



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO BIOESTRATIGRÁFICO BASADO EN NANOPLANCTON CALCÁREO DEL NÚCLEO LAS POCITAS, FORMACIÓN TEPETATE, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

ERANDI GARCÍA CORDERO

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ANA LUISA CARREÑO



2005



51170711



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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:

“Estudio bioestratigráfico basado en nanoplancton calcáreo del núcleo las Pocitas, formación Tepetate, Baja California Sur, México”
realizado por Erandi García Cordero

con número de cuenta 09619453-9 , quien cubrió los créditos de la carrera de:
Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

A t e n t a m e n t e

Director
Propietario

Dra. Ana Luisa Carreño *Ana Luisa Carreño*

Propietario

Dra. María del Carmen Perrilliat Montoya *Ma. Carmen Perrilliat*

Propietario

Dr. Sergio Rafael Silvestre Cevallos Ferriz *Sergio Cevallos*

Suplente

Dr. David Uriel Hernández Becerril *David Uriel Hernández B.*

Suplente

M. en C. Luis Espinosa Arrubarrena *Luis Espinosa*

Consejo Departamental de Biología

Juan Manuel Rodríguez Chávez
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACTULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Nacional Autónoma de México* por permitirme ser parte de ella y por ser el pilar de mi formación profesional.

Al Doctor Gustavo Tolson J., Director del Instituto de Geología de la UNAM, por facilitarme el uso de las instalaciones durante la realización de este trabajo, así como por el apoyo brindado en la obtención de una beca de tesis terminal.

A mi directora de tesis, la Doctora Ana Luisa Carreño, quien en todo momento confió en mí, brindándome su asesoría, conocimiento, paciencia, ayuda, pero sobre todo amistad.

A mis sinodales: Drs. María del Carmen Perrilliat, Sergio Cevallos, David Hernández, así como al M. en C. Luis Espinosa, por regalarme parte de su tiempo revisando esta tesis, y por sus invaluable consejos.

A Magdalena Alcayde, por la gran disposición que siempre mostró al revisar mis escritos.

Al Antonio Altamira y Héctor Hernández por el tiempo y asesoría que recibí de su parte en la preparación del material fotográfico que ilustra este trabajo. A Rosario Flores y Francisco Montaña, por solucionar todos los problemas de cómputo que se me presentaron. A Canek García, por ayudarme en todo lo que le fue posible.

A mis Profesores del taller de Paleontología: Pedro García, Marisol Montellano, Sergio Cevallos, Ana Luisa Carreño, Socorro Lozano, María del Carmen Perrilliat, José Luis Sánchez, Enrique González y Gerardo Álvarez, por contribuir con su trabajo y experiencia en mi formación académica y por contagiarme su amor por la paleontología.

A mis queridos compañeros: Rosa, Arturo, Violeta, Adriana, Azucena, Tonatiuh, Nicté y Carlos, por todos los momentos de neuras y diversión compartidos.

A mis grandes amigos: Rodrigo Placencia (Dodompa) e Israel Guerrero (Bawino), por los ratos de ocio, por todas las aventuras que hemos vivido, por ser cómplices y confidentes, por crecer juntos y por lo que nos falta.

A Ismael Gimete por su apoyo incondicional, por ser esa persona especial que le da sabor a mi vida, y porque lo obvio es obvio.

Y, como los últimos serán los primeros, de manera muy especial a mis padres y hermano por darme todo lo necesario para ser lo que soy.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	3
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	6
MATERIAL Y MÉTODO	8
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	11
RESULTADOS	12
EDAD	15
AMBIENTE DE DEPÓSITO	18
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

APÉNDICE.

Descripción litológica del núcleo la Pocitas y distribución de las muestras	26
Listado de especies presentes en el núcleo las Pocitas	28

ILUSTRACIONES.

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio	9
Figura 2. Columna estratigráfica del núcleo las Pocitas, formación Tepetate	12
Tabla 1. Distribución y abundancia relativa de las especies de nanoplancton calcáreo a través del núcleo las Pocitas	14
Tabla 2. Alcances estratigráficos de algunas especies de nanoplancton calcáreo empleadas en la asignación de biozonas y edad de el núcleo las Pocitas	17
Tabla 3. Edad y ambiente de depósito inferidos por algunos autores para la formación Tepetate	21
Láminas	30

RESUMEN

Se realiza un estudio bioestratigráfico basado en nanoplancton calcáreo proveniente de rocas de la formación Tepetate de un núcleo recuperado en las inmediaciones del poblado Las Pocitas, Baja California Sur, con la intención de proporcionar una edad confiable para esta parte de la unidad. El análisis taxonómico permitió identificar 26 géneros y 60 especies; sin embargo, debido a su escasa abundancia, no fue posible reconocer las especies índice de las biozonas estándares, por lo que con base en los alcances estratigráficos de las especies: *Reticulofenestra hapdenensis* Edwards (1973), *Rhabdosphaera gladius* Locker, 1967 y *Chiasmolithus medius* Perch-Nielsen (1971), se reconoce una edad del Eoceno medio equivalente a la subzona de *Chiasmolithus gigas* (CP 13b) del esquema zonal de Okada y Bukry (1980) correspondiente, de acuerdo con Berggren *et al.* (1995), a una edad de 46 Ma. Esta sección de la formación Tepetate, de acuerdo con los resultados presentes y estudios previos, no representa a la unidad en su totalidad, por lo que se descarta su uso como localidad tipo o de referencia. La interpretación del ambiente de depósito en este estudio confirma la presencia en la unidad de depósitos característicos de biofacies profundas pertenecientes al talud continental, como había sido inferido en secciones superficiales en los arroyos Datilar, El Conejo, Salada, Colorado y Las Pocitas.

ABSTRACT

A calcareous nannoplankton biostratigraphic framework was carried out in order to assess the age of rocks of the Tepetate formation recovered from an exploration water well in Las Pocitas, Baja California Sur. Twenty-six genera and 60 species were identified and in spite that the index fossils are absent, based on the presence and distribution throughout the column of *Reticulofenestra hapdenensis* Edwards (1973), *Rhabdosphaera gladius* Locker, 1967 y *Chiasmolithus medius* Perch-Nielsen (1971), a lower Eocene age is recognized equivalent to the biozone of *Chiasmolithus gigas* (CP 13b) of Okada and Bukry's (1980) standard zonal scheme that according with Berggren, *et al.* (1995), assigns this part of the unit an age of 46 Ma.

The results here presented as the well as ages given in previous studies suggest that the studied section constitutes only a part of the Tepetate formation, and therefore it can not be considered as type-locality. The paleoenvironment here inferred, confirms the presence of continental slope deep biofacies agreeing with interpretations made on outcrops in arroyos Datilar, El Conejo, Salada, Colorado and Las Pocitas.

INTRODUCCIÓN

El nanoplancton es un grupo biológico no natural constituido por una amplia variedad de organismos planctónicos microscópicos, generalmente algas, que por definición tienen entre 2 y 20 μm de talla. Muchas de estas algas forman escamas o escudos orgánicos de formas variadas y cuyo origen o formación se efectúa por procesos diferentes y en áreas diversas de la célula. Algunos de ellos, producidos dentro de vesículas en el Aparato de Golgi, pueden impregnarse o mineralizarse con carbonato de calcio por mecanismos diferentes, y formar un esqueleto externo o cocósfera.

Las estructuras fósiles de carbonato de calcio que no tienen representantes actuales, son consideradas como de afinidad incierta e incluyen: nanolitos y discoastéridos, entre otros, mientras que aquellas que se reconocen en los mares actuales han sido clasificadas dentro de la División Haptophyta. Esta división incluye protistas de afinidad vegetal, biflagelados, con un haptonema y con escamas orgánicas mineralizadas de carbonato de calcio en forma de calcita, y en menor grado, de aragonita y vaterita, denominadas cocolitos. También son conocidas como algas café doradas debido a la presencia de diadinoxantina y fucoxantina. Todas estas formas en estado fósil son denominadas como nanoplancton calcáreo y se considera actualmente que tiene una talla $< 2 \mu\text{m}$ (Haq, 1978)

Se distingue dos tipos de cocolitos dependiendo de la cristalización de la calcita. Los heterococolitos que incluye cocolitos o nanolitos formados por cristales de forma y tamaño diferente, y los holococolitos que están formados por cristales de forma y tamaño similar con cristales que miden menos de 0.1 μm en promedio. Los primeros son el producto de cambios que realiza la célula a la forma romboédrica original de la calcita en morfologías diferentes y especializadas, la mayoría de los cocolitos en los sedimentos pertenecen a este grupo. Por lo general, las cocósferas presentan un solo tipo de cocolito, pero algunas especies como *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller (1930) presentan heterococolitos durante su fase sésil (sin flagelo) y holococolitos durante su fase móvil (con flagelo).

El nanoplancton calcáreo fue observado por primera vez por Ehrenberg (1836 en Rodríguez-Saavedra, 1981) quien lo refirió como cristaloides de origen inorgánico encontrados en la caliza de Rügen en el mar Báltico. Más tarde, en su "Mikrogeologie", describió un gran número de cocolitos (morpholites) y de discoastéridos (*kalkerdige crystalldrusen* o *Scheibensternchen*), provenientes de margas y calizas de diversos lugares como Italia, Túnez y Grecia, entre otros. En 1858, T. H. Huxley dio

el nombre de cocolitos a unas pequeñas placas encontradas en los sedimentos dragados en el Atlántico Norte; mientras que G. C. Wallich en 1860 al observar los cocolitos unidos por los bordes sobre la superficie de esferas pequeñas, las nombró cocósferas y sugirió que se trata de formas larvarias de foraminíferos (Globigerinidae).

Es, hasta 1950, que el estudio de este grupo cobra relativo interés habiéndose descrito probablemente menos del 10% de las especies fósiles conocidas actualmente. A partir de esta década y con la mejoría sustancial de la microscopía, particularmente electrónica de transmisión, el número de trabajos taxonómicos aumentan y, debido a su aplicación en la industria petrolera, el comienzo de las investigaciones del subsuelo marino con base en el Proyecto de Perforación Profunda del Mar (Deep-Sea Drilling Project) en 1968, así como la aplicación del microscopio electrónico de barrido, este grupo empieza a ser mejor conocido y entendido, extendiéndose su aplicación a la bioestratigrafía, paleoceanografía y paleoclimatología, temas sobre los cuales la bibliografía actual da extensa cuenta.

Los nanofósiles son excepcionalmente buenos en estudios bioestratigráficos por ser abundantes, tener una rápida evolución y presentar bajo endemismo. La talla del nanoplancton calcáreo, menor que la de los foraminíferos —grupo por excelencia en bioestratigrafía— permite que una pequeña muestra sea suficiente para encontrarlo de manera abundante; otra ventaja es su técnica rápida y de bajo costo que permite bajo el microscopio petrográfico hacer una determinación rápida de taxa y, en consecuencia, de edad (Rodríguez-Saavedra, 1981).

Otra ventaja para su utilización en bioestratigrafía es que tienen una presencia casi constante en rocas marinas desde el Triásico Tardío al Reciente. Sin embargo, también tienen una serie de limitaciones debidas, principalmente a la alteración diagenética y al retrabajo, ya que la primera suele producir disolución y sobrecrecimiento lo que imposibilita la determinación a nivel específico e, incluso en ocasiones, genérica (Siesser, 1993). Su talla tan pequeña los hace fácilmente transportables, pudiendo así las corrientes erosionar rocas que contienen nanoplancton fósil, resuspenderlos y redepositarlos en estratos más modernos (Siesser, 1993).

Actualmente, se ha intensificado el estudio del nanoplancton asociado a otros grupos, particularmente los foraminíferos planctónicos, esto señala la importancia de varios grupos de organismos planctónicos y los esquemas zonales basados en la distribución estratigráfica de los mismos, por lo que su distribución y alcance estratigráfico está siendo calibrada y puesta al día.

Infelizmente, en México existen pocos trabajos publicados que incluyan este grupo, y la

mayoría de los estudios que se han llevado a cabo permanecen inéditos como informes en la industria petrolera o como trabajos de tesis. Algunas excepciones lo constituyen Ellis y colaboradores (1972) y Akers (1979, 1984) en el Golfo de México y Carreño (1985a,b; 1992) en la isla María Madre, Nayarit y en la península de Baja California. Existe mención de este grupo en algunos trabajos relacionados con el estudio y evolución de la Península y del Golfo de California como son los de Vázquez-Hernández, *et al.* (1996), Gastil *et al.*, (1999) y Martín-Barajas, *et al.* (2001).

Como parte de un proyecto a largo plazo que tiene la intención de documentar cronoestratigráficamente la evolución de la Península de Baja California, se está llevando a cabo el estudio sistemático de rocas marinas, particularmente del Paleógeno y del Noégeno, con el objetivo de establecer los límites litoestratigráficos de las unidades formacionales ahí descritas, así como constreñir la edad de las mismas. Con lo anterior, se tiene contemplado conocer parte de la evolución geológica de esta extensa área geográfica, los tiempos en los que ocurren los eventos geológicos mayores y, por otra parte, contribuir al conocimiento de la microfauna y microflora contenida en estas rocas, y hasta donde sea posible, hacer algunas inferencias sobre el ambiente de depósito de éstas y sobre la paleogeografía de la paleobiota.

Por ello, el presente trabajo tiene por objeto revisar la edad asignada a la formación Tepetate con base en la distribución de los conjuntos de nanoplancton calcáreo presentes a través de una sección estratigráfica de la misma.

ANTECEDENTES

El nombre de formación Tepetate fue empleado por Heim (1922) para designar las rocas aflorantes en las inmediaciones de rancho El Tepetate, localizado en arroyo Colorado, Baja California Sur, México. IEM (1922) la describe como una unidad ligeramente plegada, constituida por arenisca bien estratificada y por lutita con un espesor de 1000 m, caracterizada por la abundancia del macroforaminífero *Orthophragmina partii* (Mich), con base en el cual le asigna una edad del Eoceno tardío y asocia la unidad a un ambiente de depósito nerítico.

Beal (1948) reconoce tres áreas donde aflora esta unidad, dos de ellas situadas al norte de la península, en la región entre Punta San Ysidro y el sureste de Punta Canoas, en las cercanías del desierto de Santa Clara; la tercera se ubica al sur, al este y sureste de Bahía Magdalena. Describe

secciones de esta formación en los arroyos Salada, Guadalupe y El Conejo; de acuerdo con los fósiles recolectados en Punta San Ysidro, arroyo San Antonio, en las cercanías del Puerto de Santa Catarina, al norte de la Laguna San Ignacio y, en arroyo Colorado, le asigna a la formación una edad que abarca del Paleoceno al Eoceno depositada en un ambiente deltaico.

Mina-Uhink (1957) restringió la distribución de la formación Tepetate a la parte sur de la península, desde el área del rancho Santa Rita hasta el arroyo El Conejo. Este autor es el primero en considerar como localidad tipo al afloramiento descrito por Heim (1922) en arroyo Colorado. Para este autor (Mina-Uhink, op. cit.) el espesor de la unidad expuesta es de aproximadamente 1300 m y consiste de una arenisca amarilla café de grano fino a grueso. Basado en el estudio de foraminíferos de una sección ubicada en arroyo de Liebres, asignó una edad de Eoceno temprano a medio en un ambiente de depósito nerítico y, ocasionalmente, costero.

A mediados de los años 70 se realizaron tres estudios con fines bioestratigráficos mismos que infortunadamente permanecen inéditos. El primero de ellos (Knape, 1974 *in* Minch y Leslie, 1979), se basa en el análisis del conjunto de foraminíferos presentes en dos secciones estratigráficas medidas en los arroyos Datilar y El Conejo y, con base en este grupo de microfósiles, asigna la edad y el ambiente de depósito de la unidad.

Más tarde, Fulwider (1976) realiza un estudio más completo que incluye la caracterización litológica y bioestratigráfica de dos secciones estratigráficas de la formación localizadas en los arroyos Salada y Colorado, dónde reconoce ocho biozonas de foraminíferos planctónicos y cinco de bentónicos con un rango de edad del Paleoceno temprano al Eoceno temprano, e infiere un complejo de abanicos submarino como ambiente de depósito. Por último, Coleman (1979) realiza un análisis bioestratigráfico basado en nanoplancton calcáreo, concluyendo que la unidad abarca un rango de edad que va del Maastrichtiano al Eoceno temprano.

A finales del siglo pasado Guerrero-Arenas (1998) realizó un estudio geológico y micropaleontológico con foraminíferos y ostrácodos en un afloramiento en arroyo Colorado asignando una edad eocénica temprana a media e interpretando un ambiente de depósito dentro de una zona marina somera asociada a una tormenta. Propone a esta localidad de arroyo Colorado como localidad tipo para la formación Tepetate. Carreño y colaboradores (2000) llevan a cabo un análisis de foraminíferos, ostrácodos y litoestratigrafía en arroyo Colorado, asignando a la columna estratigráfica estudiada una edad de entre 51.2 y 48.4 Ma, depositada dentro de un ciclo transgresivo-regresivo-

transgresivo, en un mar desde somero hasta el límite exterior de la plataforma. Recientemente, González-Barba (2002) asigna a la unidad una edad de Eoceno con base en dientes de tiburón.

Las rocas recuperadas en el núcleo Las Pocitas, por sus características litológicas fueron asignadas en el presente estudio a la formación Tepetate, particularmente al miembro *interbeded* descrito por Fulwider (1976). De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, la unidad se considera en el trabajo presente, como informal ya que cuando fue nombrada y descrita por vez primera por Heim (1922), aunque tampoco existía una normatividad, no se incluyeron sus límites, no fue mapeada y tampoco fue designada una localidad tipo o de referencia, por lo que por usos y costumbres se siguió empleando este nombre. Sin embargo, a partir de la publicación del Código Estratigráfico Norteamericano y subsecuentes, hasta el actualmente vigente (Comisión Norteamericana de Nomenclatura, 1984), algunos autores han llamado la atención sobre la necesidad de formalizar todas aquellas unidades que no fueron por una razón u otra descritas de acuerdo con los lineamientos ahí señalados, redefiniendo formalmente la unidad. Hasta el momento, varios autores han descrito localidades diversas, encontrando una extensa gama de litologías, edades y ambientes, pero hasta el momento no existe la publicación formalmente redefina la formación Tepetate.

Por lo anterior, la búsqueda de una sección tipo o localidad de referencia que permita tener representada a la unidad completa es primordial por lo que se espera que el presente trabajo contribuya en este sentido.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El material de estudio proviene del núcleo denominado Las Pocitas (24° 24' 00" N, 111° 05' 47" W), recuperado en las cercanías del poblado homónimo, ubicado al sur de Ciudad Constitución, Municipio de la Paz, Baja California Sur, al oeste de la carretera Transpeninsular núm 1 (Figura 1).

El núcleo corresponde a una perforación de 80 m realizada por el Consejo de Recursos Hidráulicos con una recuperación de 62 m de roca. Fueron cedidos tramos de aproximadamente 1 m en promedio, muestreándose la base y la cima de cada uno y, en los casos en que el tramo fue mayor (1.1-

transgresivo, en un mar desde somero hasta el límite exterior de la plataforma. Recientemente, González-Barba (2002) asigna a la unidad una edad de Eoceno con base en dientes de tiburón.

Las rocas recuperadas en el núcleo Las Pocitas, por sus características litológicas fueron asignadas en el presente estudio a la formación Tepetate, particularmente al miembro *interbeded* descrito por Fulwider (1976). De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, la unidad se considera en el trabajo presente, como informal ya que cuando fue nombrada y descrita por vez primera por Heim (1922), aunque tampoco existía una normatividad, no se incluyeron sus límites, no fue mapeada y tampoco fue designada una localidad tipo o de referencia, por lo que por usos y costumbres se siguió empleando este nombre. Sin embargo, a partir de la publicación del Código Estratigráfico Norteamericano y subsecuentes, hasta el actualmente vigente (Comisión Norteamericana de Nomenclatura, 1984), algunos autores han llamado la atención sobre la necesidad de formalizar todas aquellas unidades que no fueron por una razón u otra descritas de acuerdo con los lineamientos ahí señalados, redefiniendo formalmente la unidad. Hasta el momento, varios autores han descrito localidades diversas, encontrando una extensa gama de litologías, edades y ambientes, pero hasta el momento no existe la publicación formalmente redefina la formación Tepetate.

Por lo anterior, la búsqueda de una sección tipo o localidad de referencia que permita tener representada a la unidad completa es primordial por lo que se espera que el presente trabajo contribuya en este sentido.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El material de estudio proviene del núcleo denominado Las Pocitas (24° 24' 00" N, 111° 05' 47" W), recuperado en las cercanías del poblado homónimo, ubicado al sur de Ciudad Constitución, Municipio de la Paz, Baja California Sur, al oeste de la carretera Transpeninsular núm 1 (Figura 1).

El núcleo corresponde a una perforación de 80 m realizada por el Consejo de Recursos Hidráulicos con una recuperación de 62 m de roca. Fueron cedidos tramos de aproximadamente 1 m en promedio, muestreándose la base y la cima de cada uno y, en los casos en que el tramo fue mayor (1.1-

1.2m) se tomó una muestra a la mitad del mismo, obteniéndose un total de 56 muestras.

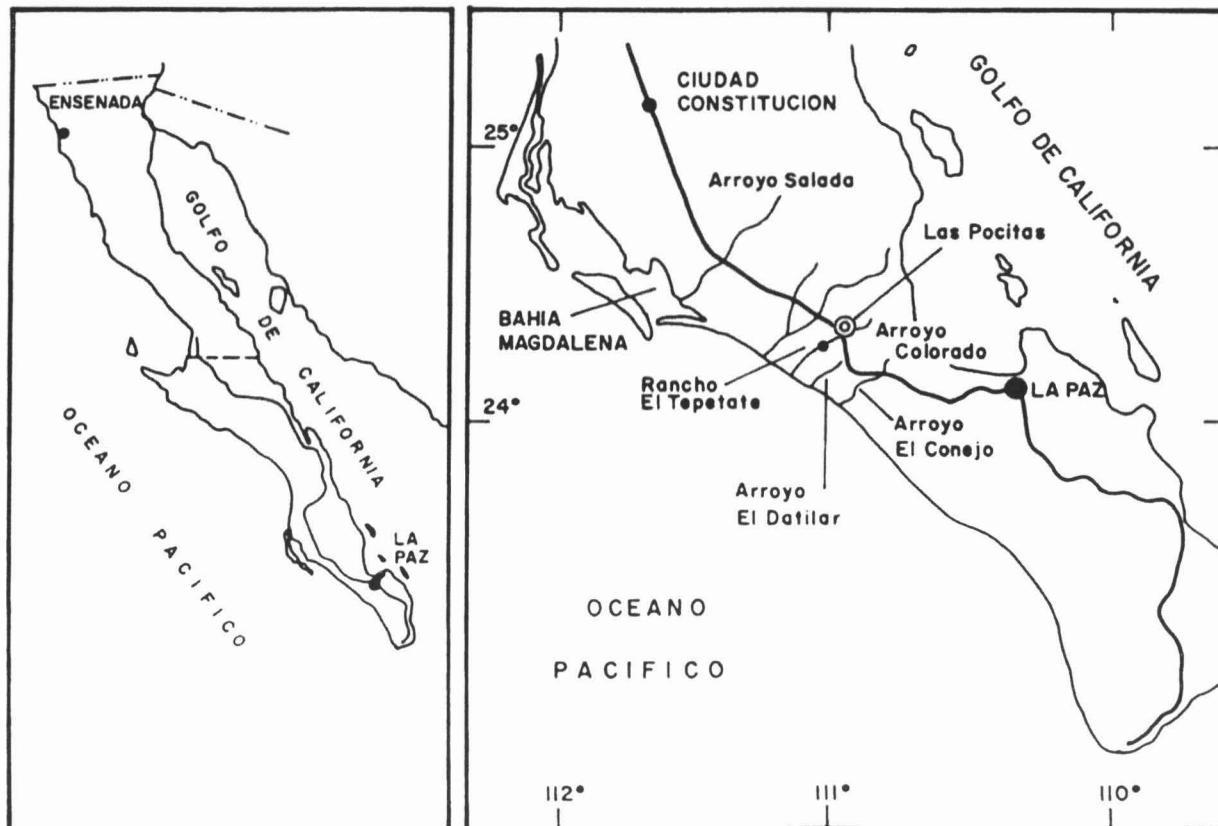


Figura 1. Localización del Núcleo Las Pocitas, Municipio de La Paz, Baja California Sur, México (modificado de Carreño, *et al.* 2000)

Procesamiento para su estudio en laboratorio

Para la observación de nanoplancton calcáreo al microscópio petrográfico se siguió la técnica de frotis descrita por Perch-Nielsen (1985), consistente en:

Por cada muestra se disolvió una pequeña porción de material (1 g aproximadamente) en 3 ml de agua deionizada.

Se deja reposar durante 10 minutos y se extrae por pipeta el sobrenadante. Éste se coloca en un porta-objeto y se seca en un horno a 50°C.

Una vez seco el frotis se coloca un cubre-objeto con bálsamo de Canadá previamente cocido y se deja en el horno a temperatura $> 50^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Finalmente, se limpia el excedente de bálsamo con xilol.

Observación al microscopio

Debido a la naturaleza calcítica y tamaño, para la observación e identificación del nanoplancton calcáreo se empleó un microscopio petrográfico con Nicholles cruzados (Olympus modelo BH-2), utilizándose objetivos de 40X y 100X a inmersión. En ocasiones se utilizó una cuña $\frac{1}{2} \lambda$ de yeso de 30 nm de retraso de la longitud de onda, para facilitar la observación de nanolitos o discoastéridos no birefringentes.

La identificación de especies se realizó siguiendo los criterios establecidos por Perch-Nielsen (1977, 1985), Bramlette y Sullivan (1961), Bramlette y Wilcoxon (1967), Bukry, *et al* (1971), Gartner (1971), Sullivan (1965) y Nanno-Ware (2002).

Abundancia Relativa

Para este trabajo no se realizaron los conteos para estimar la abundancia relativa debido a que el contenido de nanofósiles en las preparaciones no es abundante. Por tal motivo se utiliza el criterio propuesto por Kanazawa, *et al.* (2001) quien para estimar la abundancia relativa de especies con base en la abundancia de nanofósiles en un campo de observación a 1000 aumentos (objetivo 100X a inmersión), representado de la siguiente manera:

R = raro (1 espécimen por cada 51 o más campos de observación)

P = poco (1 espécimen por 11-50 campos de observación)

C = común (1 espécimen por 2-10 campos de observación)

A = abundante (1-10 especímenes por campo de observación)

M = muy abundante (>10 especímenes por campo de observación)

La abundancia total de nanoplancton calcáreo por cada muestra es estimada de la siguiente

manera:

E = estéril (sin especímenes)

R = raro (1-10 especímenes por cada 500 campos de observación, alrededor de tres transectos)

P = poco (11-50 especímenes por cada 500 campos de observación)

C = común (51-2000 especímenes por cada 500 campos de observación)

A = abundante (2001-20,000 especímenes pos cada 500 campos de observación)

M = muy abundante (>20,000 especímenes por cada 500 campos de observación)

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA

El núcleo las Pocitas, de acuerdo con E. Juárez-Arriaga (com. pers., 2005), está constituido por limolita gris claro (Figura 2). La limolita, en la parte inferior del núcleo, bajo la lupa muestra abundante cuarzo, biotita, ortoclasa, fragmentos líticos y feldespato potásico.

En el intervalo que comprende las muestras 28 y 29, la limolita es más arcillosa y bajo la lupa el cuarzo, los fragmentos líticos y micas son ligeramente menos abundantes. Sección arriba, la limolita es similar a la de la base, siendo en el intervalo que comprende las muestras 36 a 42 evidente una gradación hacia los finos.

Hacia la parte superior, la limolita es más arcillosa y poco antes del techo (aprox. a 10.5 m de profundidad) aumenta el porcentaje de cuarzo, feldespato potásico y arcilla. A los 10 m de profundidad, hay un cambio a arenisca de grano fino con cuarzo, fragmentos líticos, feldespato potásico, ortoclasas y cuerpos erráticos del tamaño de arena muy gruesa. Sección arriba la arenisca grada perfilándose hacia grano medio, y hacia la cima contiene erráticos del tamaño de guijarros bien redondeados. La cima está constituida por una coquina (4.5 m), por una caliza (3.7m) y por una arenisca beige de grano medio (2.3m), los contactos que se esquematizan en la columna estratigráfica (Figura 2; Apéndice 1) son concordantes, ya que no se pierde la continuidad, en cuanto a la litología, la edad y la distribución de los organismos

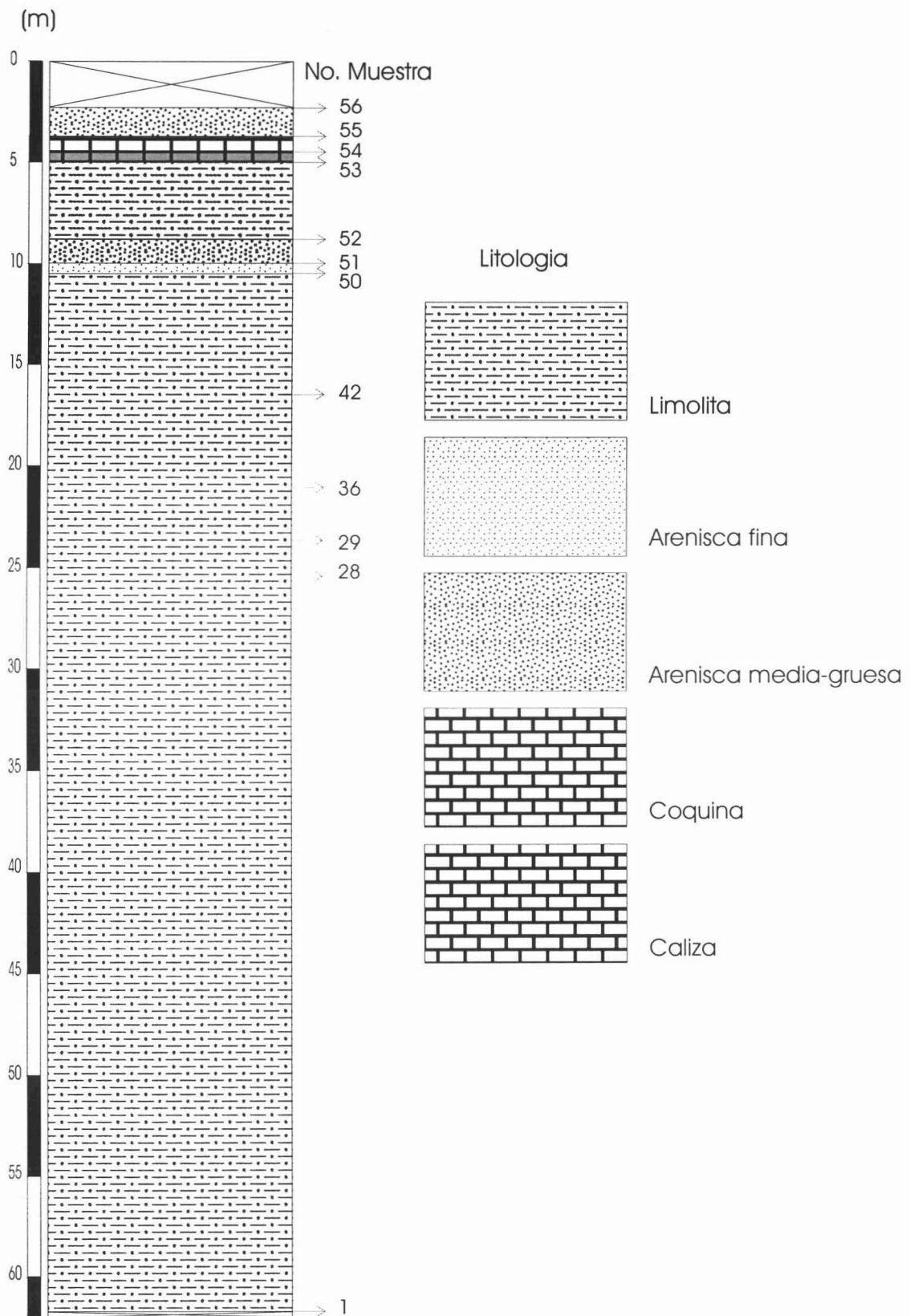


Figura 2. Columna estratigráfica del núcleo las Pocitas.

RESULTADOS

De acuerdo con los criterios para la identificación del nanoplancton calcáreo y siguiendo el esquema de clasificación para este grupo, se identificó un total de 60 especies, pertenecientes a 26 géneros. Todas las especies han sido descritas ampliamente por otros autores, por lo que son listadas al final del manuscrito presente en orden alfabético (Apéndice 2).

El nanoplancton calcáreo fue registrado en 53 de las 56 muestras estudiadas (Tabla 1) y siguiendo los criterios de abundancia relativa se le considera escaso en la mayoría de las muestras (3 a 4 individuos por transecto). A pesar de que en todas las muestras en las que se encontró nanoplancton calcáreo se observan ejemplares rotos o incompletos debido a la pérdida de las estructuras del área central o del collar interno, en general, éste está bien conservado.

De igual forma se detectó abundante retrabajo, el cual en ocasiones, está representado por una mayor abundancia de formas de edad más antigua como *Watznaueria barnesae* (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968, *Cyclagelosphaera alta* Perch-Nielsen, 1979, *Hornibrookina edwardsi* Perch-Nielsen (1977), *Toweius selandianus* Perch-Nielsen (1979) y *Chiasmolithus bidens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967) entre otros, que de especies coherentes con la edad asignada al depósito.

Las especies con mayor frecuencia a través del núcleo son *Markalius inversus* (Deflandre en Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini (1964), *Fasciculithus involutus* Bramlette & Sullivan (1961), *Coccolithus pelagicus* y *Sphenolithus radians* Deflandre in Grassé (1952); mientras que especies pertenecientes a los géneros *Sphenolithus* (*S. anarrophus* Bukry & Bramlette (1969), *S. obtusus* Bukry (1971), *S. editus* Perch-Nielsen en Perch-Nielsen et al. (1978)), *Rhabdosphaera* (*R. crebra* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Sullivan, 1961, *R. pinguis* Deflandre en Deflandre & Fert (1954)), *Helicosphaera* (*H. seminulum* Bramlette & Sullivan (1961), *H. lophota* Bramlette & Sullivan (1961)) y *Pontosphaera* (*P. pectinata* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood (1974), *P. ocellata* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen (1984), *P. punctosa* Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen (1984)), sólo tienen un registro por muestra.

Del total de especies observadas un número importante de ellas solo aparecen una vez en las muestras del núcleo, este es el caso para *Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler en Hay et al. (1967), *Neochiastozygus digitosus* Perch-Nielsen (1971), *Rhabdosphaera truncata* Bramlette & Sullivan (1961), *R. inflata* Bramlette & Sullivan, 1961, *Transversopontis sigmoidalis* Locker (1967), *Watznaueria*

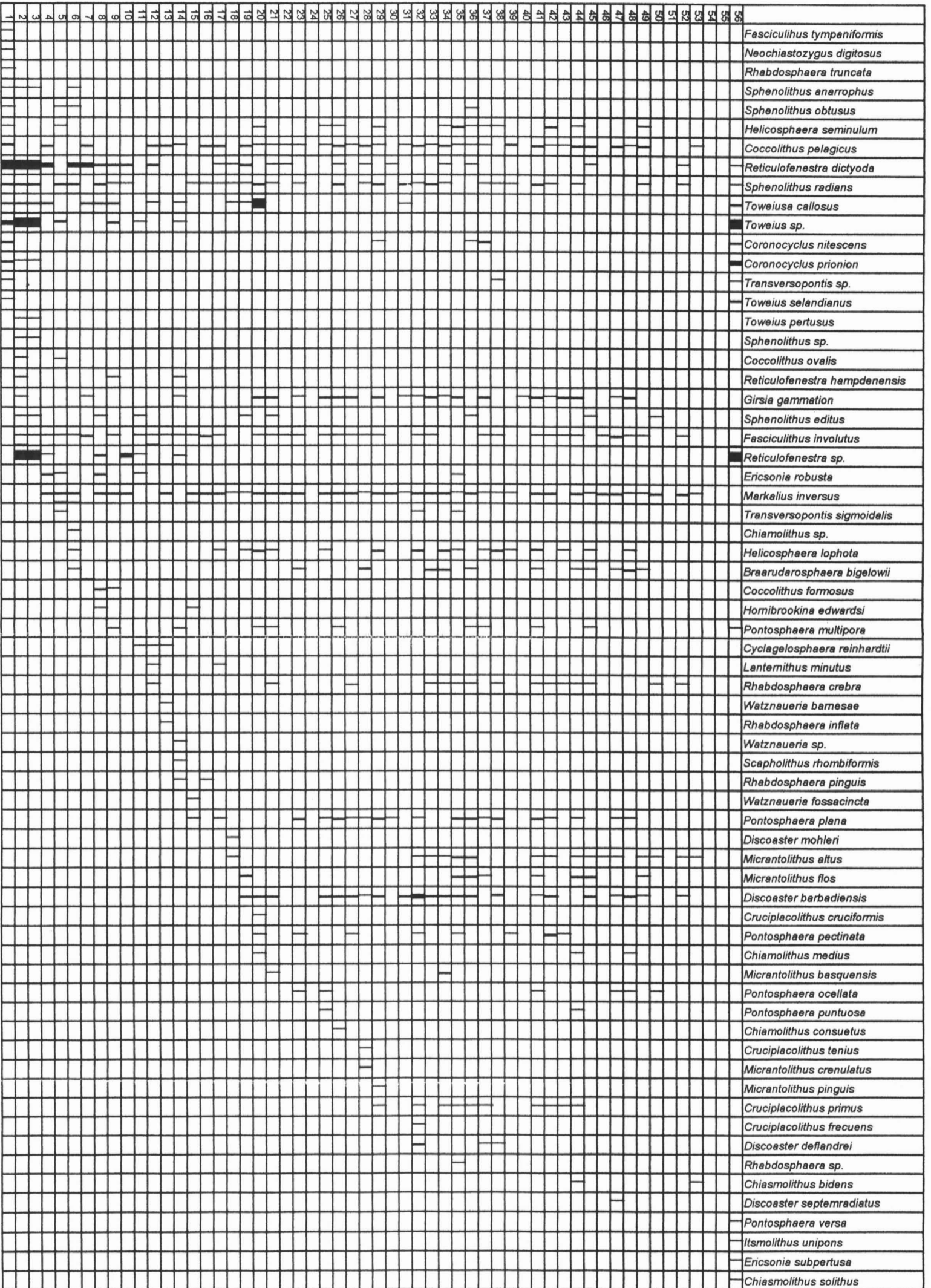


Tabla 1. Distribución y abundancia relativa de especies de nanoplankton calcáreo a través del núcleo las Pocitas.

barnesae (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968, *W. fossacincta* (Black, 1971) Bown in Bown and Cooper, 1989, *Scapholithus rhombiformis* Hay & Mohler (1967), *Discoaster mohleri* Bukry & Percival (1971), *D. septemradiatus* (Klumpp, 1953) Martini (1958), *Cruciplacolithus cruciformis* (Hay & Towe, 1962) Roth (1970), *C. tenuis* (Stradner, 1961) Hay & Mohler in Hay et al. (1967), *Pontosphaera versa* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood, 1974, *Chiasmolithus consuetus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967), *C. bidens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967), *C. solitus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Locker, 1968, *Ericsonia subpertusa* Hay & Mohler (1967), *Isthmolithus unipons* Bramlette & Sullivan (1961) y *Micrantolithus pinguis* Bramlette & Sullivan (1961).

Un grupo reducido de especies como *Reticulofenestra dictyoda* (Deflandre en Deflandre & Fert, 1954) Stradner en Stradner & Edwards (1968), *Pontosphaera multipora* (Kamptner, 1948) Roth (1970), *Toweius callosus* Perch-Nielsen (1971), *Helicosphaera seminulum*, *Girsia gammation* (Bramlette & Sullivan, 1961) Varol, 1989, *Rhabdosphaera crebra*, *Pontosphaera plana* (Bramlette & Sullivan, 1961) Haq (1971), *Micrantolithus basquensis* (Martini, 1959) y *Discoaster barbadiensis* Tan (1927), son recurrentes en las muestras, aunque su aparición no es constante. Todas estas especies corresponden a la edad que se le asignó a la columna sedimentaria.

El número de especies que son abundantes y/o comunes en cuanto al número de individuos son muy pocas. Por lo general las especies presentaron una abundancia rara o poca, ya que la mayoría de las especies sólo se presentaron una sola vez en una única preparación.

EDAD

La primera biozonación de nanofósiles fue propuesta por Brönimann y Stradner (1960 en Garner, 1971) empleando los conjuntos presentes en depósitos del Paleoceno al Oligoceno de Cuba. Más tarde, Bramlette y Sullivan (1961) proponen seis biozonas de nanofósiles para el intervalo que va del Paleoceno superior al Eoceno medio empleando el registro de éstos en la Formación Lodo en California. Martini (1971) propone la primera biozonación estándar para el Terciario y el Cuaternario, empleando material de perforaciones del Pacífico y del Atlántico. En ella utiliza números y epítetos para codificar las biozonas con un total de 25 para el Paleógeno (NP1 a NP25), 18 para el Neógeno (NN1 a NN18) y tres para el Cuaternario (NN19 a NN21). Posteriormente, Okada y Bukry (1980) publican una nueva biozonación para latitudes bajas, mientras que Perch-Nielsen (1979; 1981) propone una para

barnesae (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968, *W. fossacincta* (Black, 1971) Bown in Bown and Cooper, 1989, *Scapholithus rhombiformis* Hay & Mohler (1967), *Discoaster mohleri* Bukry & Percival (1971), *D. septemradiatus* (Klumpp, 1953) Martini (1958), *Cruciplacolithus cruciformis* (Hay & Towe, 1962) Roth (1970), *C. tenuis* (Stradner, 1961) Hay & Mohler in Hay et al. (1967), *Pontosphaera versa* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood, 1974, *Chiasmolithus consuetus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967), *C. bidens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967), *C. solitus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Locker, 1968, *Ericsonia subpertusa* Hay & Mohler (1967), *Isthmolithus unipons* Bramlette & Sullivan (1961) y *Micrantolithus pinguis* Bramlette & Sullivan (1961).

Un grupo reducido de especies como *Reticulofenestra dictyoda* (Deflandre en Deflandre & Fert, 1954) Stradner en Stradner & Edwards (1968), *Pontosphaera multipora* (Kamptner, 1948) Roth (1970), *Toweius callosus* Perch-Nielsen (1971), *Helicosphaera seminulum*, *Girsia gammation* (Bramlette & Sullivan, 1961) Varol, 1989, *Rhabdosphaera crebra*, *Pontosphaera plana* (Bramlette & Sullivan, 1961) Haq (1971), *Micrantolithus basquensis* (Martini, 1959) y *Discoaster barbadiensis* Tan (1927), son recurrentes en las muestras, aunque su aparición no es constante. Todas estas especies corresponden a la edad que se le asignó a la columna sedimentaria.

El número de especies que son abundantes y/o comunes en cuanto al número de individuos son muy pocas. Por lo general las especies presentaron una abundancia rara o poca, ya que la mayoría de las especies sólo se presentaron una sola vez en una única preparación.

EDAD

La primera biozonación de nanofósiles fue propuesta por Brönimann y Stradner (1960 en Garner, 1971) empleando los conjuntos presentes en depósitos del Paleoceno al Oligoceno de Cuba. Más tarde, Bramlette y Sullivan (1961) proponen seis biozonas de nanofósiles para el intervalo que va del Paleoceno superior al Eoceno medio empleando el registro de éstos en la Formación Lodo en California. Martini (1971) propone la primera biozonación estándar para el Terciario y el Cuaternario, empleando material de perforaciones del Pacífico y del Atlántico. En ella utiliza números y epítetos para codificar las biozonas con un total de 25 para el Paleógeno (NP1 a NP25), 18 para el Neógeno (NN1 a NN18) y tres para el Cuaternario (NN19 a NN21). Posteriormente, Okada y Bukry (1980) publican una nueva biozonación para latitudes bajas, mientras que Perch-Nielsen (1979; 1981) propone una para

bajas latitudes y otra para latitudes medias a bajas, respectivamente.

De acuerdo con las reconstrucciones palinopásticas de la Península de Baja California durante el Paleógeno, ésta se encontraba unida al continente y bordeada por el Pacífico a la altura de lo que hoy corresponde probablemente a los estados de Nayarit, Sinaloa y Sonora. Algunas reconstrucciones ubican a la península todavía en una posición más inferior con respecto a su posición actual, pero en cualquier caso y, para los fines de este estudio, durante la mayor parte del Paleógeno, esta porción de la península estuvo siempre en latitudes medias a bajas. Por esta razón, se ha preferido utilizar algunos de los esquemas zonales estándares para estas latitudes.

La pobre presencia de nanoplancton calcáreo a través del núcleo las Pocitas, la ausencia de los índices que caracterizan las zonas estándares tradicionales así como por el reducido espesor de la columna sedimentaria, que no permite el reconocimiento de primeras y últimas apariciones estratigráficas de las especies índices, dificultó la elección del esquema zonal. Sin embargo, la presencia a través de la columna sedimentaria de un número importante de especies que de acuerdo con Okada y Bukry (1980) son también diagnósticas de las biozonas por ellos definidas, llevó a la preferencia por este esquema para el presente trabajo.

Se utiliza el alcance estratigráfico, hasta donde fue posible, de la mayoría de las especies presentes en la columna sedimentaria y que están consignados en Perch-Nielsen (1985) y Nanno-ware (2002), así como bibliografía especializada.

De acuerdo con lo anterior, el conjunto presente en cada nivel muestreado, indican que la sección de la formación Tepetate que se estudia en el presente trabajo se ubica en el Paleógeno. La presencia de *Sphenolithus radians*, *S. anarrophus*, *Toweius pertusus* (Sullivan, 1965) Romein, 1979, *Fasciculithus involutus*, *Isthmolithus unipons*, y *Rhabdosphaera truncata*, sugieren una edad eocénica; mientras que el conjunto anterior, asociado a *Chiamolithus solitus*, *Girsia gammation*, *Discoaster septemradiatus*, *Toweius callosus*, *Pontosphaera plana*, *Helicosphaera seminulum*, *H. lophota*, *Reticulofenestra dictyoda*, *Rhabdosphaera crebra*, *R. pinguis*, *R. inflata*, *Micrantolithus flos* Deflandre en Deflandre & Fert (1954) y *Chiasmolithus medius* Perch-Nielsen (1971), la mayoría, distribuidas a todo lo largo del núcleo, ubican a esta parte de la formación Tepetate en el Eoceno medio (Tabla 2).

De acuerdo con el esquema zonal de Okada y Bukry (1980) y, como ya se había establecido en párrafos anteriores, ninguna de las especies registradas a lo largo de la columna sedimentaria del núcleo Las Pocitas, constituyen especies diagnósticas para el reconocimiento de las biozonas

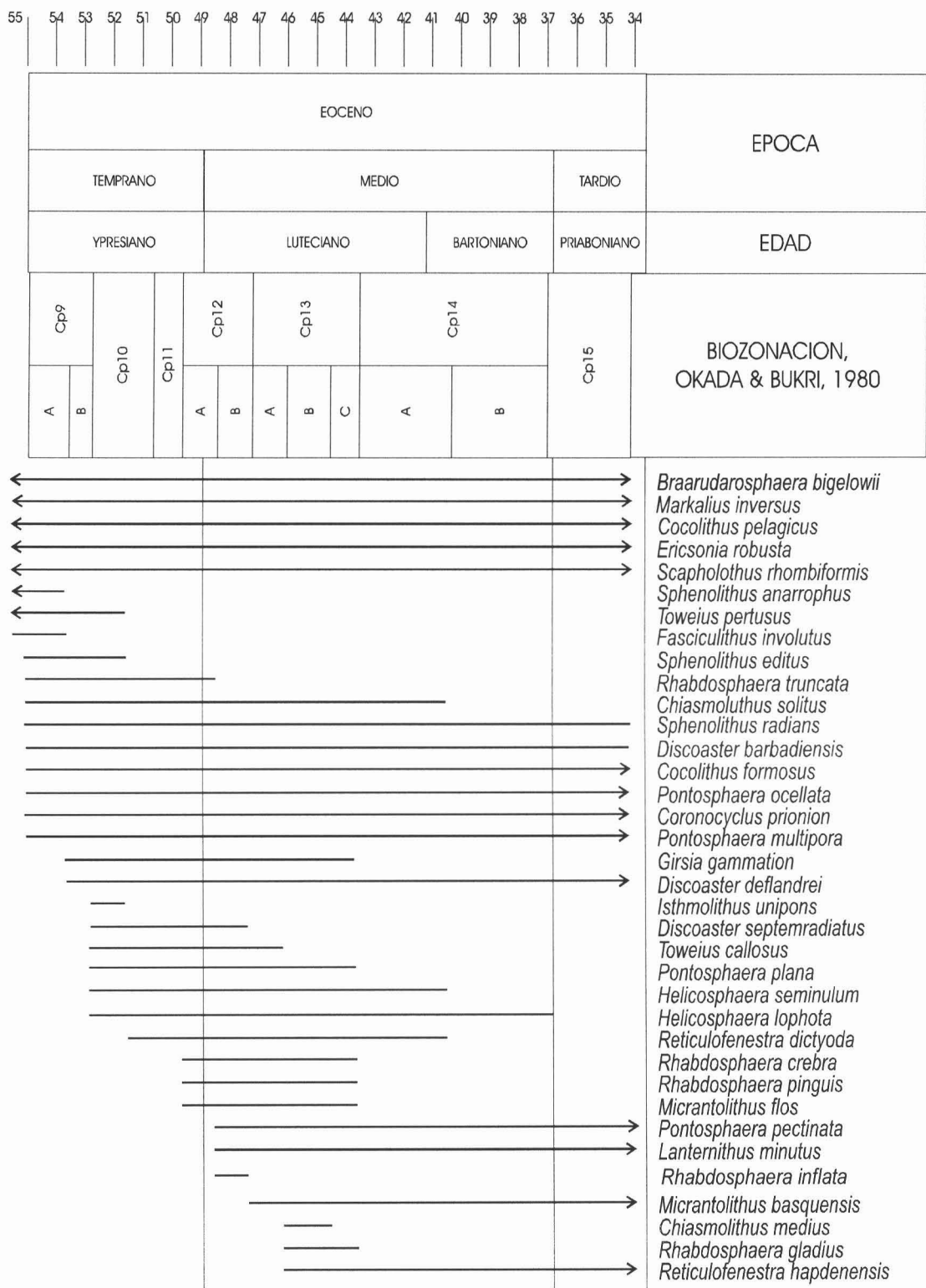


Tabla 2. Alcances estratigráficos de algunas especies de nanoplancton calcáreo empleadas en la asignación de biozonas y edad del núcleo las Pocitas.

establecidas por estos autores. Sin embargo, la presencia de *Reticulofenestra hapdenensis*, *Rhabdosphaera gladius* y *Chiasmolithus medius* cuyas primeras apariciones estratigráficas de acuerdo Nano-Ware (2000) ocurren precisamente en la base de biozona *Chiasmolithus gigas* (CP 13b del esquema zonal de Okada y Bukry, 1980), permite asignar una edad equivalente a esta biozona. Más aún, *Chiasmolithus solithus*, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster barbadiensis*, *Helicosphaera seminulum* y *Sphenolithus radians*, presentes en la sección en estudio, de acuerdo con Bukry (1971b) es parte de la flora característica de la subzona de *Chiasmolithus gigas*, y por tanto su presencia refuerza la asignación a esta subzona, misma que de acuerdo con Berggren y colaboradores (1995) se ubica aproximadamente a los 46 Ma. (Tabla 2).

La edad aquí asignada concuerda con el trabajo reciente realizado en el mismo núcleo de Las Pocitas realizado por Miranda-Martínez (2005) quien reconoce un conjunto de foraminíferos planctónicos que de acuerdo con Berggren y colaboradores (1995) ubica la columna sedimentaria del núcleo Las Pocitas entre 50.4 a 49 Ma, reforzando la asignación de edad inferida en este trabajo con base en el nanoplancton calcáreo.

AMBIENTE DE DEPÓSITO

Desde el punto de vista estratigráfico los ambientes de depósito adquieren importancia al ser el lugar y conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas en el que se realiza la acumulación de sedimentos.

Para determinar las condiciones bajo las cuales un depósito ocurre, se utiliza la información derivada del estudio de los fósiles presentes; esto se debe a que su presencia y distribución se encuentra estrechamente relacionada con condiciones ambientales tales como luz, temperatura, salinidad, y profundidad, entre otros. Por lo tanto, para inferir el ambiente de depósito al cual pertenece un conjunto fósil dentro de una columna sedimentaria, es necesario conocer los parámetros en los cuales viven especies cercanas o emparentadas con aquellas que se encuentran en estado fósil.

Debido a su naturaleza planctónica, los coccolitofóridos y nanolitos afines, no son claros indicadores de la profundidad del depósito de los sedimentos en los que son encontrados. Sin embargo, se puede hacer ciertas inferencias sobre el ambiente de depósito al que pertenecen.

Tomando en cuenta lo anterior, de acuerdo con Perch-Nielsen (1985) las especies del género

establecidas por estos autores. Sin embargo, la presencia de *Reticulofenestra hapdenensis*, *Rhabdosphaera gladius* y *Chiasmolithus medius* cuyas primeras apariciones estratigráficas de acuerdo Nano-Ware (2000) ocurren precisamente en la base de biozona *Chiasmolithus gigas* (CP 13b del esquema zonal de Okada y Bukry, 1980), permite asignar una edad equivalente a esta biozona. Más aún, *Chiasmolithus solithus*, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster barbadiensis*, *Helicosphaera seminulum* y *Sphenolithus radians*, presentes en la sección en estudio, de acuerdo con Bukry (1971b) es parte de la flora característica de la subzona de *Chiasmolithus gigas*, y por tanto su presencia refuerza la asignación a esta subzona, misma que de acuerdo con Berggren y colaboradores (1995) se ubica aproximadamente a los 46 Ma. (Tabla 2).

La edad aquí asignada concuerda con el trabajo reciente realizado en el mismo núcleo de Las Pocitas realizado por Miranda-Martínez (2005) quien reconoce un conjunto de foraminíferos planctónicos que de acuerdo con Berggren y colaboradores (1995) ubica la columna sedimentaria del núcleo Las Pocitas entre 50.4 a 49 Ma, reforzando la asignación de edad inferida en este trabajo con base en el nanoplancton calcáreo.

AMBIENTE DE DEPÓSITO

Desde el punto de vista estratigráfico los ambientes de depósito adquieren importancia al ser el lugar y conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas en el que se realiza la acumulación de sedimentos.

Para determinar las condiciones bajo las cuales un depósito ocurre, se utiliza la información derivada del estudio de los fósiles presentes; esto se debe a que su presencia y distribución se encuentra estrechamente relacionada con condiciones ambientales tales como luz, temperatura, salinidad, y profundidad, entre otros. Por lo tanto, para inferir el ambiente de depósito al cual pertenece un conjunto fósil dentro de una columna sedimentaria, es necesario conocer los parámetros en los cuales viven especies cercanas o emparentadas con aquellas que se encuentran en estado fósil.

Debido a su naturaleza planctónica, los coccolitofóridos y nanolitos afines, no son claros indicadores de la profundidad del depósito de los sedimentos en los que son encontrados. Sin embargo, se puede hacer ciertas inferencias sobre el ambiente de depósito al que pertenecen.

Tomando en cuenta lo anterior, de acuerdo con Perch-Nielsen (1985) las especies del género

Sphenolithus son elementos característicos de aguas cálidas, y por lo general, son más comunes en latitudes bajas y zonas de mar abierto; mientras que las especies pertenecientes al género *Pontosphaera* son más comunes en sedimentos hemipelágicos. La presencia abundante y constante de especies de ambos géneros a través de la columna sedimentaria en estudio indicarían que el ambiente de depósito de ésta, ocurrieron en mar abierto bajo condiciones cálidas.

Por otro lado, la presencia de diversas especies del género *Discoaster* en el material de estudio de talla reducida y con brazos delgados, constituirían de acuerdo con Aubry (1984) morfotipos indicativos de un ambiente de mar abierto bajo condiciones oceánicas y cálidas de latitudes bajas, lo cual concuerda con la interpretación anterior. La presencia escasa de especies típicas de plataforma y de especies como *Braarudarosphaera bigelowii* (Gran & Braarud, 1935) Deflandre (1947), características de ambientes someros y sujetos a estrés (Saito y Percival, 1970; Perch-Nielsen, 1977, 1985) refuerza la interpretación sobre el ambiente de depósito de esta parte de la unidad.

En consecuencia, se establece que para el núcleo Las Pocitas el depósito debe haber ocurrido en una zona alejada de la costa, aproximadamente al nivel del quiebre de la plataforma, en el ambiente batial superior en condiciones cálidas a templadas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aún cuando la abundancia del nanoplancton calcáreo en el núcleo Las Pocitas es relativamente baja, fue posible encontrar elementos que permitieran constreñir la edad de esta parte de la columna sedimentaria de la formación Tepetate.

La revisión de los trabajos previos (Tabla 3) indica, con base en diversos grupos fósiles, que la formación Tepetate podría abarcar una edad del Cretácico Tardío al Eoceno medio.

La edad cretácica para esta unidad fue asignada por Fulwider (1976) en una muestra procedente de arroyo Salada donde no fueron recuperados ningún otro microfósil con excepción de *Watznaueria barnesae* (Bajociano – Barremiano), *Watznaueria biporta* (Jurásico Medio – Cretácico Tardío) y *Arkhangelskiella cymbiformis* (Maastrichtiano). Esta edad, fue corroborada más tarde por Coleman (1979), al realizar un estudio de nanoplancton calcáreo en la misma localidad estudiada por Fulwider (1976), sin embargo, no menciona las especies con base en las cuales asigna la edad maastrichtiana. De acuerdo con las observaciones realizadas en las muestras procedentes del núcleo Las Pocitas, la

Sphenolithus son elementos característicos de aguas cálidas, y por lo general, son más comunes en latitudes bajas y zonas de mar abierto; mientras que las especies pertenecientes al género *Pontosphaera* son más comunes en sedimentos hemipelágicos. La presencia abundante y constante de especies de ambos géneros a través de la columna sedimentaria en estudio indicarían que el ambiente de depósito de ésta, ocurrieron en mar abierto bajo condiciones cálidas.

Por otro lado, la presencia de diversas especies del género *Discoaster* en el material de estudio de talla reducida y con brazos delgados, constituirían de acuerdo con Aubry (1984) morfotipos indicativos de un ambiente de mar abierto bajo condiciones oceánicas y cálidas de latitudes bajas, lo cual concuerda con la interpretación anterior. La presencia escasa de especies típicas de plataforma y de especies como *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud, 1935) Deflandre (1947), características de ambientes someros y sujetos a estrés (Saito y Percival, 1970; Perch-Nielsen, 1977, 1985) refuerza la interpretación sobre el ambiente de depósito de esta parte de la unidad.

En consecuencia, se establece que para el núcleo Las Pocitas el depósito debe haber ocurrido en una zona alejada de la costa, aproximadamente al nivel del quiebre de la plataforma, en el ambiente batial superior en condiciones cálidas a templadas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aún cuando la abundancia del nanoplancton calcáreo en el núcleo Las Pocitas es relativamente baja, fue posible encontrar elementos que permitieran constreñir la edad de esta parte de la columna sedimentaria de la formación Tepetate.

La revisión de los trabajos previos (Tabla 3) indica, con base en diversos grupos fósiles, que la formación Tepetate podría abarcar una edad del Cretácico Tardío al Eoceno medio.

La edad cretácica para esta unidad fue asignada por Fulwider (1976) en una muestra procedente de arroyo Salada donde no fueron recuperados ningún otro microfósil con excepción de de *Watznaueria barnesae* (Bajociano – Barremiano), *Watznaueria biporta* (Jurásico Medio – Cretácico Tardío) y *Arkhangelskiella cymbiformis* (Maastrichtiano). Esta edad, fue corroborada más tarde por Coleman (1979), al realizar un estudio de nanoplancton calcáreo en la misma localidad estudiada por Fulwider (1976), sin embargo, no menciona las especies con base en las cuales asigna la edad maastrichtiana. De acuerdo con las observaciones realizadas en las muestras procedentes del núcleo Las Pocitas, la

presencia de numerosas formas retrabajadas del Cretácico Superior podrían sugerir indirectamente, que la formación Tepetate en su base, contenga paquetes sedimentarios de edad maastrichtiana. Sin embargo, dado la escasez de este registro y tomando en consideración el alto retrabajo del nanoplancton, y que este abundante retrabajo de flora del Cretácico ha sido mencionada en rocas sedimentarias neogénicas recuperadas de pozos exploratorios (ELS-1, ELS-2 y ELS-3 - Campo Geotérmico de Cerro Prieto, Baja California) del área de Laguna Salada y de la cuenca Cerro Colorado (Vázquez-Hernández, *et al.*, 1996; Martín-Barajas, *et al.*, 2001), así como en la columna neogénica de pozos exploratorios por hidrocarburos en la región norte del Golfo de California (PEMEX, trabajo en proceso), se considera que la edad maastrichtiana asignada a la base de esta unidad formacional debe tomarse con mucha reserva.

En las muestras estudiadas del núcleo Las Pocitas, también es frecuente la presencia de abundante flora paleogénica, así como en las unidades antes mencionadas. Sin embargo, numerosos trabajos sugieren con base en los alcances estratigráficos de grupos diferentes de fósiles, particularmente foraminíferos planctónicos e incluso bentónicos y moluscos, la presencia de conjuntos pertenecientes a la parte superior del Paleoceno temprano y hasta el Eoceno medio.

En el presente trabajo el conjunto de nanoplancton calcáreo identificado indica una edad eocénica media temprana, permitiendo confirmar la presencia de rocas de esta edad para la formación Tepetate como otros autores habían sugerido (Tabla 3).

Si se considera que los espesores que se han estimado para la formación Tepetate superan los 1000 m y que el estudio aquí realizado representa menos del 10% de éste, entonces es necesario concluir que la columna sedimentaria del núcleo Las Pocitas no representa una secuencia condensada como se consideró en un principio y, por tanto no abarca la totalidad de la unidad. Consecuentemente, la columna más representativa de la formación Tepetate deberá considerarse como la columna compuesta representada por las secciones medidas por Fulwider (1976).

Infortunadamente, este trabajo permanece inédito por lo que se propone reestudiar las secciones de este autor así como algunas de las localidades mencionadas en la Tabla 3 con la finalidad de establecer con mayor confiabilidad el marco litoestratigráfico y cronoestratigráfico y, con base en los ambientes de depósito y la fauna presente, hacer inferencias sobre la evolución geológica y biológica de esta parte de la Península de Baja California durante el Paleógeno.

Autor	Localidad	Edad	Ambiente de depósito
Heim (1922)	Arroyo Colorado	Eoceno tardío	Nerítico
Beal (1948)	Arroyo Colorado	Paleoceno – Eoceno	Deltaico
Mina-Uhink (1957)	Arroyo de Liebres	Eoceno temprano – Eoceno medio	Nerítico
Knappe (1974)	Arroyo El Conejo y Arroyo Datilar	Eoceno temprano - Eoceno medio	Ambiente de talud continental
Fulwider (1976)	Arroyo Colorado y Arroyo Salada	Paleoceno temprano – Eoceno temprano	Complejo de abanico submarino
Coleman (1979)	Arroyo Colorado y Arroyo Salada	Maastrichtiano – Eoceno temprano	No definido
Guerrero-Arenas (1998)	Arroyo Colorado	Eoceno temprano – Eoceno medio	Cuenca de aguas marinas someras, cercana a la costa y con influencia de tormentas
Carreño <i>et al.</i> (2000)	Arroyo Colorado	Eoceno temprano 51.2 a 48.4 Ma.	Ciclo transgresivo-regresivo-transgresivo
Miranda-Martínez (2005)	Las Pocitas	Eoceno temprano tardío 50.4 a 49 Ma.	Biofacies profundas de talud continental
Este estudio Cordero-García	Las Pocitas	Eoceno temprano 46 Ma.	Depósito hemipelágico de biofacies profundas, probablemente de talud continental

Tabla 3. Edad y ambiente de depósito inferidos por diversos autores para la formación Tepetate.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Akers, W. H. 1979. Planktic foraminifera and calcareous nannoplankton biostratigraphy of the Neogene of Mexico. Part I-Middle Pliocene. *Tulane Studies Geology Paleontology*, v. 15, n. 1 p. 1-32
- Akers, W. H. 1984. Planktic foraminifera and calcareous nannoplankton biostratigraphy of the Neogene of Mexico. Part II- Lower Pliocene. *Tulane Stududies Geology Paleontology*, v.18, n. 1 p. 21-36
- Aubry, M.- P. 1984. *Handbook of Cenozoic Calcareous Nannoplankton. Book 1: Ortholithae (Discoasters)*. Micropaleontology Press. The American Museum of Natural History. New York.

Autor	Localidad	Edad	Ambiente de depósito
Heim (1922)	Arroyo Colorado	Eoceno tardío	Nerítico
Beal (1948)	Arroyo Colorado	Paleoceno – Eoceno	Deltaico
Mina-Uhink (1957)	Arroyo de Liebres	Eoceno temprano – Eoceno medio	Nerítico
Knappe (1974)	Arroyo El Conejo y Arroyo Datilar	Eoceno temprano - Eoceno medio	Ambiente de talud continental
Fulwider (1976)	Arroyo Colorado y Arroyo Salada	Paleoceno temprano – Eoceno temprano	Complejo de abanico submarino
Coleman (1979)	Arroyo Colorado y Arroyo Salada	Maastrichtiano – Eoceno temprano	No definido
Guerrero-Arenas (1998)	Arroyo Colorado	Eoceno temprano – Eoceno medio	Cuenca de aguas marinas someras, cercana a la costa y con influencia de tormentas
Carreño <i>et al.</i> (2000)	Arroyo Colorado	Eoceno temprano 51.2 a 48.4 Ma.	Ciclo transgresivo-regresivo-transgresivo
Miranda-Martínez (2005)	Las Pocitas	Eoceno temprano tardío 50.4 a 49 Ma.	Biofacies profundas de talud continental
Este estudio Cordero-García	Las Pocitas	Eoceno temprano 46 Ma.	Depósito hemipelágico de biofacies profundas, probablemente de talud continental

Tabla 3. Edad y ambiente de depósito inferidos por diversos autores para la formación Tepetate.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Akers, W. H. 1979. Planktic foraminifera and calcareous nannoplankton biostratigraphy of the Neogene of Mexico. Part I-Middle Pliocene. *Tulane Studies Geology Paleontology*, v. 15, n. 1 p. 1-32
- Akers, W. H. 1984. Planktic foraminifera and calcareous nannoplankton biostratigraphy of the Neogene of Mexico. Part II- Lower Pliocene. *Tulane Stududies Geology Paleontology*, v.18, n. 1 p. 21-36
- Aubry, M.- P. 1984. *Handbook of Cenozoic Calcareous Nannoplankton. Book 1: Ortholithae (Discoasters)*. Micropaleontology Press. The American Museum of Natural History. New York.

266pp.

- Beal, H. C. 1948. Reconnaissance of the geology and oil possibilities of Baja California, Mexico: Geological Society of America, Memoir 31, 1138pp.
- Berggren, W. A., D. V. Kent, C. C. Swisher III and M.-P. Aubry. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *in*: Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.-P., and Hardenbol, I., (Eds.), Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation. SEMP (Society of Economic Mineralogist and for Sedimentology geology) Special Publication 54, p. 129-212
- Bramlette, N. y F. Sullivan. 1961. Coccolithophorids and related nannoplankton of the Early Tertiary *in* California. *Micropaleontology*, v. 7, n. 2, p. 129-188.
- Bramlette, N. y A. Wilcoxon. 1967. Middle Tertiary calcareous nannoplankton of the Cipero section, Trinidad, W. I. *Tulane Studies Geology*, v. 5, p. 93-131.
- Bukry, D., 1971. Cenozoic calcareous nanofossils from the Pacific Ocean. *San Diego Society Natural History Transactions*, p.16, 303.
- Bukry, D. 1973. Low Latitude Coccolith Biostratigraphic Zonation. *in*: Edgar, N. T., Saunders, J.B., *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, v. 15, Washington (US Government Printing Office) p. 685-703.
- Bukry, D. y S. F. Percival. 1971. New Tertiary calcareous nanofossils. *Tulane Studies Geology Paleontology*, v. 8, n. 3, p. 123-146.
- Carreño, A. L. 1992. Neogene microfossils from the Santiago diatomite, Baja California Sur, México. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana*, n. 59, pte. 1, p. 1-21.
- Carreño, A. L. 1992. Early neogene foraminifera and associated microfossils of the cerro Tierra Blanca member (El Cien Formation), Baja California sur, Mexico. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Paleontología Mexicana*, n. 59, pt. 2, p. 41-67.
- Carreño, A. L., J. Ledesma, y R. Guerreo. 2000. Bioestratigrafía e historia deposicional de la formación Tepetate en el arroyo Colorado (Eoceno medio-temprano), Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, v. 26, n. 1, p.177-200.
- Coleman, T.A. 1979. Nannoplankton Biostratigraphy of the Tepetate Formation, Baja California Sur. M. S. Thesis, University of Southern California, 62 pp. (inérita).
- Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 1984, Código Estratigráfico Norteamericano 1983, traducido por Sánchez-López, M. y L. Cabib-Levi . *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Sociedad Geológica Mexicana y Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, México. 87pp.

- Ellis, C. H., Lohman, W. H., Wray, J.L. 1972. Upper Cenozoic calcareous nannofossils from the Gulf of Mexico (Deep Sea Drilling Project, Leg 1, Site 3) Colorado School of Mines. *Quaterly*, v. 67, n. 3 p. 1-103.
- Fulwider, R.W. 1976. Biostratigraphy of the Tepetate Formation, Baja California Sur, M. S. Thesis, University of Southern California, 111 pp. (inédita).
- Gartner, S. 1971. Calcareous nannofossils from the Joids Blake Plateu cores and revision of Paleogene nannofossils zonation. *Tulane Studies Geology Paleontology*, v. 8, n. 3, p. 101-121.
- Gastil, R.G., Neuhaus, J., Cassidy, M. E., Smith, J.T., Ingle, Jr., J.C., and Krummenacher, D. 1999. Geology and paleontology of southwestern Isla Tiburón, Sonora, Mexico. *Universidad Nacional Autónoma de México, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 16, n. 1, p. 1–34, geologic map, scale 1:25,000.
- González-Barba, G. 2002. Asociaciones faunísticas de tiburones y rayas fósiles del Eoceno superior (Prioboniano) de las formaciones Tepetate y Bateque de Baja California Sur, México. *in: Resúmenes. VIII Congreso Nacional de Paleontología. Guadalajara, México. Sociedad Mexicana de Paleontología*, p. 54.
- Guerrero-Arenas, R. 1998. Foraminíferos y ostrácodos de la localidad tipo de la formación Tepetate en Baja California Sur, México: implicaciones bioestratigráficas y paleoambientales. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 53 pp. (inédita)
- Haq, B. U. 1978. Calcareous nannoplankton. pp 79-107. *in: Haq, B.U. y A. Boersma (Eds). Introduction to Marine Micropaleontology. New York. 376 pp.*
- Heim, A. 1922. Notes on the Tertiary of southern Lower California. *Geological Magazine.*, v. 59, n. 12, p. 529-547.
- Kanazawa, T., Sanger, W. W., Escutia, C., et al, 2001. LEG 191 Summary. *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 191, Washington (US Government Printing Office) p.
- Martín-Barajas, A.; Vázquez-Hernández, S.; Carreño, A.L.; Helenes, J.; Suárez-Vidal, F. & Álvarez-Rosales, J. 2001. Late Neogene Stratigraphy and tectonic control on facies evolution *in the Laguna Salada Basin, Northern Baja California, México. in: Halfar, J., and Nava-Martínez, E. Eds., Sedimentation and tectonics along a rift basin margin: The Gulf of California. Sedimentary Geology*, v. 144, p. 5-35
- Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation. A. Farinacci, ed., *Proceedings of the II Planktonic Conference, Roma, 1970, Edizioni Tecnoscienza, Rome*, p. 739-746; 749-785.

- Miller, P.L. 1981. Tertiary calcareous nannoplankton and benthic foraminifera biostratigraphy of the Point Arena area, California. *Micropaleontology*, v. 27, n. 4, p. 419-443.
- Milow, E. D. , 1970. Tentative nannofossil zones and subzones and their radiometric age, northeast Pacific. *in: McManus, D. A., Burns, R. E. et al.* 1970. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, v. 5. Washington (U.S. Government Printing Office), p. 8.
- Mina-Uhink, F. 1957. Bosquejo geológico del territorio sur de la Baja California. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, v. 9, p. 188-192
- Minch, J. y T.A. Leslie. 1979. Geologic Road Log, La Paz to Tijuana. *in: Patrick L. Abbott y R. Gordon Gastil*, eds. Baja California Geology, Field guides and papers, San Diego State University, San Diego, p. 159-189.
- Miranda-Martínez, A. Y. 2005. Bioestratigrafía y ambiente de depósito de la formación Tepetate en el área de las Pocitas, Baja California Sur, México. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 60 pp.
- Molina, E. 2002. Cocolitofóridos y otros nanofósiles calcáreos. pp 297-312. *in: Molina, E. (Ed).* *Micropaleontología*. Pressas universitarias de Zaragoza. Zaragoza, España. 634 pp.
- Nanno-Ware. 2002. *in: Sherwood W. Wise, Jr., Mitch Covington, Bryan C. Ladner, y Wuchang Wei*, compiladores. 2002. Electronic Calcareous Nannofossils. International Nannoplankton Association. CD-ROM 1.
- Okada, H. y D. Bukry. 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *in: Bilal U.Haq. (Ed).* *Nannofossil biostratigraphy*. 1984. Hutchinson Ross Publishing company, USA. 386 pp.
- Perch-Nielsen, K. 1977. Albian to Pleistocene Calcareous Nannofossils from the western south Atlantic, DSDP LEG 39. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, v. 39. Washington (U.S. Government Printing Office), p. 699-823.
- Perch-Nielsen, K. 1985. Mesozoic and Cenozoic calcareous nannofossils. *in: Bolli, H.M. et al. (Eds).* *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, 329-554.
- Rodríguez-Saavedra, A. 1981. Contribución al estudio del nanoplancton calcáreo de la cenobahía de Tampico, Ver. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 81 pp.
- Saito, T. y Percival, S.F. Jr., 1970. Paleontology: *in: Maxwell, A. E., Herzen, P. R., Andrews, E. J., et al ;* eds. *Init. Reports. Deep Sea Drilling Project: Washington (U.S. Govt. Printing Office)*, v. 3, p. 444-445.
- Siesser, W. G. 1993. Calcareous nannoplankton. pp169-201. *in: Lipps, J. H. (Ed).* *Fossil Prokaryotes and*

- Protists. University of California, Berkley California. 342 pp.
- Sullivan, F. 1965. Lower Tertiary nannoplankton from the California coast ranges. I Paleocene. Univ. Calif. Pub. Geol. Sci. v. 53, p. 11-75.
- Tappan , H. 1980. The paleobiology of plant protists. Univerity of California, USA. 01028 pp.
- Vázquez-Hernández, S.; Carreño, A.L. & Martín-Barajas, A. 1996. Stratigraphy and paleoenvironments of the Mio-Pliocene Imperial Formation in the Eastern Laguna Salada area, Baja California, Mexico, *in*: Abbot, P., & Cooper, J., (eds) American Association of Petroleum Geologists, Field Conference Guide, Pacific Section, SEPM, Book 80, p. 373-380.

APÉNDICE 1

Descripción litológica del núcleo la Pocitas y distribución de las muestras.

MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA
56	2.3	Arenisca de grano medio
55	3.7	Caliza con abundante cuarzo
54	4.5	Coquina
53	5	Limolita arenosa, con cuarzo, fragmentos líticos y erráticos bien redondeados del tamaño de guijarros
52	8.9	Arenisca de grano medio-grueso, con cuarzo, micas, fragmentos líticos y ortoclasas
51	10	Arenisca de grano fino con cuarzo, fragmentos líticos y ortoclasas
50	10.5	Limolita con cuarzo y feldespato potásico, ligeramente más arcilloso
49	11.1	Limolita arcillosa
48	11.65	Limolita arcillosa
47	12.15	Limolita arcillosa
46	12.65	Limolita arcillosa
45	13.15	Limolita arcillosa
44	13.65	Limolita arcillosa
43	14.95	Limolita arcillosa
42	16.35	Limolita fina
41	17.75	Limolita fina
40	18.46	Limolita fina
39	19.23	Limolita fina
38	20	Limolita fina
37	20.85	Limolita fina
36	21.21	Limolita fina
35	21.56	Limolita
34	21.91	Limolita
33	22.26	Limolita
32	22.68	Limolita
31	23.08	Limolita
30	23.5	Limolita
29	23.9	Limolita arcillosa
28	25.4	Limolita arcillosa
27	26.9	Limolita
26	29.45	Limolita

APÉNDICE 1 (continuación)

25	31.45	Limolita
24	32.5	Limolita
23	33.5	Limolita
22	34.5	Limolita
21	36.05	Limolita
20	37.55	Limolita
19	39.1	Limolita
18	40.06	Limolita
17	42.25	Limolita
16	43.75	Limolita
15	44.4	Limolita
14	45.56	Limolita
13	46.5	Limolita
12	47.65	Limolita
11	49.75	Limolita
10	50.55	Limolita
9	51.27	Limolita
8	52	Limolita
7	52.8	Limolita
6	54.35	Limolita
5	55.85	Limolita
4	57.4	Limolita
3	58.9	Limolita
2	59.25	Limolita
1	61.75	Limolita

APÉNDICE 2

Especies de nanoplancton calcáreo presente en el núcleo Las Pocitas. El material se encuentra resguardado en la Colección de Micropaleontología del Museo de Paleontología del Instituto de Geología, UNAM con las siglas IGM- - Mi

Especie	Rango de edad Ma.
<i>Braarudarosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud, 1935) Deflandre (1947)	144.0 – 0.0
<i>Coccolithus formosus</i> (Kamptner, 1963) Wise (1973)	55.0 – 31.5
<i>Coccolithus ovalis</i> (Black, 1964) Ladner & Wise, 2002	65.0 – 0.2
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich, 1877) Schiller (1930)	65.0 – 0.0
<i>Coronocyclus nitescens</i> (Kamptner, 1963) Bramlette & Wilcoxon (1967)	47.3 – 5.6
<i>Coronocyclus prionion</i> (Deflandre & Fert, 1954) Stradner in Stradner & Edwards (1968)	55.0 – 31.7
<i>Cruciplacolithus cruciformis</i> (Hay & Towe, 1962) Roth (1970)	55.0 – 48.5
<i>Cruciplacolithus primus</i> Perch-Nielsen (1977)	65.0 – 56.2
<i>Cruciplacolithus tenuis</i> (Stradner, 1961) Hay & Mohler in Hay et al. (1967)	63.8 – 55.3
<i>Cyclagelosphaera reinhardtii</i> (Perch-Nielsen, 1968) Romein (1977)	144.0 – 62.2
<i>Chiasmolithus bidens</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967)	59.7 – 52.8
<i>Chiasmolithus consuetus</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967)	59.7 – 34.2
<i>Chiasmolithus eograndis</i> Perch-Nielsen, 1971	55.0 – 49.7
<i>Chiasmolithus medius</i> Perch-Nielsen (1971)	46.1 – 44.5
<i>Chiasmolithus solitus</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Locker, 1968	55.0 – 40.4
<i>Discoaster barbadiensis</i> Tan (1927)	55.0 – 34.2
<i>Discoaster deflandrei</i> Bramlette & Riedel (1954)	53.6 – 15.6
<i>Discoaster mohleri</i> Bukry & Percival (1971)	57.5 – 55.0
<i>Discoaster septemradiatus</i> (Klumpp, 1953) Martini (1958)	52.8 – 47.3
<i>Ericsonia robusta</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Wise et al., 2002	65.0 – 0.2
<i>Ericsonia subpertusa</i> Hay & Mohler (1967)	56.0 – 55.0
<i>Fasciculithus involutus</i> Bramlette & Sullivan (1961)	55.6 – 53.6
<i>Fasciculithus tympaniformis</i> Hay & Mohler in Hay et al. (1967)	59.7 – 55.0
<i>Girsia gammation</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Varol, 1989	53.6 – 43.7
<i>Helicosphaera lophota</i> Bramlette & Sullivan (1961)	52.8 – 36.0
<i>Helicosphaera seminulum</i> Bramlette & Sullivan (1961)	52.8 – 40.4
<i>Hornibrookina edwardsii</i> Perch-Nielsen (1977)	63.8 – 62.0
<i>Isthmolithus unipons</i> Bramlette & Sullivan (1961)	52.8 – 51.5
<i>Lanternithus minutus</i> Stradner (1962)	48.5 – 31.5
<i>Markalius inversus</i> (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini (1964)	144.0 – 34.2
<i>Micrantolithus basquensis</i> (Martini, 1959)	47.3 – 32.3
<i>Micrantolithus crenulatus</i> Bramlette & Sullivan, 1961	65.0 – 41.3
<i>Micrantolithus flos</i> Deflandre in Deflandre & Fert (1954)	49.7 – 43.7
<i>Micrantolithus pinguis</i> Bramlette & Sullivan, 1961	65.0 – 55.0
<i>Micrantolithus altus</i> Bybell & Gartner (1972)	43.7 – 31.7

APÉNDICE 2 (continuación)

Especie	Rango de Edad Ma
<i>Neochiastozygus digitosus</i> Perch- Nielsen (1971)	59.7 – 65.9
<i>Pontosphaera multipora</i> (Kamptner, 1948) Roth (1970)	55.0 – 5.6
<i>Pontosphaera ocellata</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen (1984)	55.0 – 31.7
<i>Pontosphaera pectinata</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood (1974)	48.5 – 31.7
<i>Pontosphaera plana</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Haq (1971)	52.8 – 43.7
<i>Pontosphaera punctosa</i> Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen (1984)	55.0 – 48.5
<i>Pontosphaera versa</i> (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood, 1974	52.8 – 55.0
<i>Reticulofenestra dictyoda</i> Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Stradner in Stradner & Edwards (1968)	51.5 – 40.4
<i>Reticulofenestra hampdenensis</i> Edwards (1973)	46.1 – 31.7
<i>Reticulofenestra scripsae</i> (Bukry & Percival, 1971) Roth, 1973	43.7 – 31.7
<i>Rhabdosphaera crebra</i> (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Sullivan, 1961	49.7 – 43.7
<i>Rhabdosphaera inflata</i> Bramlette & Sullivan, 1961	48.5 – 47.3
<i>Rhabdosphaera pinguis</i> Deflandre in Deflandre & Fert (1954)	49.7 – 43.7
<i>Rhabdosphaera truncata</i> Bramlette & Sullivan (1961)	55.0 – 48.5
<i>Scapholithus rhombiformis</i> Hay & Mohler (1967)	65.0 – 62.2
<i>Sphenolithus anarrophus</i> Bukry & Bramlette (1969)	58.4 – 53.6
<i>Sphenolithus editus</i> Perch-Nielsen in Perch-Nielsen <i>et al.</i> (1978)	55.0 – 51.5
<i>Sphenolithus obtusus</i> Bukry (1971)	44.5 – 36.0
<i>Sphenolithus radians</i> Deflandre in Grassé (1952)	55.0 – 34.2
<i>Toweius callosus</i> Perch-Nielsen (1971)	52.8 – 46.1
<i>Toweius pertusus</i> (Sullivan, 1965) Romein, 1979	58.4 – 51.5
<i>Toweius selandianus</i> Perch-Nielsen (1979)	59.7 – 58.4
<i>Transversopontis sigmoidalis</i> Locker (1967)	57.5 – 23.9
<i>Watznaueria barnesae</i> (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968	71.3 – 65.0
<i>Watznaueria fossacincta</i> (Black, 1971) Bown in Bown and Cooper, 1989	71.3 – 65.0

LÁMINA 1

Todos los especímenes se ilustran con aumentos de 5 000 X

1. *Braarudasphaera bigelowii* (Gran & Braarud, 1935) Deflandre (1947). IGM-1054-Mi. Vista distal 0°. Muestra 6a.
2. *Micrantolithus altus* Bybell & Gartner (1972). IGM-1088-Mi. Vista distal 0°. Muestra 18a.
3. *Micrantolithus basquensis* Martini, 1959). IGM-1084-Mi. Vista distal 0°. Muestra 12a.
4. *Micrantolithus crenulatus* Bramlette & Sullivan, 1961. IGM-1085-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 28b.
5. *Micrantolithus flos* Deflandre in Deflandre & Fert (1954). IGM-1086-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 19a.
6. *Micrantolithus pinguis* Bramlette & Sullivan, 1961. IGM-1087-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 29b.
7. *Cruciplacolithus cruciformis* (Hay & Towe, 1962) Roth (1970). IGM-1060-Mi. Vista distal 0°. Muestra 20b.
8. *Cruciplacolithus primus* Perch-Nielsen (1977). IGM-1061-Mi. Vista distal 0°. Muestra 29b.
9. *Cruciplacolithus tenuis* (Stradner, 1961) Hay & Mohler in Hay et al. (1967). IGM-1062-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 28b.
10. *Chiamolithus bidens* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967). IGM-1064-Mi. Vista distal 0°. Muestra 44a.
11. *Chiamolithus consuetus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Hay & Mohler (1967). IGM-1065-Mi. Vista distal 0°. Muestra 26a.
12. *Chiasmolithus eograndis* Perch-Nielsen, 1971. IGM-1066-Mi. Vista distal 0°. Muestra 2a.
13. *Chiasmolithus medius* Perch-Nielsen (1971). IGM-1067-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 20b.
14. *Chiasmolithus solitus* (Bramlette & Sullivan, 1961) Locker, 1968. IGM-1068-Mi. Vista distal 0°. Muestra 56b.
15. *Cyclagelosphaera reinhardtii* (Perch-Nielsen, 1968) Romein (1977). IGM-1063-Mi. Vista distal 0°. Muestra 12b.

LÁMINA 1

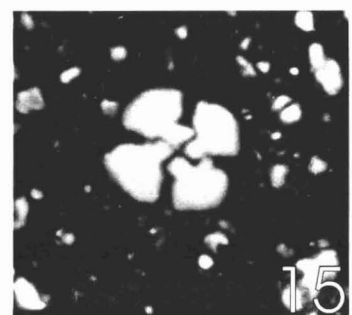
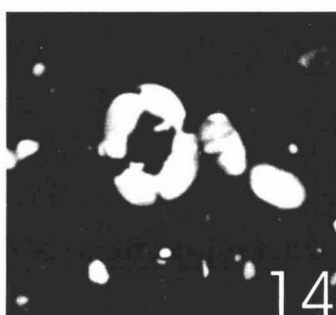
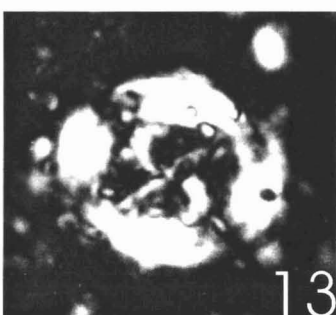
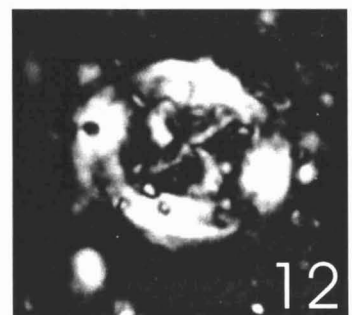
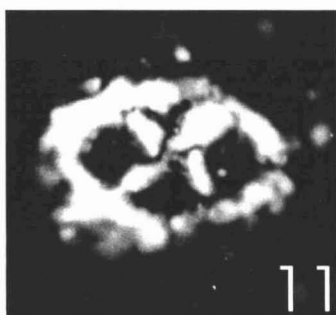
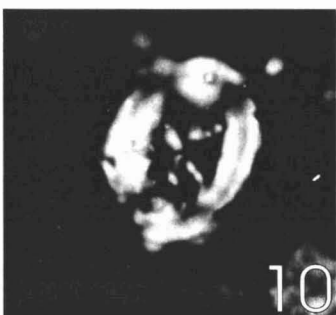
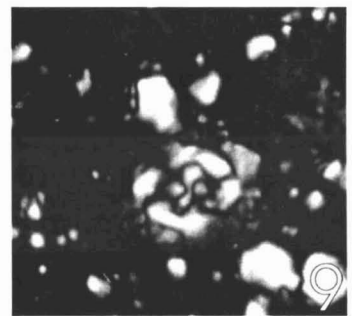
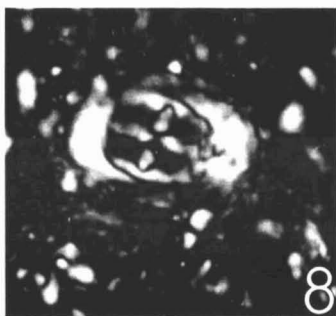
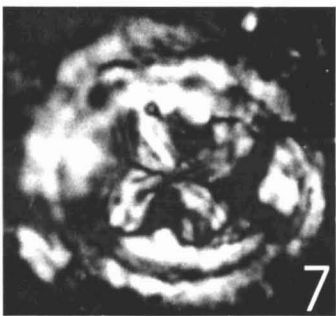
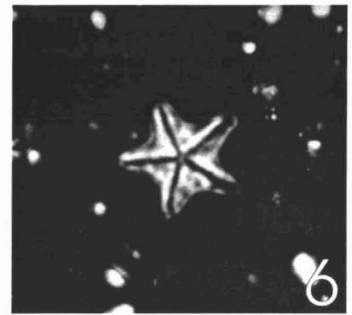
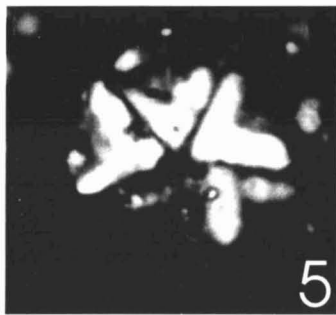
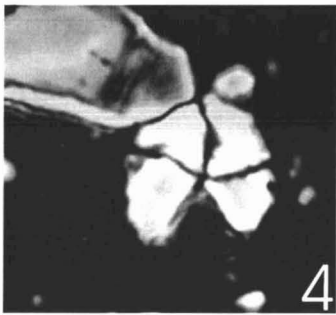
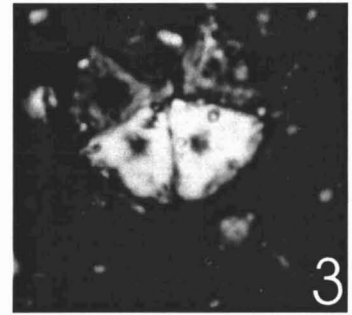
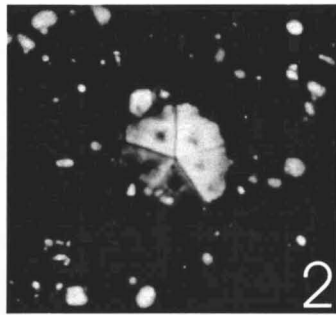
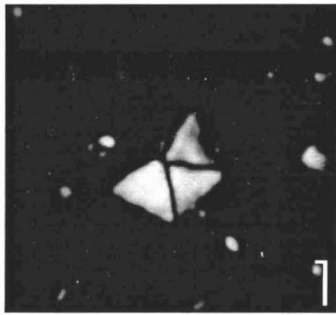


LÁMINA 2

Todos los especímenes se ilustran con aumentos de 5 000 X

1. *Coccolithus formosus* (Kamptner, 1963) Wise (1973). IGM-1055-Mi. Vista distal 0°. Muestra 7a.
2. *Coccolithus ovalis* (Black, 1964) Ladner & Wise, 2002. IGM-1056-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 2a.
3. *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller (1930). IGM-1057-Mi. Vista distal 0°. Muestra 8a.
4. *Coronocyclus prionion* (Deflandre & Fert, 1954) Stradner in Stradner & Edwards (1968). IGM-1059-Mi. Vista distal 0°. Muestra 56b.
5. *Ericsonia robusta* Bramlette & Sullivan, 1961) Wise *et al.*, 2002. IGM-1073-Mi. Vista distal 0°. Muestra 4b.
6. *Markalius inversus* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Martini (1964). IGM-1083-Mi. Vista distal 0°. Muestra 4a.
7. *Discoaster barbadiensis* Tan (1927). IGM-1069-Mi. Vista distal 0°. Muestra 21a.
8. *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel (1954). IGM-1070-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 32a.
9. *Discoaster mohleri* Bukry & Percival (1971). IGM-1071-Mi. Vista distal 0°. Muestra 18a.
10. *Discoaster septemradiatus* Klumpp, 1953) Martini (1958). IGM-1072-Mi. Vista proximal 0°. Muestra 47b.
11. *Fasciculithus involuthus* Bramlette & Sullivan (1961). IGM-1075-Mi. Vista distal 0°. Muestra 2a.
12. *Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler in Hay *et al.* (1967). IGM-1076-Mi. Vista distal 0°. Muestra 1a.
13. *Helicosphaera lophota* Bramlette & Sullivan (1961). IGM-1078-Mi. Vista distal 45°. Muestra 5a.
14. *Helicosphaera seminulum* Bramlette & Sullivan (1961). IGM-1079-Mi. Vista distal 45°. Muestra 5a.
15. *Pontosphaera multipora* (Kamptner, 1948) Roth (1970). IGM-1090-Mi. Vista distal 0°. Muestra 56b.

LÁMINA 2

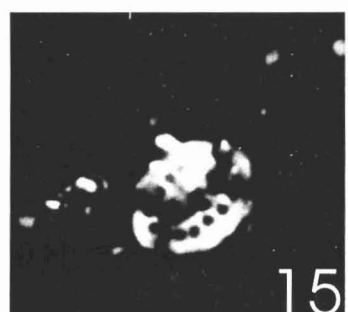
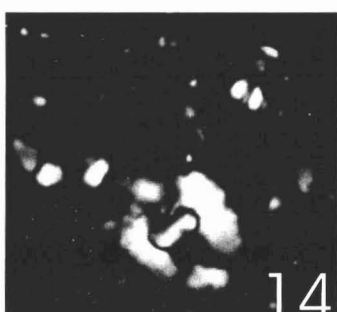
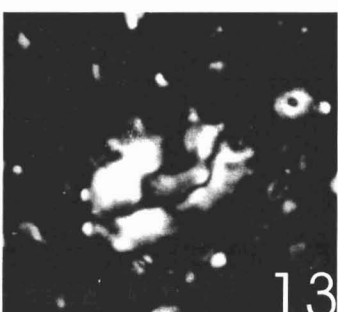
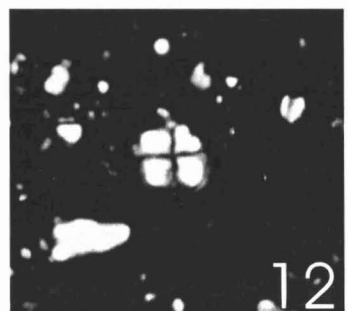
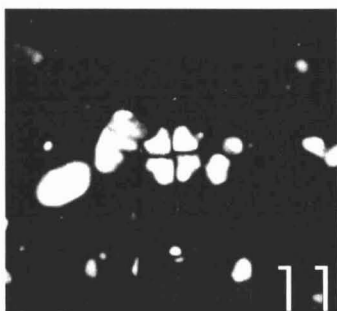
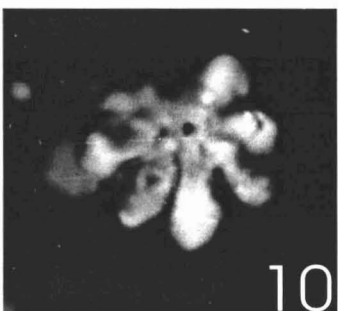
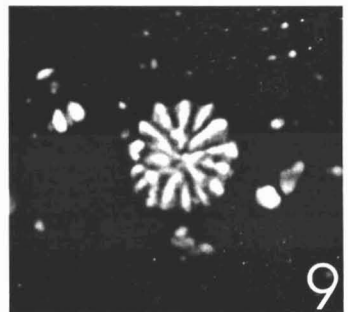
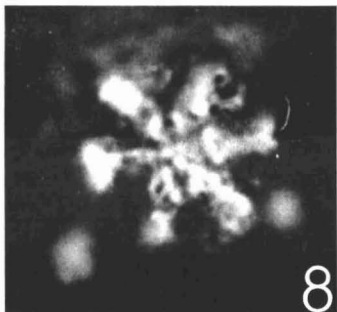
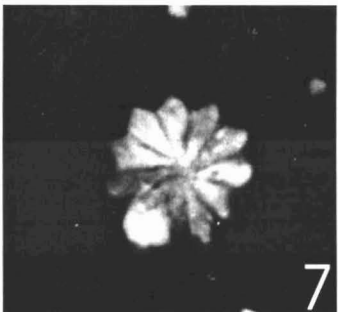
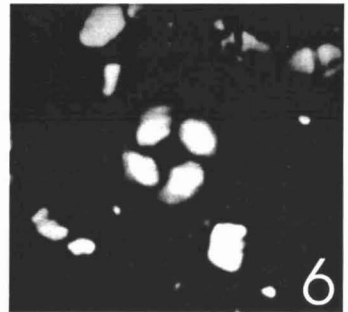
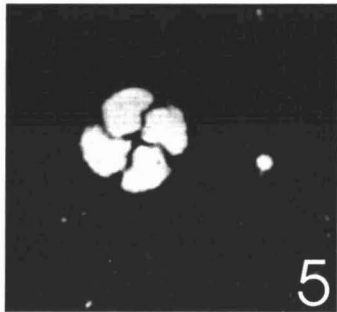
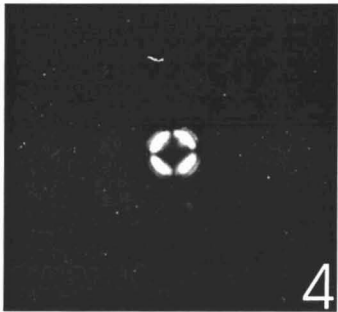
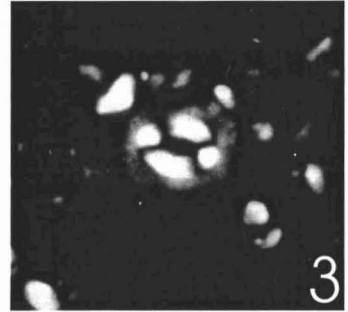
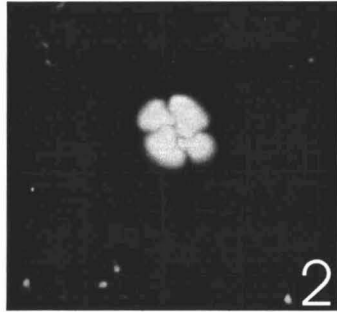
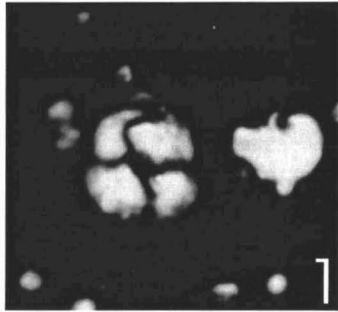


LÁMINA 3

Todos los especímenes se ilustran con aumentos de 5 000 X

1. *Pontosphaera ocellata* (Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen (1984). IGM-1091-Mi. Vista distal 0°. Muestra 35b.
2. *Pontosphaera pectinata* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood (1974). IGM-1092-Mi. Vista distal 45°. Muestra 20b.
3. *Pontosphaera plana* (Bramlette & Sullivan, 1961) Haq (1971). IGM-1093-Mi. Vista distal 0°. Muestra 15b.
4. *Pontosphaera punctosa* Bramlette & Sullivan, 1961) Perch-Nielsen (1984). IGM-1094-Mi. Vista distal 0°. Muestra 25a.
5. *Pontosphaera versa* (Bramlette & Sullivan, 1961) Sherwood, 1974. IGM-1095-Mi. Vista distal 0°. Muestra 56b.
6. *Transversopontis sigmoidalis* Locker (1967). IGM-1111-Mi. Vista distal 0°. Muestra 32a.
7. *Girsia gammation* (Bramlette & Sullivan, 1961) Varol, 1989. IGM-1077-Mi. Vista distal 0°. Muestra 20b.
8. *Hornibrookina edwardsii* Perch-Nielsen (1977). IGM-1080-Mi. Vista distal 0°. Muestra 7b.
9. *Reticulofenestra dictyoda* Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Stradner in Stradner & Edwards (1968). IGM-1096-Mi. Vista distal 0°. Muestra 56b.
10. *Reticulofenestra hapdenensis* Edwards (1973). IGM-1097-Mi. Vista distal 0°. Muestra 2a.
11. *Reticulofenestra scripsae* (Bukry & Percival, 1971) Roth, 1973. IGM-1098-Mi. Vista distal 0°.
12. *Toweius callosus* Perch-Nielsen (1971). IGM-1108-Mi. Vista distal 0°. Muestra 1a.
13. *Toweius pertusus* (Sullivan, 1965) Romein, 1979. IGM-1109-Mi. Vista distal 0°. Muestra 2a.
14. *Toweius selandianus* Perch-Nielsen (1979). IGM-1110-Mi. Vista distal 0°. Muestra 1a.
15. *Rhabdosphaera crebra* (Deflandre in Deflandre & Fert, 1954) Bramlette & Sullivan, 1961. IGM-1099-Mi. 0°. Muestra 12b.

LÁMINA 3

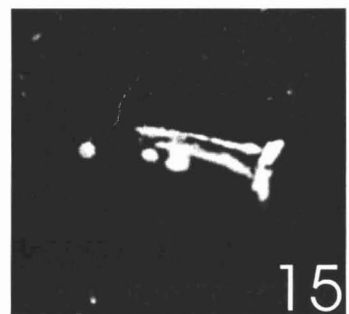
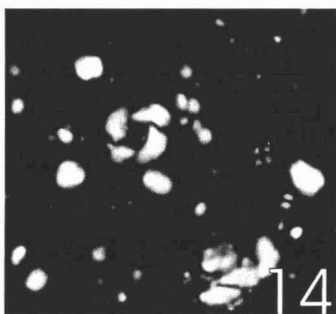
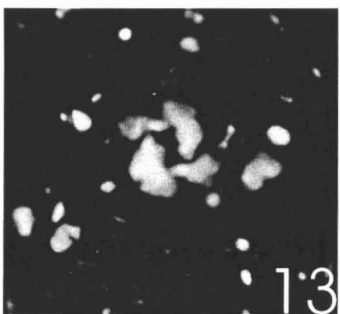
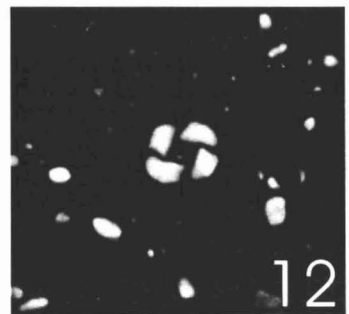
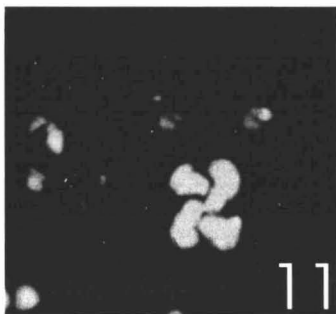
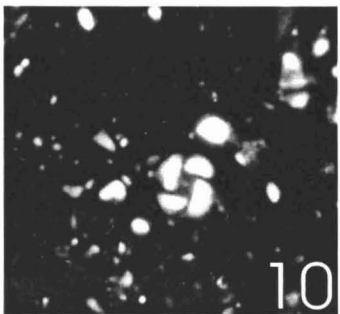
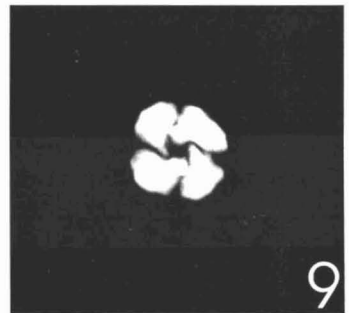
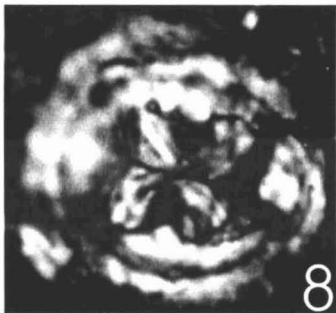
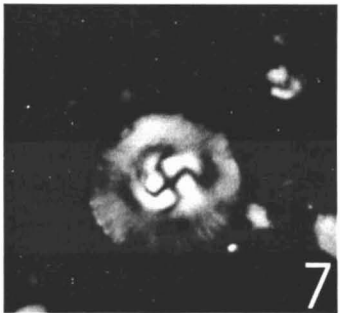
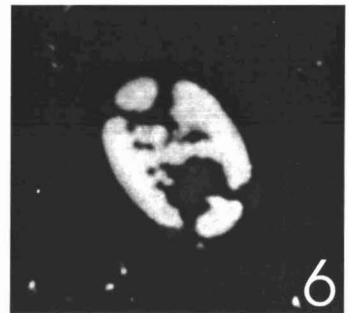
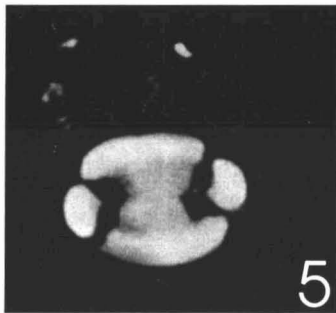
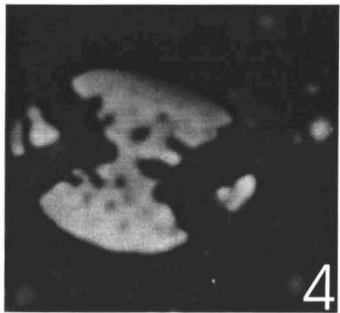
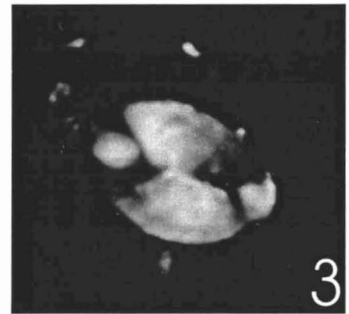
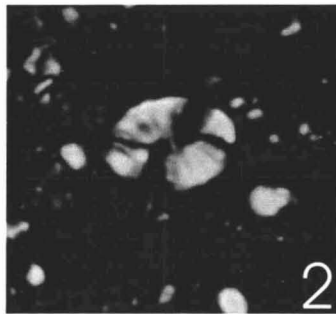
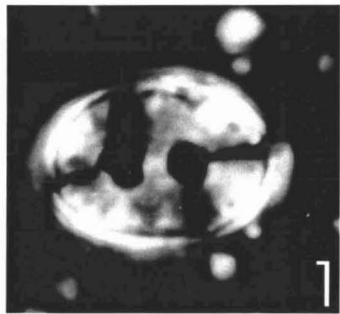


LÁMINA 4

Todos los especímenes se ilustran con aumentos de 5 000 X

1. *Rhabdosphaera inflata* Bramlette & Sullivan, 1961. IGM-1100-Mi. 0°. Muestra 14b.
2. *Rhabdosphaera pinguis* Deflandre in Deflandre & Fert (1954). IGM-1101-Mi. 0°. Muestra 14b.
3. *Rhabdosphaera truncata* Bramlette & Sullivan (1961). IGM-1102-Mi. 0°. Muestra 1a.
4. *Sphenolithus anarrophus* Bukry & Bramlette (1969). IGM-1104-Mi. 0°. Muestra 1a.
5. *Sphenolithus editus* Perch-Nielsen in Perch-Nielsen *et al.* (1978). IGM-1105-Mi. 0°. Muestra 8a.
6. *Sphenolithus obtusus* Bukry (1971). IGM-1106-Mi. 45°. Muestra 6a.
7. *Sphenolithus radians* Deflandre in Grassé (1952). IGM-1107-Mi. 0°. Muestra 1b.
8. *Watznaueria barnesae* (Black, 1959) Perch-Nielsen, 1968. IGM-1112-Mi. Vista distal 0°. Muestra 13a.
9. *Watznaueria fossacincta* (Black, 1971) Bown in Bown and Cooper, 1989. IGM-1113-Mi. Vista distal 0°. Muestra 15b.
10. *Neochiastozygus digitosus* Perch- Nielsen (1971). IGM-1089-Mi. Vista distal 0°. Muestra 1a.
11. *Lanternithus minutus* Stradner (1962). IGM-1082-Mi. 0°. Muestra 12b.
12. *Scapholithus rhombiformis* Hay & Mohler (1967). IGM-1103-Mi. 0°. Muestra 14b.

LÁMINA 4

