla de las demás.

- Filogenia:** Desarrollo progresivo de una especie en el curso de la evolución de los seres. La evolución de un grupo de organismos genéticamente relacionados.
- Fitoplancton:** Algas microscópicas suspendidas en la zona de la columna de agua a la que llega la luz.
- Flysh:** Término usado para describir secuencias de gran espesor de limos y areniscas interestratificadas en áreas de montañas plegadas.
- Foramen:** Abertura o perforación a través de los septos de las cámaras.
- Formación:** Conjunto de rocas estratificadas que se caracterizan por su homogeneidad litológica, de forma más o menos tubular, cartografiable en superficie o que puede seguirse en el subsuelo.
- Fósil:** Cualquiera de los restos o huellas de organismos hallados en las capas de la corteza terrestre y pertenecientes a animales o plantas que vivieron en épocas geológicas pasadas.
- Fósil característico:** Género o especie fósil que es característico de una unidad estratigráfica o cronológica.
- Fósil facies:** Fósil perteneciente a un organismos adaptado a vivir en un medio determinado o que está restringido a una facies.
- Fósil índice:** Organismo que vivió durante un intervalo de tiempo geológico corto, utilizado para saber la edad de las rocas portadoras.
- Gameto:**
- Gametogonia:** Reproducción sexual por medio de gametos. Puede distinguirse isogamia cuando son iguales los gametos entre sí y heterogamia cuando son diferentes. En el caso de los foraminíferos se presenta una tipo isogamia.
- Hábitat:** El lugar natural o usual donde habita un grupo de organismos.
- Heterótrofo:** Que posee un tipo de nutrición en el que los compuestos orgánicos usados en el metabolismo se obtienen consumiendo los cuerpos o los productos de otros organismos.
- Hialino:** Delgado y translúcido. Parecido al vidrio.
- Híspido:** Caracterizado por espinas muy finas y cortas.
- Holotipo:** Espécimen indicado o designado por el autor de una especie nueva, como tipo de la misma, en el momento de hacer la descripción original.
- Iconofósil:** Marcas o huellas de actividad biológica. Por ejemplo, pisadas.

Índice, Fósil: Especie con corta distribución estratigráfica pero con amplia distribución geográfica, y valiosa como un índice para determinar la edad de un estrato o serie de estratos.

Intercameral: Entre cámaras; aplicado a los septos y más frecuentemente a las aberturas que conectan cámaras adyacentes.

Intersticial:

Involuto, enrollamiento: Arreglo de las cámaras en la cual las vueltas externas de la testa frecuentemente están sobrepuestas a las internas.

Labio: Margen levantado total o parcialmente alrededor de la abertura.

Limolita: Roca compacta, formada por partículas de tamaño limo.

Locomoción: Término utilizado para referirse al desplazamiento de los animales.

Lutitas: Clase textural de las rocas detríticas de grano fino, inferior a 1/16 mm, o sea a 62.5 micras. Roca sedimentaria detrítica procedente de la diagenización de partículas de menos de 50 micras.

Metazoos: Son organismos pluricelulares, móviles y heterótrofos.

Microfauna: Conjunto de microorganismos que viven en una región o en una época geológica.

Murales: o Mural perteneciente a la pared o muro de la testa.

Murica: Ornamentación en forma de tirol presente en una superficie reticulada.

Nódulo: Estructura diagenética caracterizada por una forma irregular y una composición mineralógica variable, pero siempre diferente a la de la roca en que se encuentra encajada. Generalmente no presentan estructura interna.

Ontogenia: Origen y desarrollo del individuo con independencia de la especie; en el caso de los foraminíferos a los cambios en la estructura de la testa, en la forma y tamaño, detalles estructurales y arreglo de las cámaras así como entre aquellas secretadas en diferentes periodos de la vida del individuo. El desarrollo morfológico de un individuo desde el estado embrionario hasta la muerte.

Ostrácodo: Pequeños crustáceos que están ampliamente distribuidos en el mar y en todo tipo de hábitat dulciacuícolas.

Packstone: Rocas carbonatadas constituidas por granos y matriz de lodo carbonatado. Los granos están en contacto uno con otros.

Pared perforada: La que se presenta en la mayoría de las testas calcáreas, con orificios de tamaño y distribución variables, a través de las cuales salen prolongaciones protoplásmicas del animal.

Pelágicas: Que vive, flota o nada por encima de la columna de agua.

Plancton: Organismos que viven suspendidos en la columna de agua pero que son incapaces de oponerse a las corrientes, debido a su tamaño o a su insuficiente movilidad.

Plataforma continental: Zona que se extiende desde el límite inferior de la playa hasta el borde superior del talud continental.

Prolóculo: Se llama así a la primera cámara formada o cámara inicial de la testa.

Protista: Son organismos eucariontes unicelulares.

Protoplasma: Sustancia esencial de las células, se encuentra rodeada por la membrana y en su interior contiene el núcleo.

Pseudópodo: o "Pie falso" es una proyección protoplásmica de los organismos Rhizopoda, los cuales utilizan para su locomoción.

Quilla o carena: Reborde plano, anguloso, truncado, que circunda la periferia de la testa, puede ser grueso o fino en ocasiones presenta granulaciones; generalmente se presenta en formas cuya periferia es aguda o subaguda.

Redeposito, fósiles: Restos fosilizados que por erosión se desprenden de la roca original donde se encuentran y se depositan en un ambiente sedimentario diferente.

Reticulopodio: Pseudópodo que forma una red filamentosa ramificada y que contiene microtúbulos axiales.

Reticulado: Con una superficie parecida a un panal.

Rizoflagelado: Son aquellos organismos que poseen pseudópodos flexibles como órganos locomotores.

Rocas: Material solidificado de la corteza terrestre formado por la asociación de minerales cristalinos o amorfos que presentan caracteres homogéneos.

Sesil: Se aplica a organismos que vive adherido al sustrato sin posibilidad de desplazarse.

Sección/columna estratigráfica: Secuencia de unidades estratigráficas, así como sus relaciones, de una región o localidad determinada.

- Serie:** Establecimiento de la sucesión de los estratos atendiendo especialmente a sus aspectos biológicos y litológicos.
- Sinclinal:** Pliegue con convexidad orientada al interior de la Tierra, originado por la actuación de fuerzas tectónicas compresivas.
- Sistemática:** Parte de las ciencias naturales que se encarga de la clasificación de los seres vivos.
- Suturas:** Las líneas externas de contacto entre vueltas sucesivas de una testa espiral, o entre las cámaras adyacentes de una testa cualquiera.
- Talud continental:** Parte del borde de los continentes entre la plataforma continental y la terraza.
- Tectónica:** Parte de la geología que se ocupa de la estructura de la corteza terrestre, en especial de las líneas de perturbación, plegamientos, etc., y de los movimientos que son causa del relieve superficial de la corteza (epirogénesis, orogénesis, sismos, tectogénesis).
- Testa:** Concha o caparazón secretado por el animal; en foraminíferos planctónicos, está constituida por paredes dobles de calcita radial hialina; es perforada y puede tener quillas.
- Trocospiral:** Testa asimétrica con todas las cámaras visibles en el lado espiral.
- Unidad bioestratigráfica:** Unidad estratigráfica basada en el contenido paleontológico de los estratos.
- Unidad cronoestratigráfica:** Conjunto de rocas relacionadas entre sí por haberse generado durante un intervalo de tiempo específico.
- Vacuola digestiva:** Vesícula celular que contiene alimentos ingeridos.
- Ventral, Lado:** El que muestra sólo la última vuelta de la espira en las formas trocospirales. Opuesto al lado dorsal.
- Yeso:** Sulfato de calcio hidratado que acompaña los yacimientos de sal; fácilmente exfoliable en láminas transparentes.
- Zooplactón:** Conjunto de animales microscópicos que nadan libremente o están suspendidos en el agua de océanos y lagos.