



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

FACULTAD DE CIENCIAS

NANOPLANCTON CALCÁREO  
NEOGÉNICO DE LA ISLA SAN JOSÉ,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

ÁNGELES AURORA JIMÉNEZ MENDOZA



DIRECTORA DE TESIS: DRA. ANA LUISA CARREÑO

2015

Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## HOJA DE DATOS

1. Datos del alumno  
Jiménez  
Mendoza  
Ángeles Aurora  
55 54 05 85 55  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
306261893
2. Datos del tutor  
Dra.  
Ana Luisa  
Carreño
3. Datos del sinodal 1  
Dr.  
Frank Raúl  
Gío  
Argáez
4. Datos del sinodal 2  
Dr.  
José Luis  
Sánchez  
Zavala
5. Datos del sinodal 3  
M. en C.  
Violeta Amparo  
Romero  
Mayén
6. Datos del sinodal 4  
Dr.  
David Uriel  
Hernández  
Becerril
7. Datos del trabajo escrito  
Nanoplancton Calcáreo Neógeno de la Isla San José, Baja California Sur,  
México.  
82 pp.  
2015.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser mi *alma mater* desde hace nueve años, y la patrocinadora oficial de todas las emociones, locuras, distracciones y el amor que he vivido desde entonces.

Al Instituto de Geología, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, sobre todo por volverse una extensión de mi casa en los últimos tres años.

A la dirección General de Asuntos del Personal Académico, quien a través del Proyecto PAPIIT IN 102314 *¿Existió el protogolfo de California en el Mioceno medio?* proporcionó una beca para la realización de la presente tesis.

A los miembros de mi jurado, M. en C. Violeta Amparo Romero Mayén, Dr. Frank Raúl Gío Argáez, Dr. José Luis Sánchez Zavala y Dr. David Uriel Hernández Becerril por haber aceptado ayudarme, por el tiempo invertido en la revisión de mi proyecto y por sus consejos para mejorarlo.

A la bióloga Yolanda Hornelas Orozco por su excelente disposición y ánimo para tomar las fotografías en microscopio electrónico de barrido y sugerir una nueva técnica.

Al Dr. David Uriel Hernández Becerril por enseñarme la nueva técnica para la obtención de mis bichas.

A la M. en C. Adriana Yanet Miranda Martínez por confiar en mis manos su trabajo de campo y por todas las veces que me explicó la organización de sus datos.

A mi asesora, la Doc Carreño, por toda la paciencia y el conocimiento, por transmitirme su amor por la investigación y la enseñanza, pero sobre todo por la justicia y la realización de un trabajo digno y original, y como no puede faltar, por enseñarme a ¡no chuparle el calcio a la UNAM, ni a ella!.

A la Doctora María del Carmen Perrilliat por todo lo que aprendí a su lado durante mi servicio social.

A mí alocada compañera de cubo Jessy, por los consejos, los regaños, las distracciones, la compañía y todos esos momentos que pasamos picándonos el ojo.

A los profesores de toda mi educación académica y sobre todo a los de taller, que me enseñaron cosas muy valiosas de la carrera, pero los consejos de vida no los cambio por nada.

A los vecinos gratos y no tan gratos, del que fue mi hogar por tanto tiempo, “el cubo”, por ellos pase momentos divertidos y momentos no tan divertidos, me ayudaron a ser más paciente y a crear un desierto personal para así evitar sus distracciones.

A los amigos que conocí a lo largo de mi etapa estudiantil ya que todos dejaron algo en mí, bueno, malo y mezclado (mención honorífica a: Adán Ponce, Alejandro Jiménez, Aloisio Guerrero, Ángel Albarrán, Aketzalli González, Carlos Bermejo, Cristina Sandoval, Jane Eyre Nieto, Melissa Sánchez y Lyzbeth Rivera).

A las “muñecas” Violeta y Adri, por ser buenas personas conmigo.

A Choche, es decir, el Dr. Jesús Alvarado y al Alejandro Cristín, por esa salida al campo que cambio mi manera de ver el mismo.

A mis primos y mis tíos, sobre todo por no creer, gracias a ello impulsaron una eterna rebeldía, que a veces trajo cosas buenas y otras no tanto.

A los hermanos que la vida me dio, Alberto López Mendoza (Beto), Alejandra Velázquez Mondragón (Ale bikini), Andrea Peña de la Paz (el Kenny), Claudia Quiroz Torres (la Miau), Dalia García Alcántara (Dragón Teté), Denis Jacob Rosas Ponce (Jacobo), Fernando Trejo Rosas, Linda Trejo Rosas (Lin), Manuel Galicia Camacho (el Enano), Michel Montserrat Barrios Torres (Michela), Mónica Álvarez (Zuricata), Montserrat Ramírez (la Mija), Paulo Rodrigo Romo de Vivar Martínez (mí hermanito), Samantha Garcés Bernal (Samy), Sebastián García Alcántara (Cheba), que sin su amor incondicional y su apoyo quizá mi camino sería diferente.

A mis padres, por su amor, sabiduría, apoyo, en fin sin ellos no sería una Aurora, sin ellos no estaría aquí.

A mis abuelos Manuela Vega Camacho, Aurora Gutiérrez Gómez y Eligio Mendoza Patiño, quienes me han llevado hasta aquí, son el pilar de mi vida, mi gran razón de ser y mi ejemplo a seguir.

Por las muchas etiquetas, las risas, los llantos, por ser mi editora, por la familia/dinastía que hemos construido juntas, por ese pasado tan alocado, por este presente y el futuro que nos espera a la vuelta de cada esquina.

Aou

## DEDICATORIA

A mis padres María de los Ángeles Mendoza Gutiérrez y Agustín Jiménez Vega, que en todo momento me han apoyado, incluso cuando menos lo creí, ¡Los amo!.

A mis hijos, la Gran Dinastía Lauda-Ibargüengoitia: Krum Anastasio Cuperto Forest Liliano José María de las Flores y de la Luz Cortés, Muñeca, Greñitas, Anakin, Mjölñir Burzum Alucard Piggy José María de Jesús, Xomara, Canito, Benny Benito, Mhysa Khale, Manchas, Orión, Boreal, Florencio, Oreo Nicholai Severus Rex, Spock Altair Tiberius Kirk como el jamón, Ragnar Oberyn Valhalla, Ragnarok Frederick “Jerry”, Musha san, Gandalf Diego Nepomuseno y Elvis Coffito.

A la única persona que realmente he amado y que hoy, como siempre, estás aquí para compartir nuestros triunfos y fracasos.

El tiempo  
es un ente, un concepto, un número, una actitud, un fósil,  
un instante o toda la vida,  
es local y foráneo, es eterno y fugaz,  
es y está.

El tiempo dura lo que debe durar  
y depende de la escala con la que se mide (ecológica, geológica o poética).

Es un matiz de colores, un manchón, un arcoíris y un monzón.

Es lo que ya no está, lo que se ve y lo que tal vez será...

Un pedazo de locura y de razón.

Un trozo de pasado, una tormenta de presente y un golpe de futuro.

Es descifrar misterios y hacer nuevos.

Es descubrir y observar (sin importar el orden).

Es una reconstrucción de hechos, patrones y procesos,  
una falla, una Formación, un grupo, una especie, una roca,  
un mineral, un ambiente  
una vida y una muerte.

Aou

## RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio bioestratigráfico basado en la distribución de nanoplancton calcáreo presente en dos columnas sedimentarias medidas en la cuenca Palma Sola, Isla San José, Baja California Sur, México, con el objetivo de establecer la edad de estos depósitos y situarlos en un contexto cronoestratigráfico dentro de la evolución del Golfo de California.

Se identificaron 66 especies y con base en la presencia de *Gephyrocapsa* de talla reducida, *Reticulofenestra minuta*, *R. minutula*, *R. haqii*, *Pseudoemiliana lacunosa* y *P. ovata*, se asigna un rango de edad de 4-3.7 Ma, equivalente al Zancleano (Zona NN15 de Martini, 1971). Por la abundancia y distribución continua a través de la columna sedimentaria de *Coccolithus pelagicus* se determinó un ambiente de aguas frías asociadas a una zona de surgencia, que sugiere la posible presencia de la corriente de California, al menos hasta la zona de la Isla San José, durante el depósito de la misma.

**Palabras clave:** Isla San José, Golfo de California, nanoplancton calcáreo neogénico, surgencias.

## ABSTRACT

It was conducted a biostratigraphic study based on the distribution of calcareous nanoplancton present on two sedimentary column measures in the basin Palma Sola, San Jose Island, Baja California Sur, Mexico, with the objective of establish the age of these deposits and place them in a chronostratigraphic context within the evolution of the Gulf of California.

Sixty six species were identified and based on the presence of small *Gephyrocapsa*, *Reticulofenestra minuta*, *R. minutula*, *R. haqii*, *Pseudoemiliana lacunosa* y *P. ovata*, it is assigned an age range of 4-3.7 m.a., equivalent to Zanclean (Biozone NN15 of Martini, 1971). Because of the abundance and continuous distribution in the sedimentary column of *Coccolithus pelagicus*, it was determined an environment associated with a cold water upwelling zone, that suggests the possible presence of the current of California, at least in the area of the San Jose Island, during the deposition of it.

**Keywords:** San Jose Island, Gulf of California, calcareous nannoplankton, Neogene, upwelling.

## ÍNDICE

|  |      |
|--|------|
| HOJA DE DATOS                                      | II   |
| AGRADECIMIENTOS                                    | III  |
| DEDICATORIA  | VI   |
| RESUMEN  | VIII |
| ABSTRACT   | VIII |
| ÍNDICE   | 1    |
| ÍNDICE DE FIGURAS                                  | 3    |
| INTRODUCCIÓN                                       | 4    |
| Sistema de estudio                                 | 5    |
| Trabajos previos                                   | 10   |
| OBJETIVO   | 12   |
| MATERIAL Y MÉTODO                                  | 13   |
| Área de estudio                                    | 13   |
| Métodos  | 14   |
| RESULTADOS   | 23   |
| Sistemática  | 23   |
| Género <i>Gephyrocapsa</i>                         | 23   |
| Género <i>Helicosphaera</i>                        | 25   |
| Géneros <i>Scyphosphaera</i> y <i>Pontosphaera</i> | 27   |
| Nanoplancton calcáreo                              | 31   |
| Edad del depósito                                  | 36   |
| Ambiente de depósito                               | 40   |
| DISCUSIÓN  | 43   |
| CONCLUSIÓN   | 47   |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> | 48 |
| <b>ANEXO 1</b>                    | 67 |
| <b>Glosario</b>                   | 67 |
| <b>ANEXO 2</b>                    | 70 |
| <b>Listado de especies</b>        | 70 |
| <b>LÁMINAS</b>                    | 71 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figura 1</b>   | Clasificación de Nanoplancton Calcáreo Fósil   | 9  |
| <b>Figura 2</b>   | Localización de la Isla San José, BCS  | 14 |
| <b>Figura 3</b>   | Localización de las columnas sedimentarias   | 16 |
| <b>Figura 4</b>   | Columna Sedimentaria I, Isla San José, BCS   | 17 |
| <b>Figura 5</b>   | Columna Sedimentaria II, Isla San José, BCS  | 20 |
| <b>Figura 6</b>   | Esquema de <i>Gephyrocapsa</i>   | 24 |
| <b>Figura 7</b>   | Esquema de <i>Helicosphaera</i>  | 27 |
| <b>Figura 8</b>   | Esquema comparativo de Muroolito y Lopadolito  | 28 |
| <b>Figura 9</b>   | Esquema de <i>Scyphosphaera</i>  | 30 |
| <b>Figura 10</b>  | Esquema de <i>Pontosphaera</i>   | 31 |
| <b>Figura 11</b>  | Esquemas ilustrativos del glosario   | 69 |
| <b>Tabla 1</b>    | Distribución de especies de la Columna Sedimentaria I, Isla San José, BCS                    | 33 |
| <b>Tabla 2</b>    | Distribución de especies de la Columna Sedimentaria II, Isla San José, BCS                   | 35 |
| <b>Tabla 3</b>    | Alcances estratigráficos de las especies identificadas en la Isla San José, BCS              | 39 |
| <b>Tabla 4</b>    | Listado de especies  | 70 |
| <b>Lámina 1</b>   | Isochrysidales   | 73 |
| <b>Lámina 2</b>   | Coccolithales  | 75 |
| <b>Lámina 3</b>   | Zygodiscales   | 77 |
| <b>Lámina 3.2</b> | Zygodiscales   | 79 |
| <b>Lámina 4</b>   | Syracosphaerales, Discoasterales, Nanolitos <i>incertae sedis</i> y Dinoflagelados calcáreos | 81 |

## INTRODUCCIÓN

La península de Baja California está situada en la región noroeste de México, limitando al norte con el estado de California (EUA), al sur y occidente con el Océano Pacífico y al este con el Golfo de California. Se formó durante el Mioceno medio ( $\approx 15.97$  Ma) por la dinámica entre las placas Norteamérica y del Pacífico, que tuvo como consecuencia la abertura del Golfo de California, proceso que resulta de gran interés para la geología, la paleontología y es crucial para entender su diversidad marina y terrestre (INEGI, 2012).

De acuerdo con las reconstrucciones publicadas por varios autores (Oskin *et al.*, 2001 y Helenes *et al.*, 2009), la península de Baja California se ubicaba junto al continente en el Oligoceno y a partir del Mioceno medio se inicia una serie de procesos geológicos que originan la formación del protogolfo de California durante el Mioceno tardío y, más tarde durante el Plioceno y el Pleistoceno, llevan a la configuración del moderno Golfo de California con cuencas relativamente profundas y la formación, por procesos diferentes, de numerosas islas.

Algunas de estas islas estuvieron sumergidas durante la invasión del agua del Pacífico hacia el interior del nuevo golfo y al emerger conservaron parte de los sedimentos que se acumularon durante el período de sumersión, lo cual es fuente de información sobre el intervalo de tiempo que duró el depósito marino y las condiciones paleoceanográficas que prevalecieron durante ese período.

Para conocer la edad y el ambiente de depósito de las rocas marinas que afloran en la isla San José, es necesario estudiar los organismos asociados a estos sedimentos, incluyendo macro y microfósiles. Dentro de estos últimos, el nanoplancton calcáreo es ampliamente reconocido por ser un grupo que es abundante en sedimentos marinos y por su alcance estratigráfico corto que permite emplearlo con éxito en el fechamiento relativo de las rocas que lo contiene. La abundancia con la que se presentan estos microorganismos y su amplia distribución geográfica son coayudantes importantes en la reconstrucción paleoceanográfica y en estudios paleoclimáticos, particularmente en lo

concerniente a la inferencia de cambios de temperatura ([Berggren, 1998](#); [Armstrong y Brasier, 2005](#)), por lo que se pueden realizar interpretaciones paleoambientales de los depósitos sedimentarios.

Por lo anterior, este trabajo pretende contribuir al establecimiento del marco cronoestratigráfico del Golfo de California durante el Neógeno, mediante la identificación de las especies de nanoplancton calcáreo fósil presentes en las columnas sedimentarias que aflora en la isla San José, y establecer el ambiente de depósito.

### **Sistema de estudio**

Según [Lohmann \(1909\)](#) y [Stradne \(1961\)](#) el nanoplancton calcáreo fósil es un grupo artificial que incluye protistas marinos planctónicos que producen estructuras exoesqueletales de carbonato de calcio en forma de calcita, con un diámetro de 2-63  $\mu\text{m}$ , e incluye espículas, "calciesferas" (quistes calcáreos de dinoflagelados), estructuras atribuidas a grupos de afinidad incierta (como los discoastéridos, ceratolitos y pentolitos) y protistas incluidos en Haptophyta [Hibberd 1976](#).

La porción de las Haptophytas que producen estructuras calcáreas son los coccolitofóridos, lo cuales poseen dos cloroplastos marrones con un prominente núcleo entre ambos, dos flagelos de igual longitud y un haptonema (estructura flagelar presente entre los flagelos, con una organización de 6 ó 7 microtúbulos, y aparentemente usado para la captura de alimento). Mediante el aparato de Golgi, el cuerpo reticular y el núcleo, la célula segrega escamas orgánicas y "escudos" calcáreos que envuelven al organismo total o parcialmente, distinguiéndose dos formas diferentes de biocristalización: heterococolitos (con una arreglo en anillos con simetría radial y cristales de diferentes formas y tamaños) y los holococolitos (numerosos cristales de forma y tamaño similar), estadios, que a su vez, están asociados al modo de reproducción ([Armstrong y Brasier, 2005](#)).

Las Haptophytas se reproducen asexualmente por una división de la célula madre en dos células hijas proceso durante el cual producen principalmente holococolitos y, la reproducción sexual, mediante singamia, produciéndose mayoritariamente heterococolitos (Armstrong y Brasier, 2005), por lo que muestran dimorfismo en el ciclo de vida, así como una fase móvil y otra estática. Se ha reportado que algunas especies, como *Emiliania huxleyi*, presentan una fase desnuda y dependiendo de las condiciones oceanográficas pueden permanecer en la superficie del agua como parte del plancton o dirigirse al fondo (Houdan *et al.*, 2004), sin embargo, dicha fase no se conserva en el registro fósil (Carreño, com. pers).

Son organismos marinos generalmente planctónicos, y habitan desde ambientes litorales hasta el ambiente pelágico en la zona fótica (100-150 m en la columna de agua o donde aún penetra la luz solar); tienen una amplia tolerancia a los cambios de salinidad y se concentran en zonas de alta productividad orgánica como las zonas de surgencia o las de convergencia de corrientes ubicadas principalmente en el ecuador y a 45° de éste hacia el norte y al sur (Molina, 2002).

Las formas de los cristales de calcita, su disposición y distribución en el cocolito son el resultado de la tendencia de la calcita a cristalizar en romboedros; sin embargo, a veces pueden presentar variaciones morfométricas que pueden estar relacionadas a los cambios en las condiciones ambientales, tales como salinidad y temperatura, por ejemplo, las formas más calcificadas se encuentran en aguas cálidas y las menos calcificadas en aguas frías (Tappan, 1980). Los cristales que constituyen los cocolitos presentan distintas disposiciones de los ejes ópticos, dando lugar a diferentes figuras de interferencia, que con luz polarizada bajo nicols cruzados muestran una cruz negra, esta figura de interferencia es el resultado de las distintas morfologías y orientación de los cristales, por lo que algunos cocolitos no presentan birrefringencia ni figura de extinción (Tappan, 1980).

En el registro fósil el nanoplancton calcáreo se reconoce desde el Jurásico hasta el reciente; su abundancia en las rocas, la relativa facilidad de recuperación

del sedimento, la rápida evolución, el bajo endemismo, así como el corto alcance estratigráfico de las especies son un elemento indispensable para fechamientos relativos precisos y la correlación a nivel regional y local (Haq, 1998 y Arriaga, 2009). También proporcionan información básica para determinar el ambiente de formación del depósito, mediante el estudio de su (paleo)distribución, abundancia y diversidad, ya que estos parámetros están controlados por la temperatura de las aguas superficiales, corrientes, salinidad, aporte y tipo de nutrientes, luminosidad, turbulencia, corrientes de fondo, así como proximidad a la costa, por lo que son buenos indicadores de masas de agua y cambio climático debido a que las ligeras modificaciones ambientales afectan su distribución, abundancia y diversidad (Lancis-Sáez, 1998; García-Urbano, 2006 y Arriaga, 2009).

Para el estudio de los organismos actuales Cavalier-Smith (1981) propone ubicarlos dentro del Reino Chromista, sin embargo, los estudios moleculares proponen un esquema basado en relaciones filogenéticas, Adl *et al.* (2005) incluían a las haptophytas en el supergrupo Chromoalveolata, junto con Cryptophytas y Stramenopilos. Más tarde, Adl *et al.* (2012) revisan nuevamente la posición de estos grupos y resuelven que Chromoalveolata probablemente sea polifilético (Baurain *et al.*, 2010; Parfrey *et al.*, 2010 y Stiller *et al.*, 2009), por lo que lo eliminan y colocan a Haptophyta como Eukaryota *incertae sedis*.

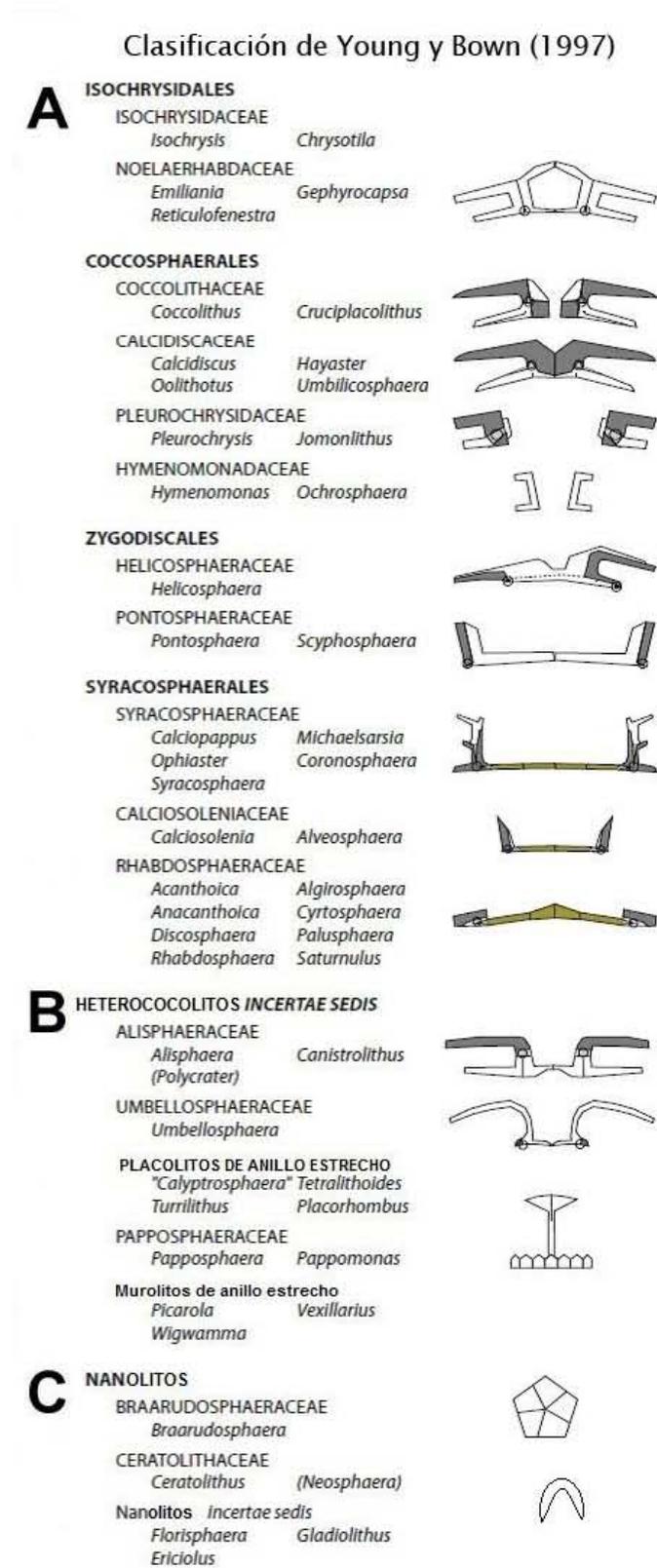
En lo que al nanoplancton calcáreo fósil se refiere, la clasificación propuesta por Young y Bown (1997a, b) (Figura 1) incluye, a las haptophytas extintas y a los organismos de afinidad con éstas, por lo que dicha clasificación es la que se emplea en la identificación de éste en el presente estudio.

Para el estudio del nanoplancton calcáreo fósil se reconocen tres grandes grupos:

**Haptophytas calcáreas** son protistas flagelados que forman la fracción más importante del nanoplancton actual, y en el registro fósil comprende las estructuras calcáreas que pueden preservarse completas, formando cocósfaras o más comúnmente como elementos individuales o cocolitos (Lohmann, 1902) (Figura 1a).

**Nanolitos** término usado para referirse a restos de estructuras calcáreas sin representantes actuales, con una talla similar a los cocolitos por lo que se suponen de afinidad con éstos, se cree forman parte de las haptophytas y que probablemente presentaban un proceso distinto de biomineralización al de heterococolitos y holococolitos, ya que además la mayoría presenta una relación entre la morfología y la orientación de los cristales, y los patrones de distribución sugieren un origen planctónico (Young *et al.*, 1999) (Figura 1b).

***Incertae sedis*** son un grupo de nanofósiles calcáreos, con una gran diversidad de formas, sin ninguna relación aparente con los órdenes de Haptophyta actuales. Este conjunto muestra características morfológicas y orientación cristalográfica afín a cocolitos, sin embargo, por carecer de representantes actuales no es posible situarlos dentro de la filogenia de las haptophytas (Young *et al.*, 1999) (Figura 1c).



**Figura 1.** Clasificación para coccolitoforidos extintos, usada en el presente trabajo. Modificado de Young y Bown (1997a, b).

## Trabajos previos

En México son escasos los trabajos con nanoplancton calcáreo fósil. En particular para el área de la península de Baja California, se ha citado en algunos trabajos sobre geología, donde es empleado para establecer la edad de los depósitos y muy pocos tratan exclusivamente con el estudio del grupo, entre ellos se puede mencionar el de [Coleman \(1979\)](#) quien realizó un análisis bioestratigráfico asignando a la formación Tepetate un rango de edad desde el Maastrichtiano al Eoceno temprano. [Colleta y Angelier \(1981\)](#) asignan con base en la nanoflora una edad pliocénica temprana, equivalente a la Zona NN12 *Amaurolithus tricorniculatus* de [Martini \(1971\)](#), para la parte inferior y media de la Formación Tirabuzón en Santa Rosalía.

[Viñas \(1982\)](#) efectuó un estudio bioestratigráfico para PEMEX en la parte septentrional del Golfo (Pozo Extremeño-301), determinando que los sedimentos pertenecen al Pleistoceno. Más tarde esta misma autora ([Viñas, 1985](#)) determina una edad pleistocénica para los sedimentos recuperados en el Norte de la Cuenca de Altar (Pozos Río Colorado y Tebari-1), Sonora.

[Carreño \(1992a, b\)](#) llevó a cabo estudios bioestratigráficos empleando entre otros microfósiles al nanoplancton calcáreo en rocas de la Formación El Cien, asignando una edad del Oligoceno tardío al Mioceno tardío y en la Formación Trinidad del área de Santiago, cerca de los Cabos, cuya edad va del Mioceno tardío al Plioceno medio. Empleando microfósiles calcáreos y orgánicos [Vázquez-Hernández et al. \(1996\)](#) asignan una edad miocénica-pliocénica a las rocas de la Formación Imperial en el área de Laguna Salada.

[Gastil et al. \(1999\)](#) ubican a las rocas marinas localizadas al suroeste de Isla Tiburón en el límite Mioceno-Plioceno. [Martín-Barajas et al. \(2001\)](#) asignan una edad miocénica tardía a las rocas marinas de Laguna Salada. [García-Cordero \(2005\)](#) y [García-Cordero y Carreño \(2009\)](#) asignan a la base de la formación Tepetate una edad correspondiente al Paleógeno (50.4-49 Ma) con base en estos microfósiles.

En la Isla del Carmen, Kling (en [Dorsey et al., 2001](#)) revisó muestras pertenecientes a la sección Punta Perico, localizada al norte de la isla, asignando el conjunto de nanofósiles calcáreos a la Zona CN12 *Discoaster brouweri* de [Burkry \(1973, 1975\)](#) con una edad de 3.5-3.1 Ma ([Dorsey et al., 2001](#)).

Kling (en [Umhoefer et al., 2007](#)) analiza el nanoplancton calcáreo de las muestras recolectadas en la lodolita “La Gata” de la cuenca Palma Sola, Isla San José, determinando una edad equivalente a la Zona CN12a *Discoaster tamalis* del esquema zonal de [Burkry \(1973, 1975\)](#), [Umhoefer et al. \(2007\)](#) dan una edad consensuada con foraminíferos planctónicos, diatomeas y silicoflagelados de 2.4-2.5 Ma.

[McDougall \(2008\)](#), con base en foraminíferos bentónicos y planctónicos y nanoplancton calcáreo, establece una edad de Mioceno tardío para las incursiones marinas que inundaron el área del Salton Trough.

## OBJETIVO

Este estudio constituye una revisión de la edad asignada por [Umhoefer \*et al.\* \(2007\)](#) para las unidades marinas que afloran en Isla San José, Baja California Sur, México, presentando la distribución de las especies de nanofósiles a lo largo de dos columnas litoestratigráficas medidas en las cuencas Palma Sola y Punta Colorada (La Gata Mudstone de [Umhoefer \*et al.\*, 2007](#)), llevando a cabo una actualización de los alcances bioestratigráficos de las especies índices e ilustrando, las especies identificadas.

Con lo anterior se pretende cumplir con el siguiente objetivo

- ❖ Documentar la nanoflora fósil presente a lo largo de dos columnas sedimentarias que afloran en la Isla San José y contribuir al marco cronoestratigráfico asociado a la evolución del Golfo de California durante el Neógeno, mediante el análisis bioestratigráfico de ésta.

y con las metas siguientes:

- Fechar las columnas sedimentarias de acuerdo con los alcances estratigráficos de las especies de nanoplancton calcáreo presentes y su distribución a lo largo de las columnas sedimentarias.
- Establecer el ambiente de depósito identificando las asociaciones de nanoplancton calcáreo contenidas en los sedimentos.
- Correlacionar ambas columnas.

## MATERIAL Y MÉTODO

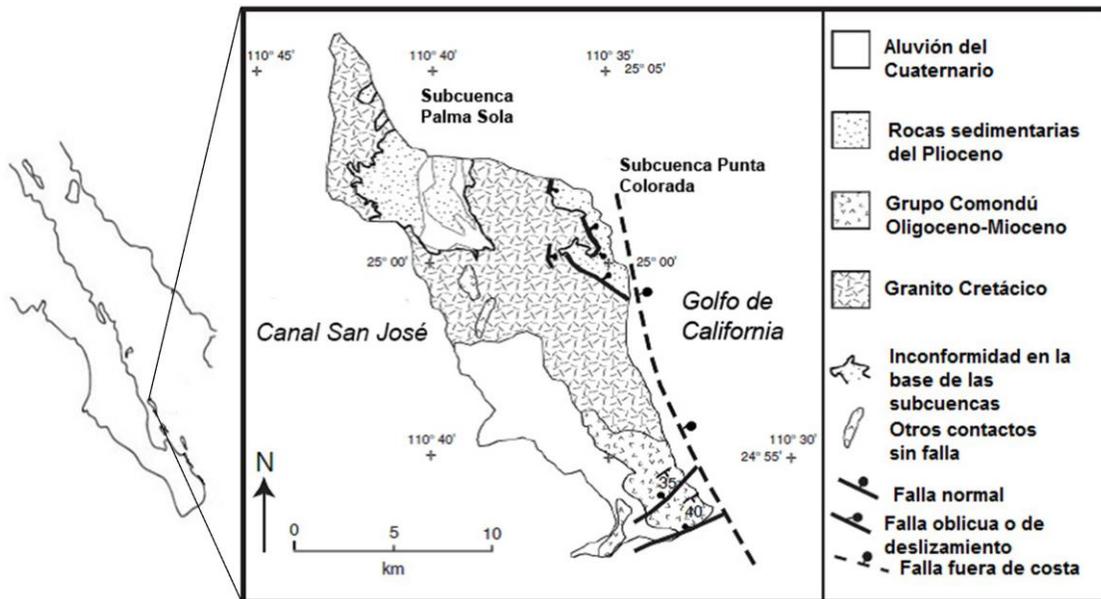
### Área de estudio

La Isla San José se ubica al norte de la Bahía de la Paz ( $24^{\circ} 52'$  y  $25^{\circ} 06'$  N y  $110^{\circ} 43'$  y  $110^{\circ} 35'$  O; Figura 2); a una distancia de 4.61 km de la península, separadas por el canal San José con una profundidad mínima de 60 m. El área de la isla es de aproximadamente  $187.16 \text{ m}^2$  y tiene una elevación central de 633 msnm; presenta una topografía variada que incluye acantilados, caletas, costas altas y playas arenosas, dando como resultado un hábitat heterogéneo, así como una amplia diversidad de flora y fauna (González *et al.*, 1988).

Algunos de los trabajos en la isla incluyen el reporte de los microfósiles recolectados durante las expediciones llevadas a cabo por la Academia de Ciencias de California en 1921 y en 1923 y estudiadas posteriormente por Hanna y Hertlein (1927); el hallazgo de *Rhyncotherium* (elefántido) del Pleistoceno que de acuerdo con Applegate y Carranza-Castañeda (1983) podría indicar que durante este tiempo la isla estaba emergida y unida a la península. Puy-Alquiza (1992) realiza un mapeo preliminar de la isla y establece que está principalmente constituida por un granito cretácico (Figura 2) que hacia el sur se encuentra cubierto por rocas volcánicas y sedimentarias del Oligoceno-Mioceno del Grupo Comondú. Hacia el norte en las cuencas de Palma Sola y Punta Colorada el granito se encuentra discordantemente sobreyacido por rocas marinas neogénicas (Umhoefer *et al.*, 2007).

Umhoefer *et al.* (2007) mapean la isla y establecen de manera general que el granito cretácico está sobreyacido por ocho unidades : (1) un conglomerado que yace discordante sobre el granito; (2) conglomerado y arenisca; (3) arenisca masiva moderadamente fosilífera; (4) arenisca fosilífera y conglomerado; (5) arenisca fosilífera; (6) arenisca estratificada y calcarenita, arenisca con estratificación cruzada; (7) lodolita “La Gata”, y discordantemente, (8) calcarenita, sobreyacidas a su vez en discordancia por aluvión cuaternario.

De acuerdo al contenido de foraminíferos, nanoplancton calcáreo, diatomeas y silicoflagelados, así como el análisis de una toba por  $Ar^{40}/Ar^{39}$  Umhoefer *et al.* (2007) establecen una edad consenso para la lodolita “La Gata” del Plioceno tardío (2.4-2.5 Ma).



**Figura 2.** Localización y mapa geológico del área de estudio, Isla San José, Baja California Sur, México. Modificado de Umhoefer *et al.* (2007).

## Métodos

Las columnas sedimentarias del presente estudio fueron levantadas en la localidad de cuenca Palma Sola, en la Isla San José, Baja California Sur, por la M. en C. Adriana Y. Miranda Martínez, en octubre de 2011. Se recolectaron un total de 49 muestras, con las siguientes coordenadas: Columna I (10 muestras) 25°03'38.3"N y 110°40'51.5"W (Figura 3 y 4), Columna II (39 muestras) 25°03'43"N 110°40'57.17"W (Figura 3 y 5).

El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Sedimentología y Micropaleontología del Instituto de Geología, UNAM, de acuerdo

con la técnica de frotis de [Perch-Nielsen \(1985\)](#), la cual consiste en disolver 1 gr de sedimento en 3 ml de agua deionizada, se agita la mezcla y se deja reposar 10 minutos. Posteriormente, se realiza una dilución al 75% con pipeta Pasteur y se pone en un tubo de ensayo, se agita y se vierte una gota en un portaobjetos puesto sobre una parrilla eléctrica, se dejar evaporar el agua y se coloca Bálsamo de Canadá y un cubreobjetos. Se ponen en un horno a 60 °C hasta que estén secas. Finalmente, se limpian las laminillas del exceso de bálsamo con xilol, se etiquetan y se marcan con lápiz de diamante.

Las muestras se revisaron bajo un microscopio petrográfico Olympus, modelo BH-2; para la observación se usó luz normal y luz polarizada y una cuña de  $\frac{1}{2} \lambda$  de yeso de 530 nm de retraso de longitud de onda, para observar los ejemplares no birrefringentes; respecto a los aumentos se usó el 40x y 100x a inmersión, utilizando aceite de la marca Zeiss con un índice de refracción de  $N_D-1-515$ .

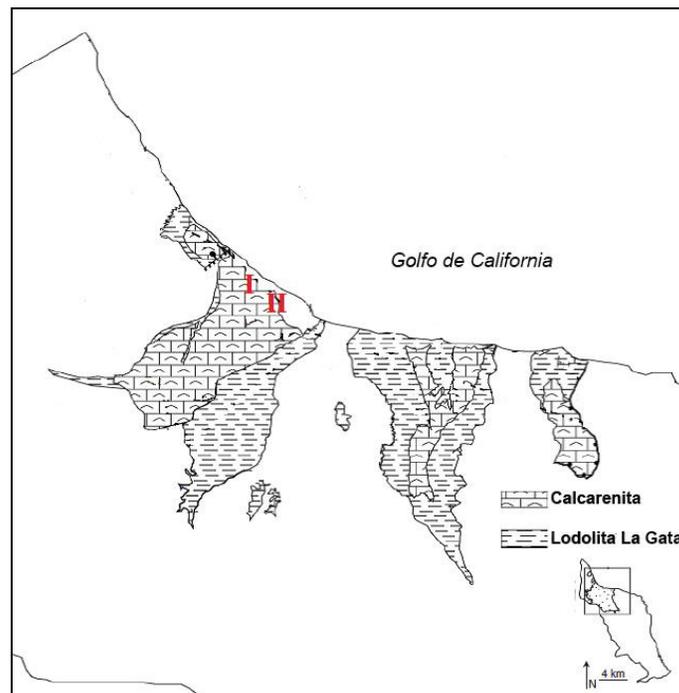
Se identificaron las especies siguiendo los criterios propuestos por [Bramlette y Sullivan \(1961\)](#), [Bramlette y Wilcoxon \(1967\)](#), [Bukry \(1971\)](#), [Gartner \(1971\)](#), [Nannotax3 \(2014\)](#), [NannoWare versión 1.3 \(2004\)](#), [Perch-Nielsen \(1977, 1985\)](#) y [Sullivan \(1965\)](#).

Se tomaron imágenes de todas las especies identificadas durante el proceso de observación de las muestras, mediante una cámara digital Carl Zeiss con resolución de 1.4 megapixel en tiempo real del campo visual abarcado por la cámara en la PC mediante el *software* AxioVision 4.8. Algunas especies de tamaño muy reducido fueron fotografiadas, empleándose un microscopio electrónico de barrido de la marca JEOL, modelo JSM 6360LV siguiendo la técnica sugerida por la Biól. Yolanda Hornelas Orozco del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Dicha técnica es una adaptación de la empleada por [Perch-Nielsen \(1985\)](#) y [Bollmann \*et al.\* \(2002\)](#), donde el sobrenadante se filtra a través de una membrana de celulosa (Millipore de 25 mm de diámetro y 0.45  $\mu\text{m}$  de poro) y se enjuaga con agua Mili-Q. Se deja secar a temperatura ambiente y se recubre con

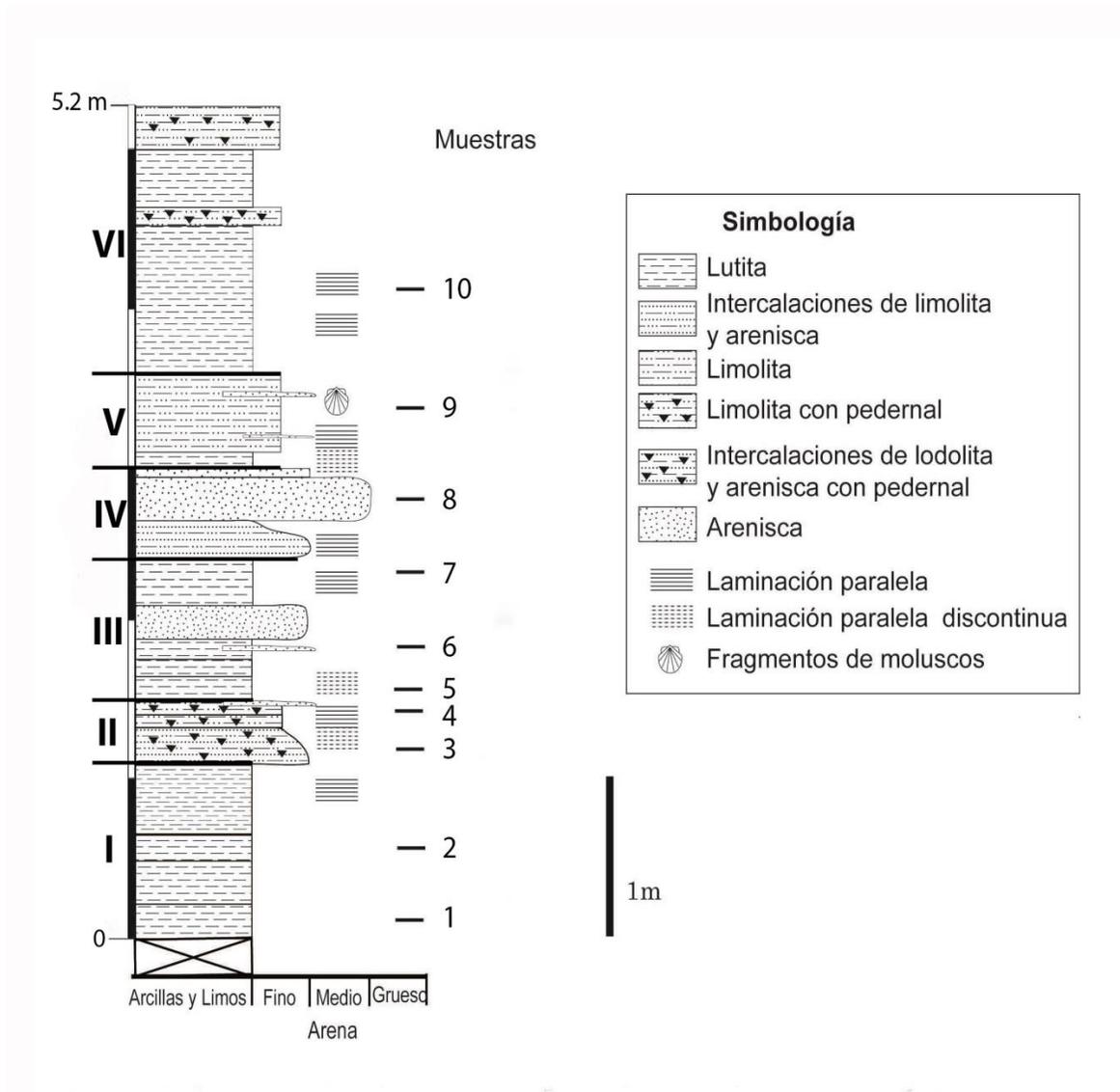
oro paladio mediante una ionizadora fina marca JEOL JFC-1100. Este procedimiento se realizó con la supervisión del Dr. David Uriel Hernández Becerril en el Laboratorio de Diversidad y Ecología del Fitoplancton del ICMYL. Posteriormente, se hicieron muestras fijas con la membrana de celulosa, para lo que ésta fue transparentada con aceite de inmersión y bálsamo de Canadá, se cubrieron con un cubreobjetos y se colocaron en un horno a 60°C.

Se integraron los resultados haciendo una propuesta de la edad y del ambiente de depósito de las columnas sedimentarias y se discutieron los resultados dentro del contexto paleobiogeográfico del Golfo de California.

Se depositaron archivos digitales de las especies identificadas (IGMD 95 Mi-IGMD 160 Mi) y laminillas de cada muestra (IGML 150 Mi-IGML 247 Mi) en la Colección de Paleontología del IG, UNAM, para permitir la verificación del concepto de cada especie aquí empleado, así como su actualización o modificación, en cualquier momento.



**Figura 3.** Localización de las columnas sedimentarias. Modificado de [Umhoefer et al. \(2007\)](#).



**Figura 4.** Columna sedimentaria I de la cuenca Palma Sola, Isla San José, Baja California Sur, México (25°03'38.3"N y 110°40'51.5"W).

La columna sedimentaria I de la cuenca Palma Sola (Loc. IGM-3938), se localiza al noreste de la Isla San José, de las dos columnas medidas, es la que se encuentra al sur. La columna tiene un espesor total de 518.7 cm, para su descripción se dividió en seis unidades descritas, de la base a la cima, como unidad I-VI. Cabe destacar que las relaciones de contacto en la base y la cima de la columna no están expuestas, así como la presencia de carbonato de calcio en las muestras 6, 8 y 9, pertenecientes a las unidades III, IV y V, respectivamente.

Unidad I con un espesor total de 108.5 cm compuesta por lutita masiva en estratos cuyo grosor varía entre los 15 y 42 cm; en la parte superior presenta laminación paralela. Tiene un contacto superior concordante, con superficie paralela. Se registró nanoplancton calcáreo.

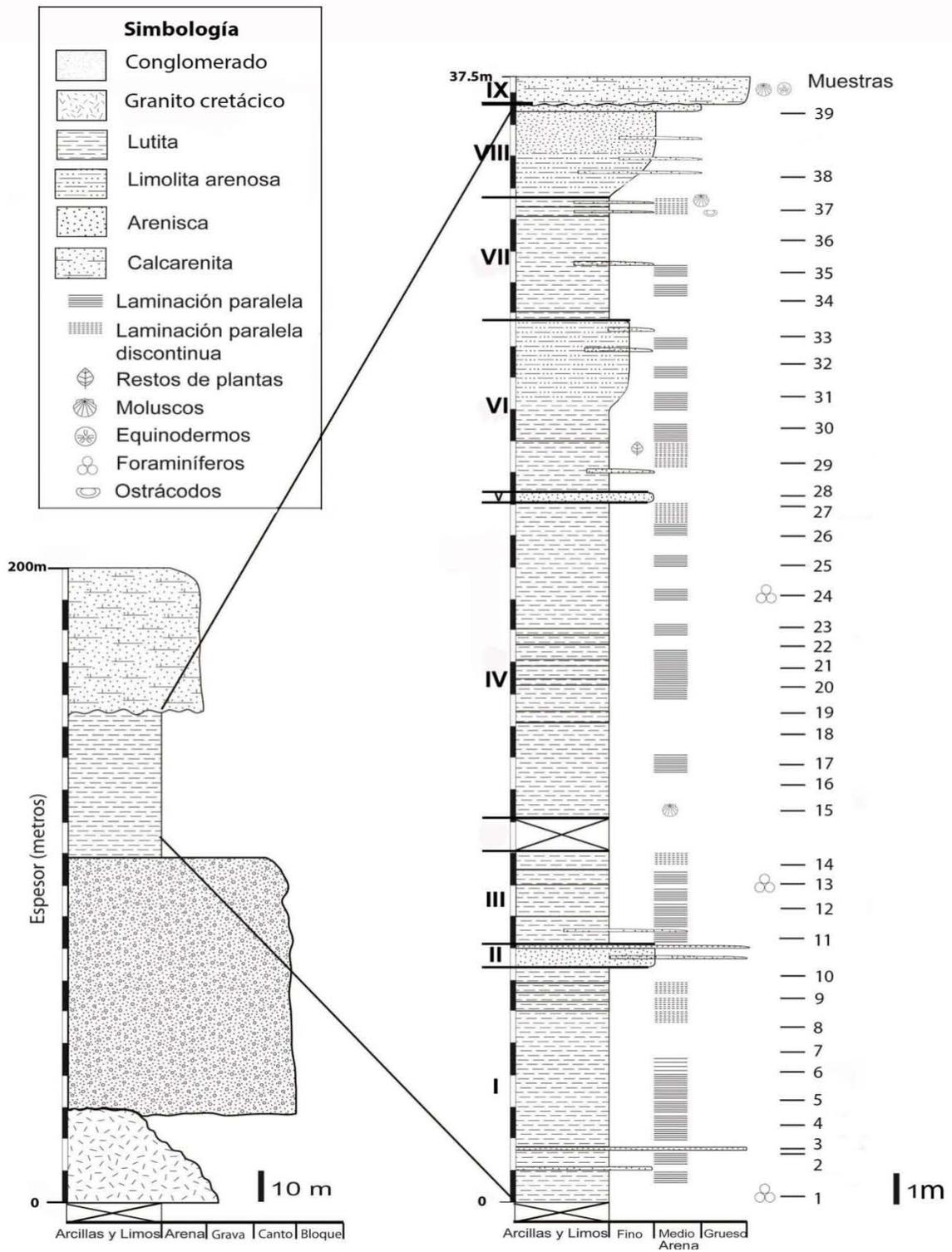
Unidad II se compone en su parte inferior de intercalaciones de lodolita y arenisca de grano fino con pedernal y laminación paralela discontinua. La parte superior está compuesta por limolita con pedernal con laminación continua y un lente de arenisca de grano fino, los espesores de los cuerpos decrecen de 22.8 a 8.2 cm. El grosor total de la unidad es de 39.5 cm. Tiene un contacto superior concordante, con superficie paralela. Se registra nanoplancton calcáreo.

Unidad III compuesta en la base por 12 a 15.6 cm de lutita, con laminación paralela discontinua, un lente de arenisca de grano fino en la parte media de la unidad, sobreyacen dos estratos, uno de arenisca de grano fino y uno de lutita, de 23.2 y 28 cm de grosor, respectivamente. El espesor total de la unidad es de 90.8 cm. Tiene un contacto superior concordante, con superficie paralela. Hay presencia de nanoplancton calcáreo.

Unidad IV consiste, en la base, de 22.8 cm de intercalaciones de limolita y arenisca de grano fino con laminación paralela. La cima está compuesta por arenisca de grano medio que gradúa a fino con estratificación masiva en espesores de 27 a 5.7 cm, respectivamente. El grosor total de la unidad es de 57.1 cm. Tiene un contacto superior concordante, con superficie paralela. Se registró nanoplancton calcáreo.

Unidad V compuesta en la base de 10 cm de lutita con laminación paralela discontinua, sobreyacida por limolita con laminación paralela continua; tiene un espesor de 48.5 cm. En la cima se observa lentes de arenisca de grano fino con fragmentos de moluscos. Tiene un contacto superior concordante, con superficie paralela. El grosor total es de 58.5 cm. Se registró nanoplancton calcáreo

Unidad VI compuesta por lutita con laminación paralela continua. En la parte superior se observa intercalaciones de limolita con pedernal. El espesor total de la unidad es de 165.7 cm. Se desconoce el contacto superior. Se registró nanoplancton calcáreo.



**Figura 5.** Columna sedimentaria II de la cuenca Palma Sola, Isla San José, Baja California Sur México (25°03'43"N 110°40'57.17"W).

La columna sedimentaria II de la cuenca Palma Sola (Loc. IGM-3939), se localiza al noreste de la Isla San José, y de las dos columnas medidas, es la que se ubica al norte. La columna tiene un espesor total de 3708.5 cm, para su descripción la columna estratigráfica II se dividió en nueve unidades (Figura 4), que de la base a la cima son: unidad I-IX. Cabe destacar la presencia de carbonato de calcio en casi todas las muestras, con excepción de las muestras 13, 26 y 27 pertenecientes a las unidades III y IV, respectivamente.

Unidad I, representa la base de la columna, está compuesta por lutita con laminación paralela continua con intercalaciones de poco más de 15 cm de arenisca de grano medio y grueso. En la parte inferior el espesor de la lutita es de 109 cm, hacia la cima ésta ocurre en estratos de 27.2 a 445.4 cm con laminación paralela discontinua. El espesor total de la unidad es de 772.7 cm. Se registraron foraminíferos y nanoplancton calcáreo.

Unidad II compuesta por arenisca de grano fino con estratificación masiva de 72.7 cm. En la parte media y superior se observa lentes de arenisca de grano grueso. El espesor total de la unidad es de 72.7cm. No contiene microfósiles.

Unidad III con espesor de 309 cm, formada por lutita con laminación paralela continua en estratos que varían de 45.4 a 109 cm de grosor, en su base se observa un cuerpo lenticular de arenisca de grano grueso. Hay una disminución hacia la cima del espesor de los estratos, presentando en ésta, laminación paralela discontinua. Se registran foraminíferos y nanoplancton calcáreo.

Sección arriba, la roca no se encuentra expuesta por aproximadamente 109 cm.

Unidad IV compuesta en su parte inferior por 318.1 cm de lutita masiva con laminación paralela continua y restos de moluscos, su parte media por 90.9 a 18.1cm de lutita estratificada, la parte superior compuesta por lutita masiva con laminación paralela continua y discontinua con un grosor de 418.1 cm. El espesor

total de la unidad es de 1036.3 cm. Se registran foraminíferos y nanoplancton calcáreo.

Unidad V es un cuerpo de arenisca de grano medio con un espesor de 36.3 cm. No se observan estructuras primarias. Se registran foraminíferos y nanoplancton calcáreo.

Unidad VI compuesta en su base por lutita masiva con laminación paralela continua y discontinua y restos de plantas. Se observa un lente de arenisca de grano fino. La lutita gradúa transicionalmente hacia su cima a limolita masiva con laminación paralela continua y lentes de arenisca de grano fino. El espesor total es de 563.6 cm. La unidad presenta foraminíferos y nanoplancton calcáreo.

La Unidad VII es una lutita con espesores que varían de 345.4 a 34.5cm, hacia la base es masiva y presenta laminación paralela continua y un lente de arenisca de grano fino. En la cima la lutita ocurre en estratos de 34.5 a 36.3 cm con laminación paralela discontinua, lentes de arenisca de grano fino y restos de moluscos y ostrácodos. El grosor total es de 409 cm. La unidad presenta foraminíferos y nanoplancton calcáreo.

Unidad VIII consiste de una limolita masiva con espesor de 145.4 cm con lentes de arenisca de grano medio que varía transicionalmente a una arenisca masiva de grano fino de 141.8 cm. Sobreyace un estrato de arenisca de grano medio de 21.8 cm. El grosor total es de 1036.3 cm. Se registran foraminíferos y nanoplancton calcáreo.

Discordante sobre la Unidad VIII descansa una calcarenita de grano grueso de 90.9 cm de espesor con restos de moluscos y equinodermos.

## RESULTADOS

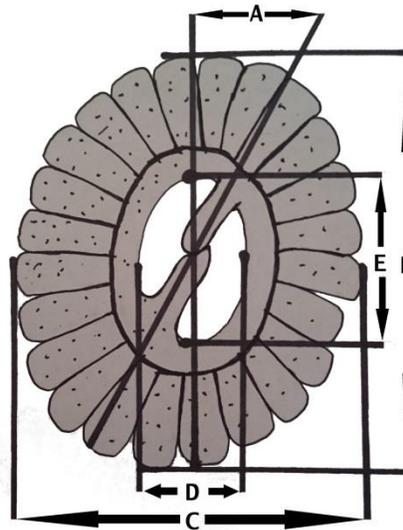
### Sistemática

El nanoplancton calcáreo registrado en ambas columnas fue identificado empleando la base de datos de [NannoWare versión 1.3 \(2004\)](#) y la página [Nannotax3 \(2014\)](#), así como literatura especializada. La mayoría de las especies pudieron ser reconocidas a nivel específico; sin embargo, de tres géneros: *Gephyrocapsa*, *Helicosphaera* y *Scyphosphaera* no fue posible asignar cada morfotipo registrado bajo el microscopio electrónico de barrido o en el microscopio petrográfico a una especie en particular debido a diferentes razones, que se discuten a continuación.

***Gephyrocapsa***.- El género tradicionalmente ha tenido problemas en su definición taxonómica. Para [Perch-Nielsen \(1971\)](#), este género y sus especies son placolitos sencillos, para otros autores son placolitos con un puente en el área central ([Gartner, 1977](#); [Haq et al., 1977](#) y [Raffi y Rio, 1979](#)) y otros los consideran como estructuras elípticas con cristales más pequeños en el área central ([Bukry, 1973](#) y [Pirini-Radrizzani y Valleri, 1977](#)). [Rio \(1982\)](#), define el género como placolitos entre 2-8  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un puente en el escudo distal, que se observa en el microscopio petrográfico como una barra diagonal brillante dispuesta en el área central.

Los principales criterios para la identificación del género incluyen: la talla del placolito completo; la proporción que guarda la abertura central y la forma y el ángulo del puente (Figura 6). Sin embargo, se ha observado una gran variedad en la morfología y en la talla. Actualmente, y debido en gran medida al uso de las especies de este género con fines bioestratigráficos, particularmente en el Pleistoceno y Cuaternario, en [Nannotax3 \(2014\)](#), el género ha sido re-definido como cocolito con una estructura similar a los géneros *Emiliania* y *Reticulofenestra* con un puente de unión formado a partir de tubos de elementos internos que

abarcan el área central; escudos generalmente sin hendiduras (como en *Emiliana*) entre los elementos.



**Figura 6.** El esquema ilustra los principales criterios para la clasificación del género *Gephyrocapsa*, A) ángulo del puente, respecto al eje mayor, B) longitud del eje mayor del placolito, C) longitud del eje menor del placolito, D+E) proporción del área central. Modificado de [Bollmann \(1997\)](#).

De acuerdo con [Young \(2003\)](#) se reconocen dentro de este complejo tres grupos: el de las *Gephyrocapsa* convencionales (*G. caribbeanica*, *G. ericsonii*, *G. lumina*, *G. muellerae*, *G. oceanica*, *G. omega*, *G. ornata*), *Gephyrocapsa* sp con puente elevado, y *Gephyrocapsa* de talla reducida o pequeñas (*Gephyrocapsa* small).

Las *Gephyrocapsa* pequeñas contiene especies menores a 2.5  $\mu\text{m}$  (diámetro del coccolito o longitud del eje mayor) incluyéndose las especies siguientes: *G. ericsonii*, *G. ornata* y *G. crassipons*, pero numerosos autores citan un número mayor de morfotipos dentro de las *Gephyrocapsa* pequeñas, incluidas formas muy similares a las de talla mayor a 2.5  $\mu\text{m}$  ([Nannotax3, 2014](#)).

Por su importancia en bioestratigrafía muchos autores siguen considerando en la práctica la propuesta de [Matsuoka y Okada \(1990\)](#) quienes señalan que se

consideran *Gephyrocapsa* pequeñas a todos aquellos especímenes de entre 2.0-3.5  $\mu\text{m}$  y que solamente, por su fácil reconocimiento y su potencial bioestratigráfico, se reconoce como entidad taxonómica separada a *G. protohuxleyi*.

Para el caso de las Localidades Palma Sola I y II, las especies de *Gephyrocapsa* bajo el microscopio electrónico de barrido han sido asignadas a: *G. protohuxleyi* con aberturas entre los elementos radiales del disco distal. *G. margereli* caracterizada por un escudo redondo, un área central que abarca el 49-59% del total del cocolito y un diámetro promedio de 2.4-3.3  $\mu\text{m}$  con un puente cuyo ángulo varía entre los 24-37°, *G. aperta* con forma elíptica y diámetro promedio de 1.7-2.3  $\mu\text{m}$ , el ángulo del puente varía entre los 23-32° y el área central abarca el 52-60% del total del cocolito. Las otras siete especies sólo han sido conferidas al grupo de *Gephyrocapsa* pequeñas, debido principalmente a su talla menor a las 3.5  $\mu\text{m}$ .

De acuerdo con [Nannotax3 \(2014\)](#) la primera presencia del género ocurre en la base de la Zona NN14 *Discoaster asymmetricus* de [Martini \(1971\)](#), es decir a los 4.13 Ma. [Gartner \(1977\)](#) y [Rio \(1982\)](#) establecen que el género aparece junto con *Pseudoemiliana lacunosa* entre los 3.5-3.6 Ma en la base de la Zona NN15 *Reticulofenestra pseudumbilica* de [Martini \(1971\)](#), en el límite Zancleano-Piacenziano; y que las primeras formas suelen ser altamente diacrónicas.

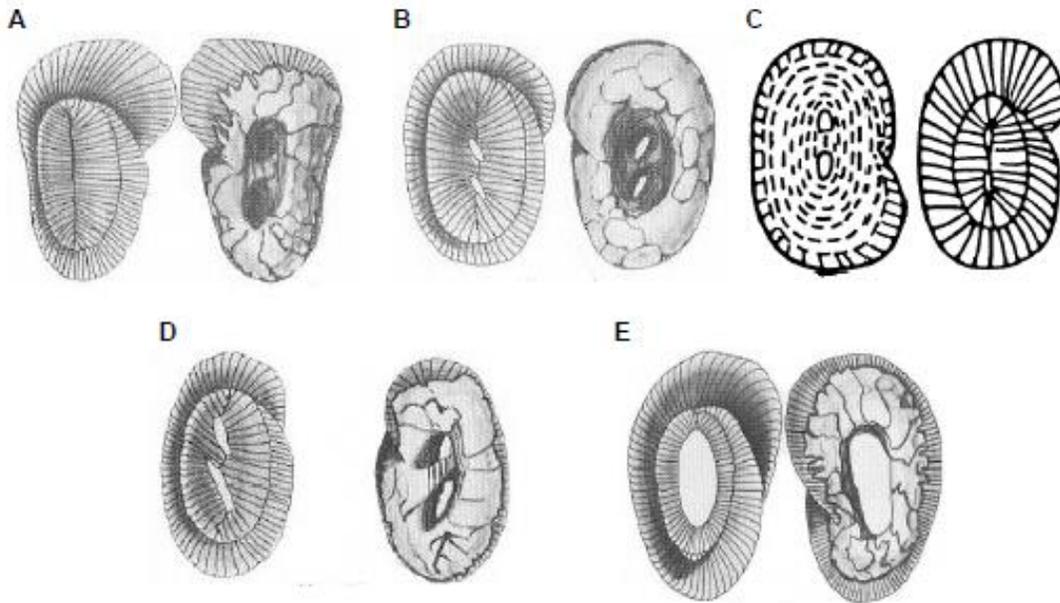
Para fines de este trabajo, se tomó en cuenta el alcance estratigráfico sugerido en [Nannotax3 \(2014\)](#), para las *Gephyrocapsa* de tamaño reducido así como para *G. protohuxleyi*, *G. margereli* y *G. aperta*, debido a los escasos reportes que se tienen para el Pacífico, y que el dato usado por Nannotax3 es el más reciente.

***Helicosphaera***.- Cocolitos formados por dos escudos. El distal (con cristales de calcita denominadas unidades-V) tiene forma de hélice que termina en un ala o espiga. Las unidades-R forman la placa base o escudo proximal. Las especies o grupos de especies se reconocen por la presencia o ausencia de una

barra en el centro de la hélice y su orientación, así como la disposición de los elementos en el escudo distal y forma del ala. El género tiene un alcance stratigráfico de Paleógeno-Reciente (Aubry, 1988).

Es relativamente sencillo reconocer las especies de *Helicosphaera*; sin embargo, cuando no están bien conservadas la observación de uno solo de los escudos no proporciona certeza sobre su asignación, particularmente en microscopia electrónica de barrido. Otro problema en su identificación, es la presencia de formas que han sido descritas como nuevas especies y que en realidad son variaciones morfológicas que probablemente están asociadas a variaciones de factores ambientales diferentes como las que se presentan en el grupo *Helicosphaera carteri* (Figura 6), donde se incluye a las especies: *H. carteri* con un puente o barra que atraviesa el centro del escudo distal dejando dos poros paralelos y orientados con el diámetro mayor del escudo; *H. burkei* con un par de orificios pequeños y formando una sutura que va de poro a poro; *H. kamptneri* con dos poros más largos mientras que *H. selli* es más fina y alargada y la poros que tiene están inclinados.

En las Localidades Palma Sola I y II, las especies de *Helicosphaera* se encuentran rotas o con evidentes signos de disolución, por lo que se dificultó su asignación bajo el microscopio petrográfico. Tampoco fue posible obtener vistas distales en microscopia electrónica de barrido, por lo que sólo algunas formas fueron asignadas a las especies *H. burkei*, *H. carteri*, *H. kamptneri* y *H. ampliaperta*, tomando en cuenta principalmente el área central (Figura 7).



**Figura 7.** Especies del género *Helicosphaera* mencionadas en este trabajo. Se observan las diferencias en el área central, dependiendo de la especie, A) *H. burkei*, B) *H. carteri*, C) *H. kamptneri*, D) *H. sellii* y E) *H. ampliaperta*. Modificadas de [Nannotax3 \(2014\)](#) y [Aubry \(1988\)](#).

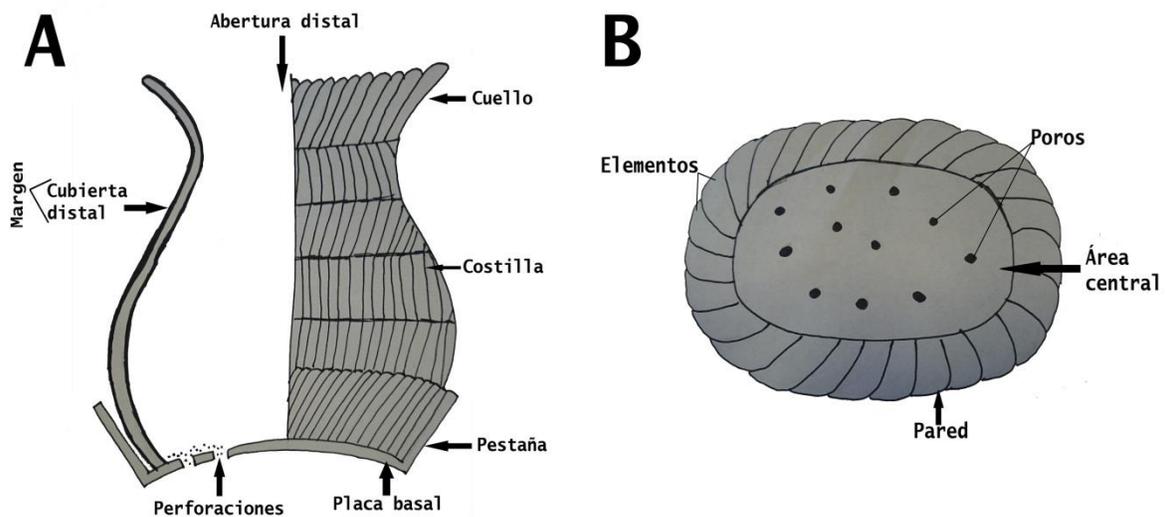
***Scyphosphaera* y *Pontosphaera*.**- El género *Scyphosphaera* fue descrito por [Lohmann \(1902\)](#) en organismos actuales (*Scyphosphaera apsteinii*) del Mediterráneo, como cocolitos grandes en forma de copa. Posteriormente, [Deflandre \(1942\)](#) amplía la descripción del género a células globulares compuestas de discolitos con un anillo de lopadolitos con formas tubulares (o de cúpula, barril, campana o ánfora).

De acuerdo con [Siesser \(1998\)](#), las especies de este grupo son muy comunes en sedimentos de bajas latitudes desde el Mioceno, siendo en el Mioceno tardío-Plioceno (zonas NN9-NN15 de [Martini, 1971](#)) donde se registra su mayor abundancia mientras que su más alta diversidad ocurre en el Plioceno temprano (Zona NN12 *Amaurolithus tricorniculatus* de [Martini, 1971](#)). Durante el Pleistoceno, el grupo disminuye en abundancia y diversidad significativamente, asociado posiblemente a la deterioración climática ya que se asocian a la presencia de aguas cálidas ([Rade, 1975](#)).

No son usados en bioestratigrafía, debido a que es complicada la determinación a nivel especie y porque no se tienen bien documentadas las primeras y últimas ocurrencias. Sin embargo, se ha empleado la última presencia de *S. pulcherrima* como indicativa de una edad pleistocénica, particularmente de la subzona de las *Gephyrocapsa* pequeñas (Gartner, 1977). Es un grupo altamente polimórfico, por lo que algunas especies han sido nombradas basadas en una relativa diferencia en su forma (Siesser, 1998).

Actualmente *Scyphosphaera* se define como organismo formado por lopadolitos (Figura 8a) en forma de copa, barril o ánfora con una abertura distal alta (Aubry, 1990).

El género *Pontosphaera* fue descrito por Lohman (1902) basado en organismos vivos para referirse a los murolitos con un área central con numerosas perforaciones mientras que las unidades-V se imbrican para formar la pared externa y las unidades-R forman la pared interna y el área central (Figura 8b).

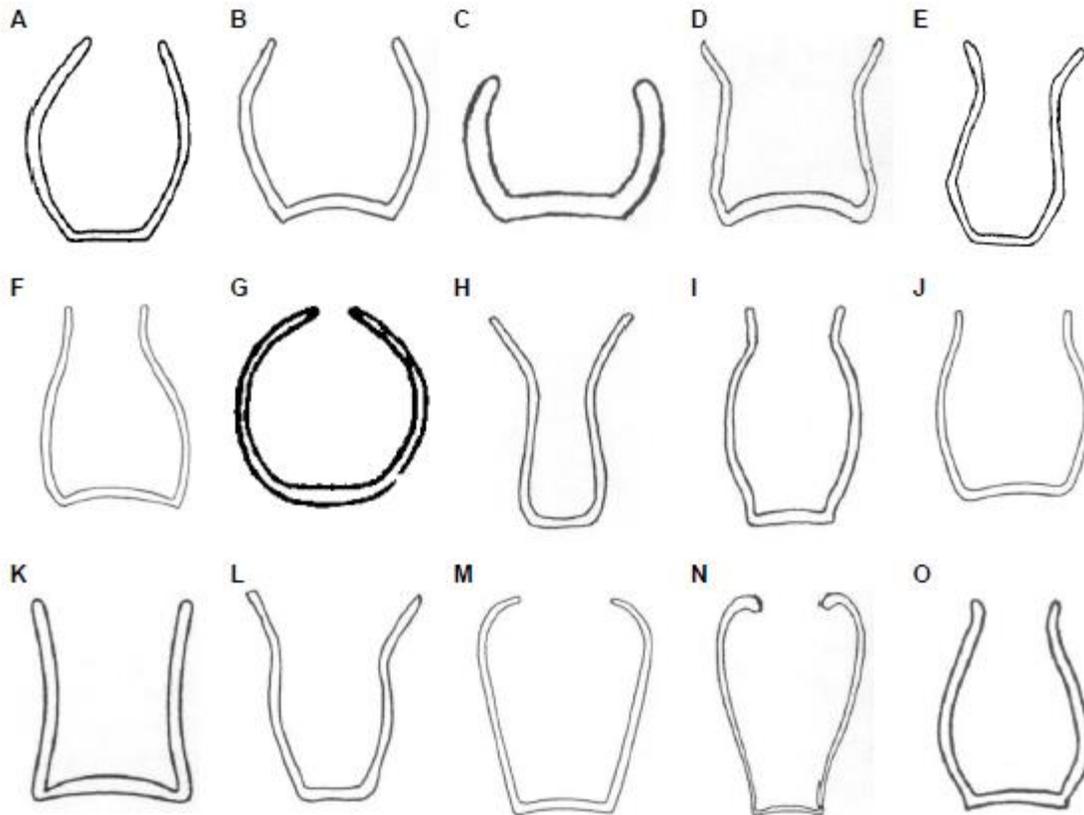


**Figura 8.** A) Esquema de murolito y B) esquema de lopadolito Modificado de GSI (2014) y Siesser (1998).

En organismos vivos no hay dificultad en determinar cuándo se trata de *Pontosphaera* y cuándo de *Scyphosphaera*; sin embargo, en estado fósil los dos producen murolitos por lo que normalmente el lopadolito es asignado a *Scyphosphaera* y el murolito aislado al género *Pontosphaera* o a *Scyphosphaera* (Aubry, 1989).

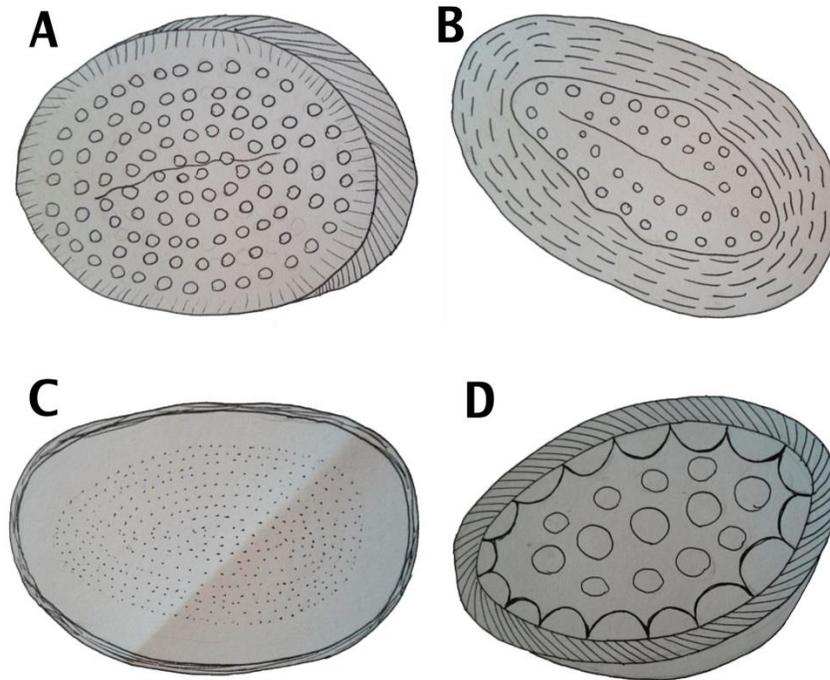
Otro aspecto es que *Scyphosphaera* es altamente polimórfico, por ejemplo, Lohmann (1902) ilustra *S. apsteinii* con lopadolitos de diferentes tamaños y formas en una misma célula. Esto siempre pone en duda si todas las especies fósiles que se han descrito para ciertos intervalos o ambientes, pertenecen o no a una misma especie biológica.

En las Localidades Palma Sola I y II, de acuerdo con Siesser (1998) y Rade (1975) las especies de *Scyphosphaera* han sido asignadas como: *S. apsteinii* lopadolito convexo hacia el exterior, *S. biarritzensis* lopadolito que presenta la base y la abertura distal aproximadamente del mismo ancho y con un margen ligeramente convexo; *S. brevis* lopadolito pequeño más ancho que alto, *S. campanula* lopadolito con un borde afilado cercano a la base y un cuello sumamente amplio, *S. darraghi* lopadolito muy largo, el ancho de su cuello es equivalente a la tercera parte de la longitud del lopadolito, *S. gladstonensis* lopadolito con forma de barril, ligeramente cónico cercano a la parte inferior del margen, *S. globulata* lopadolito subglobular con una abertura distal pequeña, *S. halldalii* lopadolito con forma de embudo, presenta un cuello grande y una abertura distal muy ancha, *S. aff. kamptneri* lopadolito con forma de barril con un cuello pequeño, *S. pacifica* lopadolito con forma de barril con un cuello corto y un cuerpo globoso, *S. penna* lopadolito con forma de huso, el ancho de la base y la apertura distal es similar, *S. pulcherrima* lopadolito más alto que ancho con un cuello prominente, *S. recta* lopadolito largo con la curvatura del margen fuertemente hacia el interior, el ancho de la base es similar al de la abertura distal, *S. recurvata* lopadolito ligeramente cóncavo, la base es el doble de ancha que la abertura distal y *S. aff. rottiensis* lopadolito ancho en la base, se estrecha hacia la parte distal y presenta un cuello corto (Figura 9).



**Figura 9.** Diferencias morfológicas entre las distintas especies del *Scyphosphaera* identificadas en este estudio. A) *S. apsteinii*, B) *S. biarritzensis*, C) *S. brevisa*, D) *S. campanula*, E) *S. darraghi*, F) *S. gladstonensis*, G) *S. globulata*, H) *S. halldalii*, I) *S. kamptneri*, J) *S. pacifica*, K) *S. penna*, L) *S. pulcherrima*, M) *S. recta*, N) *S. recurvata* y O) *S. rottiensis*. Modificado de [Rade \(1975\)](#) y [Siesser \(1998\)](#).

Las especies de *Pontosphaera* (Figura 10), de acuerdo con [Nannotax3 \(2014\)](#), han sido asignadas como *P. callosa* por las líneas de poros presentes en la placa basal, así como el grosor de su margen, *P. discopora* por la presencia de un margen muy elevado, *P. japonica* por la cantidad de poros, así como el tamaño de éstos, los cuales no suelen ser apreciados en el microscopio petrográfico por las mismas razones, y *P. multipora* debido a la cantidad de poros y el acomodo de éstos en ciclos muy definidos.



**Figura 10.** Especies del género *Pontosphaera* registradas en este estudio, se observa las diferencias en las placas basales A) *P. callosa*, con ciclos de poros, B) *P. discopora*, presenta un margen amplio y elevado, C) *P. japonica*, poros muy pequeños y D) *P. multipora*, presenta de 3 a 5 ciclos de poros. Modificado de [Nannotax3 \(2014\)](#).

### Nanoplancton Calcáreo

La abundancia del nanoplancton calcáreo registrada en las preparaciones de las muestras provenientes de ambas localidades, es escasa y a pesar de que la técnica concentra los especímenes, éstos están diluidos en las laminillas, razón por la que no fue posible realizar un análisis cuantitativo de acuerdo con la metodología clásica. Sin embargo, para tener una estimación de la abundancia relativa se modificó el criterio propuesto [Kanazawa et al. \(2001\)](#), con base en la abundancia de nanofósiles a 1000 aumentos (objetivo 100x a inmersión) quedando de la siguiente manera:

**P=** poco 1-3 ejemplares por cada transecto observado.

**E**= escaso 4-16 ejemplares por cada transecto observado.

**C**= común 17-600 ejemplares por cada transecto observado.

**A**= abundante 601-6000 ejemplares por cada transecto observado.

**M**= muy abundante >6000 ejemplares por cada transecto observado.

Se identifican 66 especies presentes en ambas columnas sedimentarias, siguiendo los criterios de [Nannotax3 \(2014\)](#), [Perch-Nielsen \(1985\)](#) y [Young y Bown \(1997a y b\)](#). Se registran 37 especies en común en ambas columnas medidas. Todas las especies reconocidas han sido extensivamente descritas por otros autores, por lo que se anexa un listado en orden alfabético, donde se incluye autor, año y alcance estratigráfico (Anexo 1).

En la columna Palma Sola I, las muestras 3, 5 y 7 no contuvieron nanoplancton calcáreo, con excepción de las muestras 6, 8 y 9 donde es común o tiene una buena conservación, en el resto de las muestras estudiadas éste es escaso y moderadamente conservado.

Se identifican 43 especies (Tabla 1), siendo las más comunes y consistentemente presentes: *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa* pequeñas *Helicosphaera sellii* y *Reticulofenestra haqii*. También se observó la presencia de especies retrabajadas del Mioceno: *Coronocyclus nitescens*, *Discoaster formosus* y *Helicosphaera burkei*.

**Tabla 1.** Distribución y abundancia relativa de especies de nanoplacton calcáreo a lo largo de la columna sedimentaria I cuenca Palma Sola, Isla San José, México (Localidad IGM-3938). Las especies retrabajadas se encuentran al final de la columna.

| NEÓGENO                   |                                    | ÉPOCA         |   |                                    |        |
|---------------------------|------------------------------------|---------------|---|------------------------------------|--------|
| PLIOCENO                  |                                    |               |   |                                    |        |
| ZANCLEANO                 |                                    | EDAD          |   |                                    |        |
| Discoaster<br>asymetricus | Reticulofenestra<br>pseudoumbilica | ZONACIÓN      |   |                                    |        |
| NN14                      | NN15                               | MARTINI, 1971 |   |                                    |        |
| —                         | =                                  | ≡             | > |                                    |        |
| 1                         | 2                                  | 3             | 4 |                                    |        |
| 5                         | 6                                  | 7             | 8 |                                    |        |
| 9                         | 10                                 | Muestra       |   |                                    |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Braarudosphaera bigelowii</i>   |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Calcidiscus leptoporus</i>      |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Calcidiscus macintyreii</i>     |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Coccolithus pelagicus</i>       |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Coccolithus pliipelagicus</i>   |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Coccolithus streckeri</i>       |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Discoaster brouweri</i>         |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Discosphaera</i> sp.            |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Gephyrocapsa</i> pequeñas       |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Hayaster perplexus</i>          |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Helicosphaera carteri</i>       |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Helicosphaera kampfneri</i>     |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Helicosphaera sellii</i>        |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Oolithotus</i> sp.              |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Pontosphaera callosa</i>        |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Pontosphaera discopora</i>      |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Pontosphaera japonica</i>       |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Pontosphaera multipora</i>      |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Reticulofenestra haqii</i>      |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Reticulofenestra</i> sp.        |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Scyphosphaera apsteinii</i>     |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Scyphosphaera gladstonensis</i> |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Scyphosphaera globulata</i>     |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Scyphosphaera pacifica</i>      |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Scyphosphaera rottiensis</i>    |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Syracosphaera histrica</i>      |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Syracosphaera pulchra</i>       |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Thoracosphaera fossata</i>      |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Thoracosphaera saxea</i>        |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Umbilicosphaera foliosa</i>     |        |
|                           |                                    |               |   | <i>Umbilicosphaera sibogae</i>     | Poco   |
|                           |                                    |               |   | <i>Coronocyclus nitescens</i>      | Escaso |
|                           |                                    |               |   | <i>Discoaster fornosus</i>         | Común  |
|                           |                                    |               |   | <i>Helicosphaera burkei</i>        |        |

En la columna Palma Sola II se identifican 60 especies de nanoplacton calcáreo (Tabla 2), registrado en 37 muestras, siendo la 30, la que contiene mayor abundancia y diversidad de especies, mientras que estuvo ausente en las muestras 13 y 26. Las especies más abundantes y ubicuas son *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyrej*, *Coccolithus pelagicus*, *Helicosphaera carteri*, *H. kamptneri*, *H. sellii*, *Gephyrocapsa* sp (de talla reducida), *Pontosphaera discopora*, *P. japonica*, *Pseudmoemiliana lacunosa*, *Reticulofenestra haqii*, *R. minuta*, *R. minutula*, *Syracosphaera histrica*, *S. pulchra*, *Umbilicosphaera foliosa* y *U. sibogae*. El nanoplancton calcáreo es de escaso a común, habiéndose encontrado menos de diez ejemplares en algunas muestras; sin embargo, está bien conservado, lo que permitió una buena identificación. También se observó la presencia de especies retrabajadas del Mioceno medio como *Discoaster formosus*, *Helicosphaera ampliaperta* y *Helicosphaera burkei*.

**Tabla 2.** Distribución y abundancia relativa de especies de nanoplcton calcáreo a lo largo de la columna sedimentaria II cuenca Palma Sola, Isla San José, México (Localidad IGM-3939). Las especies retrabajadas se encuentran al final de la columna.

| NEÓGENO                        |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    | ÉPOCA         |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  |                                  |
|--------------------------------|---|---|----|---|-----|---|--|---|----|----|----|----|----|---------------|----|------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|----------------------------------|----------------------------------|
| PLIOCENO                       |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  |                                  |
| ZANCLEANO                      |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    | EDAD          |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  |                                  |
| <i>Discoaster asymmetricus</i> |   |   |    |   |     |   | <i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> |   |    |    |    |    |    | ZONACIÓN      |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  |                                  |
| 14                             |   |   |    |   |     |   | 15                                     |   |    |    |    |    |    | MARTINI, 1971 |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  |                                  |
| I                              |   |   | II |   | III |   | IV                                     |   |    | V  |    | VI |    | VII           |    | VIII | UNIDADES |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  |                                  |
| 1                              | 2 | 3 | 4  | 5 | 6   | 7 | 8                                      | 9 | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 16            | 17 | 18   | 19       | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |  |  |                                  |                                  |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  | <i>Braarudosphaera bigelowii</i> |                                  |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Calcidiscus leptoporus</i>    |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>C. macintyreii</i>            |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Ceratolithus rugosus</i>      |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>C. cristatus</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Ceratolithus sp.</i>          |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Coccolithus pelagicus</i>     |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>C. streckeri</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Discoaster brouweri</i>       |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>D. aff. quinqueringus</i>     |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Discosphaera sp.</i>          |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Gephyrocapsa pequeña</i>      |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Hayaster perplexus</i>        |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Hayella sp.</i>               |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Helicosphaera burkei</i>      |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>H. carteri</i>                |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>H. kamptneri</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>H. sellii</i>                 |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Holodiscolitus macroporus</i> |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Oolithotus sp.</i>            |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Pontosphaera callosa</i>      |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>P. discopora</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>P. japonica</i>               |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>P. multipora</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Pseudoemiliania lacunosa</i>  |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>P. ovata</i>                  |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Reticulofenestra haqii</i>    |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>R. minuta</i>                 |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>R. minutula</i>               |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>R. rotaria</i>                |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Scyphosphaera apsteinii</i>   |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. biarrizensis</i>           |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. brevis</i>                 |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. campanula</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. darrahi</i>                |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. globulata</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. haldali</i>                |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. aff. kamptneri</i>         |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. pacifica</i>               |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. penna</i>                  |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. pulcherrima</i>            |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. recta</i>                  |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. recurvata</i>              |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Syracosphaera histrica</i>    |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>S. pulchra</i>                |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Thoracosphaera fossata</i>    |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Umbilicosphaera foliosa</i>   |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>U. sibogae</i>                |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Discoaster formosus</i>       |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Helicosphaera ampliata</i>    |
|                                |   |   |    |   |     |   |  |   |    |    |    |    |    |               |    |      |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |                                  | <i>Thoracosphaera saxea</i>      |

■ Abundante    — Común    - - - - Escaso    — Poco

## Edad del depósito

Para establecer la edad del depósito en ambas columnas, se empleó el esquema zonal de [Martini \(1971\)](#) para bajas latitudes tomando en cuenta el alcance estratigráfico consignado en la página [Nannotax3 \(2014\)](#), [NannoWare versión 1.3 \(2004\)](#) y [Young y Bown \(1997a y 2014\)](#), así como referencias más recientes, donde se ha actualizado el alcance de muchas especies de las aquí encontradas.

La Tabla 3 muestra los alcances estratigráficos consensuados para las especies registradas en ambas columnas sedimentarias estudiadas.

En la columna Palma Sola I el nanoplancton calcáreo es escaso, mal conservado y tiene una distribución errática. Las especies identificadas, su distribución y abundancia relativa a lo largo de la columna se muestran en la Tabla 1. En la base de la columna no fueron registradas especies que permitan establecer la edad con certeza, siendo hasta la muestra 6 situada a 1.82 m que co-existen *Reticulofenestra haqii* y *Gephyrocapsa* pequeñas. Esta asociación sugiere una edad mínima equivalente a la Zona NN15 *Reticulofenestra pseudumbilica* de [Martini \(1971\)](#) donde en la cima *R. haqii* tiene su última ocurrencia. La presencia de *Gephyrocapsa* pequeñas podría indicar de acuerdo con [Nannotax3 \(2014\)](#) una edad equivalente a la Zona NN14 *Discoaster asymmetricus* de [Martini \(1971\)](#). La ausencia de especies características de ambas biozonas, no permiten situar con precisión a la parte media y superior de la sección en alguna de éstas, por lo que se sólo es posible asignar un rango equivalente a la primera aparición de las *Gephyrocapsa* pequeñas y la última ocurrencia de *R. haqii*, es decir, 4.1-3.7 Ma, dentro del Zancleano (Zonas NN14 *D. asymmetricus* y NN15 *R. pseudumbilica* de [Martini, 1971](#)) en el Plioceno inferior ([Grandstain et al., 2012](#)).

En la columna Palma Sola II, el nanoplancton calcáreo es más abundante y diverso, mejor conservado, y con una distribución homogénea a lo largo de la misma. Sin embargo, persisten intervalos donde algunas especies no son

registradas haciendo difícil determinar cuándo una especie no está presente por razones estratigráficas y no ecológicas.

Siguiendo el patrón de distribución de las especies índices, no es posible determinar para la base de la columna una edad basada en las especies registradas; sin embargo, la presencia aunque escasa de *Ceratolithus rugosus* permite dar como edad máxima el Plioceno, debido a que la primera ocurrencia de *C. rugosus* está reportada en la Zona NN13 homónima de [Martini \(1971\)](#).

A partir de la muestra cinco (a 3.27 m) y hasta la 10 (a 7.45 m), aunque su distribución no es continua, coexisten *Pseudoemiliana lacunosa* y *P. ovata*, indicativas de una edad equivalente a la Zona NN14 *D. asymmetricus* o en la Zona NN15 *R. pseudoumbilica* de [Martini \(1971\)](#).

En las siguientes muestras, pertenecientes a la Unidad III (11, 12, 14, de 8.54 a 11 m), no se registró la presencia de alguna especie índice. No se observa ninguna discordancia, por lo que se asume una edad igual o más joven que la precedentemente asignada.

Dentro de la siguiente sección de la columna, Unidad IV (muestras 15-25 y 27, de 12.9-23.09 m), Unidad V (muestra 28, a 23.45 m), Unidad VI (muestras 29-33, de 24.36-28.54 m) y Unidad VII (muestras 34-37, de 29.81-32.63 m), y en particular a partir de la muestra 17 (localizada a 14.36 m) los sedimentos contienen una alta diversidad de *Gephyrocapsa* pequeñas y a partir de la muestra 18 (localizada a 15.45 m) se registran *Reticulofenestra minuta*, *R. haqii* y *R. minutula* con una distribución casi homogénea hasta la muestra 37 (Unidad VII, a 32.6 m), con breves intervalos de ausencia. *R. minutula* tiene su primera aparición estratigráfica en la base de la zona NN15 *R. pseudoumbilica* de [Martini \(1971\)](#) mientras que *R. haqii* tiene su última aparición en la cima de esta misma zona de acuerdo con [Nannotax3 \(2014\)](#). La coexistencia de estas especies en esta parte de la columna (muestras 17/18) y hasta la muestra 37 sitúan el depósito en la Zona NN15 *R. pseudoumbilica* de [Martini \(1971\)](#), con una edad equivalente al Zancleano, alrededor de 4-3.7 Ma.

En la Unidad VIII (muestras 38 y 39, localizadas entre los 33.72-36 m) se presentan *Gephyrocapsa* pequeñas y no están presentes las reticulofenestras, en particular *R. haqii*, por lo que es posible asumir que el depósito pudo ocurrir en el intervalo de tiempo representado por la Zona NN16 *Discoaster surculus* de [Martini \(1971\)](#) en cuya base se ubica la ocurrencia más alta de esta especie. Sin embargo, la ausencia en la columna sedimentaria de los géneros *Discoaster* y *Sphenolithus*, así como de otras especies de aguas templadas y cálidas, no permiten la asignación, con base en su ausencia, de esta biozona. Por tanto, se deja esta parte de la columna como de edad equivalente, por lo menos a la Zona NN15 *R. pseudoumbilica* ([Martini, 1971](#)), sin eliminar la posibilidad de que sea relativamente más joven.

De acuerdo a lo anteriormente discutido al depósito de la columna I se le asigna un rango de edad de 4.13-3.7 Ma, y a la columna II un rango de 4-3.7 Ma.

**Tabla 3.** Alcances estratigráficos de las especies de nanoplancton calcáreo usadas para la asignación de la edad de las columnas sedimentarias de la cuenca Palma Sola, Isla San José. Alcances estratigráficos de [Nannotax 3 \(2014\)](#), [\\*Nannoware 1.3 \(2004\)](#) y [\\*\\*Siesser \(1998\)](#).



## Ambiente de depósito

Los factores que influyen marcadamente en la distribución y abundancia del nanoplancton calcáreo son la temperatura, la salinidad, tipo de nutrientes, luminosidad, turbulencia, corrientes de fondo y proximidad a la costa (Lancis-Sáez, 1998), para lo que es necesario realizar una estimación de la abundancia, dominancia y riqueza de los conjuntos registrados a lo largo de la columna.

En la columna Palma Sola I, se registran 16 géneros, de los cuales *Coccolithus*, *Helicosphaera*, *Gephyrocapsa*, *Calcidiscus* y *Syracosphaera* son los géneros con mayor abundancia (Tabla 1).

En las primeras dos muestras (Unidad I, muestra 1 y 2), no es posible inferir el ambiente de depósito, debido a que sólo se contó con la presencia de tres ejemplares para la base de *Coccolithus pelagicus* y *Discoaster brouweri*, mientras que en la muestra dos sólo se registró *Scyphosphaera apteinii*.

A partir de la muestra 4 (Unidad II, a 142.85 cm) se observó un registro continuo hasta la cima (muestra 10, Unidad VI a 405.71 cm) de *Coccolithus pelagicus*, mientras que *Gephyrocapsa* pequeñas, *Reticulofenestra haqii* y *Syracosphaera pulchra* tienen también su primer registro en esta muestra, continuando hasta la muestra 9 (Unidad V, a 328.57 cm). En la muestra 6 (Unidad III, a 180 cm), se observa la mayor diversidad, con 25 especies identificadas (Tabla 1).

La columna Palma Sola II, presenta una diversidad de 19 géneros, de los cuales *Coccolithus*, *Helicosphaera*, *Calcidiscus*, *Reticulofenestra*, *Gephyrocapsa*, *Pontosphaera* y *Pseudoemiliania* representan los más abundantes. La especie dominante en los conjuntos de nanoflora es *Coccolithus pelagicus*, siendo también la que tiene una distribución más homogénea a través de toda la columna con excepción de la muestra 10 (Unidad III, a 8. m) donde no fue registrada. Todas las otras especies tienen una distribución discontinua y su registro es escaso. *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyreii*, *Helicosphaera carteri*, *H. kamptneri* y *H.*

*sellii* son las especies que están presentes a todo lo largo de la columna pero con un registro escaso, estando ausente en algunas muestras. A partir de la muestra 18 (Unidad IV, a 15.45 m) *Reticulofenestra* está presente, aunque de manera discontinua hasta la muestra 37 (Unidad VII, a 32.63 m) al igual que *Gephyrocapsa* pequeñas.

En ambas columnas la especie dominante es *Coccolithus pelagicus*, especie característica, de acuerdo con [Okada y McIntyre \(1979\)](#), de masas de agua con temperatura que oscila entre 1.7 a 15° C. Varios autores han empleado a esta especie como proxy para indicar la presencia de aguas frías ([Giraudeau y Pujos, 1990](#); [Haq, 1980](#) y [Raffi y Rio, 1981](#)) o para detectar variaciones climáticas dentro de conjuntos de especies indicativas de masas de aguas cálidas, ante la presencia o el aumento en la abundancia de esta especie (e.g. [Beaufort, 1994](#) y [Beaufort y Aubry, 1990](#)). También ha sido empleada como indicador del aumento de nutrientes en la superficie de masas de agua oceánica ([Blasco et al., 1980](#); [Estrada, 1984](#); [Giraudeau y Rogers, 1994](#); [Mitchell-Innes y Winter, 1987](#) y [Wells y Okada, 1997](#)). [Cachaô y Moita \(2000\)](#) demuestran en su estudio que *C. pelagicus* es una especie indicativa de zonas asociadas a surgencias en aguas subtropicales.

Tomando en cuenta la distribución, abundancia relativa y la frecuencia de los géneros y especies de nanoplancton calcáreo a través de la columna, de acuerdo con [Gartner \(1977\)](#) y [Perch-Nielsen \(1985\)](#), la presencia de géneros de ambientes hemipelágicos como *Gephyrocapsa*, *Helicosphaera*, *Pontosphaera* y *Pseudoemiliana* y la escasa o nula presencia de géneros considerados por algunos autores ([Aubry, 1984](#) y [Martini, 1990](#)) como de aguas cálidas (*Sphenolithus*, *Ceratolithus*, *Discoaster* y *Scyphosphaera*), se infiere un ambiente de aguas frías y cercano a la costa, probablemente plataforma externa.

Cabe destacar que muchos ejemplares de carbonato de calcio presentan evidentes signos de disolución, la cual se interpreta como asociada a la presencia de sílice en las muestras de la cuenca Palma Sola, y esto a su vez se relaciona a

surgencias por afluencia de aguas frías, lo que podría deberse a una intensificación de la corriente de California.

Lo anterior es coherente con la situación que actualmente ocurre en la boca del Golfo de California donde de acuerdo con [Warsh \*et al.\* \(1973\)](#) la producción de surgencias costeras son atribuidas a la presencia de los frentes oceánicos que se desarrollan en los 120 m más superficiales de las masas de agua que ahí confluyen: 1) Golfo de California, 2) Corriente de California, 3) Corriente del Pacífico Subtropical Nororiental y, 4) la masa de agua subsuperficial producida entre 50 y 200 m por la mezcla de aguas de la Corriente de California y de la masa de agua subtropical subsuperficial.

## DISCUSIÓN

La descripción original de la lodolita “La Gata” expuesta en la subcuenca de Palma Sola (Umhoefer *et al.*, 2007) indica un espesor de 105 m de roca ligeramente silíceea con bioturbación o laminación; dividida en dos unidades, mientras que en la subcuenca de Punta Colorada tiene un espesor de 60 m. En el área de Palma Sola, la parte inferior la describen compuesta por intercalaciones de lodolita marrón y arenisca de grano fino de 1-2 cm de espesor y lodolita de 20 cm de espesor, que de acuerdo con su columna (Umhoefer *et al.* 2007, p. 306) mide aproximadamente 70 m de espesor. La parte superior, de aproximadamente 10 m de espesor (Umhoefer *et al.* 2007, p. 306), está formada por lodolita marrón con intercalaciones de lentes de arenisca de grano fino de 1-2 cm de espesor y capas de arenisca laminada de 4 a 20 cm de espesor sobreyacida por una arenisca con estratificación cruzada y una calcarenita laminada.

De acuerdo a las características litológicas de la columna de Palma Sola I así como de las muestras de mano, la columna de 5.2 m medida para el presente estudio corresponde a la Unidad 2 de la lodolita “La Gata” de Umhoefer *et al.* (2007), mientras que la columna de Palma Sola II por la litología corresponde a la calcarenita que está cubriendo en contacto erosivo a la lodolita La Gata.

Umhoefer *et al.* (2007) mencionan la presencia de un conjunto de nanoplancton calcáreo idéntico al aquí consignado con excepción de *Dictyococcites minutus* y *Emiliana annula*, sugiriendo que el depósito ocurre en el Plioceno tardío dentro de la zona CN12 *Discoaster brouweri* de Bukry (1973, 1975) equivalente a las Zonas NN16, NN17 y NN18 (*Discoaster surculus*, *D. pentaradiatus* y *D. brouweri*, respectivamente) de Martini (1971).

Basados en la presencia de los foraminíferos planctónicos *Globorotalia ungulata* Bermúdez, formas sinestrales de *Pulleniatina primalis* Banner y Blow y *Pulleniatina praecursor* Banner y Blow y la ausencia de *Pulleniatina obliquiloculata* s.s., estos autores asignan una edad de 2.5-2.4 Ma; mientras que la presencia del

conjunto de diatomeas formado por *Rhizosolenia praebergonii* Mukhina, *Azpeitia nodulifera* var. *cyclopus* (Jousé) Fryxell y Sims, *Asteromphalus elegans* Greville y la ausencia de *Fragilaripsis doliolus* (Wallich) Medlin y Sims, *Nitzschia jouseae* Burckley *Thalassiosira convexa* Mukhina y, con la presencia del silicoflagelado *Dictyocha staepedia* Haeckel sugieren una edad de 2.4-2.0 Ma dentro del Plioceno tardío.

De acuerdo con Pujos (1987) *Dictyococcites minutus* (= *Reticulofenestra minuta* Haq) fue descrita por primera vez para el Plioceno tardío de Japón y ha sido registrada en el Mioceno medio por Haq *et al.* (1977b) en el intervalo de tiempo correspondiente a la Zona NN5 *Sphenolithus heteromorphus* de Martini (1971) de acuerdo con los criterios de Nannotax3 (2014).

Por otro lado, *Emiliania annula* (= *Coccolithites annulus* Cohen, 1964) es actualmente considerada como sinónimo de *Pseudoemiliania lacunosa* misma que tiene su primera aparición estratigráfica de acuerdo con Nannotax3 (2014) a los 3.92 Ma, y por tanto, no apoya la edad que asignan a la Unidad Umhoefer *et al.* (2007) con base en su presencia.

Referente a la edad conferida por Umhoefer *et al.* (2007), de acuerdo con Brown (2007) no es posible considerar la asociación de *Globorotalia unguata*, *Pulleniatina primalis* y *P. praecursor*, para restringir la edad, debido a que la primera ocurrencia de *G. unguata* no ha sido establecida con certeza y algunos autores incluso (Bolli y Saunders 1985) consideran que es una especie exclusivamente holocénica. De igual forma la dirección de enrollamiento del género *Pulleniatina*, ha experimentado cuatro intervalos de cambio en el tiempo geológico (Hernández-Pérez, 2012 y Saito, 1976), lo que no limita necesariamente a dicha asociación al intervalo de 2.5-2.4 Ma, máxime que al no tener un registro más antiguo y continuo en esta columna no es posible constatar los cambios en el patrón de enrollamiento del género. Por último, de acuerdo con Bolli y Saunders (1985), *P. praecursor* es una especie atlántica característica de un breve intervalo de tiempo alrededor de los 3.6 Ma. Su registro es escaso en el Pacífico Oriental Tropical y el más cercano al área de estudio es en isla María Madre, Nayarit,

México, donde [McCloy et al. \(1988\)](#) asignan con base en la presencia de *P. obliquiloculata* (Parker y Jones), *P. praecursor* y *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny) una edad de  $\approx 3.1$  Ma, mientras que a las rocas que no contienen *P. praecursor* les asignan una edad pleistocénica.

En el caso de la diatomeas, si se siguen los criterios de la zonación para el Neógeno Tropical propuestas por [Burkle \(1972\)](#) y [Barron \(1985\)](#) empleados por [Umhoefer et al. \(2007\)](#), la primera ocurrencia de *Rhizosolenia praebergonii* se sitúa en la base de la biozona homónima a  $\approx 3.0$  Ma y su última ocurrencia en la cima de la subzona A de *Nitzschia reinholdi* la cual se sitúa a los 1.8 Ma edad alrededor de la cual ocurre por vez primera *Fragilariopsis doliolus* (Wallich) Medlin y Sims.

Por otro lado, *Nitzschia jouseae* tiene su primera aparición aproximadamente a los 4.5 Ma, mientras que la de *Asteromphalus elegans* se sitúa aproximadamente a los 3.9 Ma y la de *Thalassiosira convexa* var. *convexa* (= *Thalassiosira convexa* Mukhina) a los 3.6 Ma, ésta con una última ocurrencia a los 2.1 Ma. Si la ausencia de *N. jouseae* en la diatomita se debe a causas estratigráficas, la edad más antigua para el afloramiento tendría que ser de 2.6 Ma que es cuando tiene lugar la última presencia esta especie y antes de 1.8 Ma que es cuando tiene su primera presencia *F. doliolus*, ausente en la columna de San José. Por tanto, si para asignar la edad solamente empleamos las especies de diatomeas presentes en una muestra, que de acuerdo con [Umhoefer et al. \(2007\)](#) está cerca de la base de la lodolita “La Gata” entonces la muestra tendría una edad estimada de  $\approx 3.0$  Ma (*datum* de la primera ocurrencia de *R. praebergonii*) mientras que la presencia de *T. convexa* indica que es más antigua que 2.1 Ma que es donde esta especie tiene su última ocurrencia.

Finalmente la presencia de *Dictyocha stapedia* empleada también para establecer una edad de 2.5-2.4 por [Umhoefer et al. \(2007\)](#) ocurre por vez primera dentro de la biozona de *N. jouseae* de [Bukry \(1972, 1973a y b\)](#) y de [Barron \(1985\)](#) alrededor de los 3.0 Ma.

La edad propuesta por [Umhoefer et al. \(2007\)](#) para la lodolita “La Gata” difiere de la aquí propuesta. Sin embargo, tomando en cuenta que "es la presencia física de los taxones lo que caracterizan una unidad bioestratigráfica" [Corrales et al. \(1977\)](#), las edad basadas en fósiles deben igualmente considerar la presencia y no la ausencia, máxime cuando no se puede demostrar sus primeras o últimas ocurrencias a través de una columna sedimentaria. Por lo anterior, se considera que la edad consensuada aquí de 4.1-3.7 Ma con base en la presencia de varios taxa, es más coherente con estos criterios.

Por otra parte, no hay una sola ilustración de la micro- flora y fauna que ellos emplean para dar la edad quedando incertidumbre sobre el concepto de muchas de las especies que se mencionan y por tanto de su presencia o valor bioestratigráfico como *Globorotalia ungulata* o *Pulleniatina praecursor*.

La edad  $Ar^{40}/Ar^{39}$  de  $3.1-3.6\pm 0.5$  Ma para una arenisca tobácea en la porción oeste de subcuenca Punta Colorada proporcionada por [Umhoefer et al. \(2007\)](#), es coherente con los resultados aquí expuestos.

De acuerdo a la interpretación paleoambiental de [Umhoefer et al. \(2007\)](#) basada en foraminíferos bentónicos, la lodolita “La Gata” se depositó en un ambiente de plataforma externa entre los 50-150 m presentando episodios de relativa disminución del oxígeno, lo cual corresponde con la interpretación del presente estudio, donde el conjunto de nanoplancton calcáreo sugiere la presencia de surgencias relacionadas a los primeros 120 m de aguas superficiales.

## CONCLUSIÓN

De acuerdo con el objetivo planteado se verificó con base en el estudio taxonómico y la distribución de las especies de nanoplancton calcáreo en dos secciones medidas, la edad de la lodolita La Gata expuesta en isla San José, Baja California Sur.

La revisión litológica permite establecer que la columna I de Palma Sola corresponde a la calcarenita marina somera que sobreyace la lodolita La Gata, misma que estaría representada sólo por su parte superior en la columna II medida al NE de la columna de [Umhoefer et al. \(2007\)](#) en la subcuenca de Palma Sola.

La edad asignada aquí con base en el conjunto de nanoplancton calcáreo a la parte superior de la lodolita “La Gata” es de entre 4.1-3.7 Ma, difiriendo con la propuesta por [Umhoefer et al. \(2007\)](#) de 2.5-2.4 Ma para toda la unidad.

El conjunto de nanoplancton calcáreo presente a través de las columnas sedimentarias, permitió inferir un depósito relacionado con la presencia de masas de agua fría y cercano a la costa probablemente asociado a una zona de surgencias o a una intensificación de la Corriente de California, reforzando la propuesta de [Umhoefer et al. \(2007\)](#) donde con base en foraminíferos bentónicos interpreta períodos de baja oxigenación en el fondo lo que podría ser el resultado de intensas surgencias en la superficie.

Ningún dato de este estudio contradice los modelos palinspásticos relacionados en la abertura del Golfo de California. Sin embargo, la contrastante edad entre la asignada en este estudio y la de [Umhoefer et al. \(2007\)](#) deja una brecha a futuros estudios de verificación del conjunto de foraminíferos, diatomeas y silicoflagelados a través de la columna que permitan establecer su primera o última ocurrencia, para establecer con alto grado de confianza la edad sugerida previamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adl, S. M., Simpson, A. G. B., Farmer, M. A., Andersen, R. A. A., Anderson, O. R., Barta, J. R., Bowser, S. S., Brugerolle, G., Fensome, R. A., Fredericq, S., James, T. Y., Karpov, S., Kugrens, P. Krug, J., Lane, C. E., Lewis, L. A., Lodge, J., Lynn, D. H., Mann, D. G., McCourt, R. M. Mendoza, L., Moestrup, O., Mozley-Standridge, S. E., Nerad, T. A., Shearer, C. A., Smirnov, A. V. Spiegel, F. W. y M. F. J. R. Taylor. 2005. The new Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. *Journal Eukaryotic Microbiology*, **52**: 399-451.
- Adl, S. M, Simpson, A. G. B., Lane, C. E., Lukes, J., Bass, D., Bowser, S. S., Brown, M. W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D. H., McManus, H., Mitchell, E. A. D., Mozley-Stanridge, S. E., Parfrey, L. W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C. I., Smirnov, A. y F. W. Spiegel. 2012. Revised Classification of Eukaryotes. *Journal Eukaryotic Microbiology*, **59**: 429-493.
- Applegate, S. P. y O. Carranza-Castañeda. 1983. El primer reporte de un mamífero fósil de las Islas del Golfo de California. II International Meeting on the Geology of the Baja California Peninsula: Universidad Autónoma de Baja California y Sociedad Geológica Peninsular, abstracts, p.4.
- Armstrong, H. y M. D. Brasier. 2005. *Microfossils*. Blackwell Publishing 2ª edición. EEUU. 296 pp.
- Arriaga C., M. E. 2009. Estudio bioestratigráfico con base en nanoplancton calcáreo de un pozo costa afuera, al norte de la península de Paria, Cuenca de Carúpano, Venezuela. Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Venezuela. 137 pp.

- Aubry, M. P. 1984. Handbook of Cenozoic calcareous nannoplankton. Book 1: *Ortholithae (Discoaster)*. Micropaleontology Prees, American Museum of Natural History, New York, 266 pp.
- Aubry, M. P. 1988. Phylogeny of the Cenozoic Calcareous Nannoplankton Genus *Helicosphaera*. *Paleobiology*, **14**: 64-80.
- Aubry, M. P. 1989. Handbook of Cenozoic calcareous nannoplankton. Book 3: *Ortholithae* (pentaliths and others), *Heliolithae (Fascicilithus, Sphenoliths* and others). Micropaleontology Prees, American Museum of Natural History, New York, 279 pp.
- Aubry, M. P. 1990. Handbook of Cenozoic calcareous nannoplankton. Book 4: *Heliolithae* (Helicoliths, Cribiliths, Lopadoliths and others). Micropaleontology Prees, American Museum of Natural History, New York. 381 pp.
- Backman, J. 1978. Late Miocene-Early Pliocene nannofossil biochronology and biogeography in the Vera Basin, SE Spain. *Stockholm Contributions in Geology*, **32**: 93-114.
- Baurain, D., Brinkmann, H., Petersen, J., Rodriguez-Ezpeleta, N., Stechmann, A., Demoulin, V., Roger A. J., Burger, G., Lang, B. F. y H. Philippe. 2010. Phylogenomic evidence for separate acquisition of plastids in cryptophytes, haptophytes, and stramenopiles. *Molecular Biology and Evolution*. **27**: 1698-1709.
- Barron, E. J. 1985. Explanations of the Tertiary global cooling trend. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **501**:45-61.
- Beaufort, L. 1994. Climatic importance of the modulation of the 100 kyr cycle inferred from 16 m.y. long Miocene records. *Paleoceanography*, **9**:821-834.

- Beaufort, L. y M. P. Aubry. 1990. Fluctuations in the composition of Late Miocene Calcareous nannofossil assemblages as a response to orbital forcing. *Paleoceanography*, **5**:845-865.
- Berggren, W.A.1998. Marine Mircropaleontology an introduction. Pp. 1-17, en: Haq, B. U. y A. Boersma (eds.). *Introduction to Marina Micropaleontology*. Elsevier. Singapore.
- Black, M. 1971. The systematics of coccoliths in relation to the paleontological record. pp. 611-624 en: Funnell, B. M. y W. R. Riedel (eds). *The Micropaleontology of the Oceans*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Blasco, D., Estrada, M. y B. Jones. 1980. Relationship between the phytoplankton distribution and composition and the hydrography in the northwest African upwelling region near Cabo Corbeiro. *Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers*, **27**: 799-821.
- Bolli, H. M y J. B. Saunders. 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktonic foraminifera. Pp 155-262, en: Bolli, H. M., Saunders, J. B. y K. Perch-Nielsen (Eds.). *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bollmann, J. 1997. Morphology and biogeography of *Gephyrocapsa* coccoliths in Holocene sediments. *Marine Micropaleontology*, **29**: 319-350.
- Bollmann, J., Cortés, M. Y., Haidar, A: T., Brabec, B., Close, A., Hofmann, R., Palma, S., Tupas, L. y H. R. Thierstein. 2002. Techniques for quantitative analyses of calcareous marine phytoplankton. *Marina Micropaleontology*, **44**: 163-185.
- Bramlette, N. y W. R. Riedel. 1954. Stratigraphic value of discoasters and some other microfossils related to Recent coccolithophores. *Journal of Paleontology*, **28**: 385-403.

- Bramlette, N. y F. Sullivan. 1961. Cocolithophorids and related nanoplankton of the Early Tertiary in California. *Micropaleontology*, **7**: 129-188.
- Bramlette, N. y A. Wilcoxon. 1967. Middle Tertiary calcareous nanoplankton of the Ciperó section Trinidad, W. I. *Tulane Studies Geology*, **5**: 93-131.
- Bréhéret, J. G. 1978. Formes nouvelles quaternaires et actuelles de la famille des Gephyrocapsaceae (Cocolithophorides). *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences. Paris. Série D Sciences Naturelles*, **287**: 447-449.
- Brown, K. R. 2007. Biogeographic and morphological variation in Late Pleistocene and Holocene globorotalia foraminifera. Tesis profesional de Doctorado. University of Basel, Switzerland. Faculty of Science. 170 pp.
- Bukry, D. 1971. Cenozoic calcareous nanofossils from the Pacific Ocean. *San Diego Society Natural History Transactions*, **16**: 303-327.
- Bukry, D. 1972. Further comments Coccoliths Stratigraphy, leg 12, Deep Sea Drilling Project. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **12**: 1071-1083. Washington, U.S Government Office.
- Bukry, D. 1973. Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **15**: 685-703. Washington, U.S Government Office.
- Bukry, D. 1975. Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, northwestern Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 32. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **32**: 677-701. Washington, U.S Government Office.
- Bukry, D. y M. N. Bramlette. 1968. Stratigraphic significance of two genera of Tertiary calcareous nanofossils. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, **6**: 149-155.

- Bukry, D. y M. N. Bramlette. 1969. Some new and stratigraphically useful calcareous nanofossils of the Cenozoic. *Tulane Studies in Geology*, **7**: 131-142.
- Bukry, D. y S. F. Percival. 1971. New Tertiary calcareous nanofossils. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, **8**: 123-146.
- Burckle, L. H. 1972. Late Cenozoic planktonic diatom zones from the eastern equatorial Pacific. *Nova hedwigia. Beihefte*. **39**: 217.
- Cachão, M. y M. T. Moita. 2000. *Coccolithus pelagicus*, a productivity proxy related to moderate fronts off Western Iberia. *Micropaleontology*, **39**: 131-155.
- Carreño, A. L. 1992a. Neogene microfossils from the Santiago diatomite, Baja California Sur, Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México, *Paleontología Mexicana*, **59**: 1-21.
- Carreño, A. L. 1992b. Early neogene foraminifera and associated microfossils of the cerro Tierra Blanca member (El Cien Formation), Baja California Sur, Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México, *Paleontología Mexicana*, **59**: 41-67.
- Cavalier-Smith, T. 1981. Eukaryote kingdoms: seven or nine?. *BioSystems*, **10**: 93-114.
- Cohen, C. L. D. 1964. Coccolithophorids from two Caribbean Deep-Sea cores. *Micropaleontology*, **10**: 231-250.
- Coleman, T. A. 1979. Nannoplankton Biostratigraphy of the Tepetate formation, Baja California Sur, Tesis profesional de Maestría, University of Southern California, EUA, 62 pp (inérita).
- Colleta, B. y J. Angelier. 1981. Faulting evolution of the Santa Rosalía Basin, Baja California Sur, Mexico. Pp 265-274 en: Ortlieb, L. y J. Roldán (eds.). *Geology of northwestern Mexico and southern Arizona*. Hermosillo (México),

- Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Estación Regional del Noreste. Figura 4, Tabla 1.
- Corrales Z., I., Rosell S., J., Sánchez de la Torre, L., Vera T., J. A. y L. Vilas M. 1977. Estratigrafía. Editorial Rueda. Madrid, España. 718 pp.
- Deflandre, G. 1942. Coccolithophoridés fossiles d'Oranie. Genres *Schyphosphaera* Lohmann et *Thorosphaera* Ostenfeld. *Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, Bulletin*, **77**: 125-137.
- Deflandre, G. 1947. *Braarudosphaera* nov. gen., type d'une famille nouvelle de Coccolithophorides actuels a elements composites. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, **225**: 439-441.
- Deflandre, G. y C. Fert. 1954. Observations sur les coccolithophoridés actuels et fossiles en microscopie ordinaire et électronique. *Annales de Paléontologie*, **40**: 115-176.
- Dorsey, R. J., Umhoefer, P. J., Ingle, J. C. y L. Mayer. 2001. Late Miocene to Pliocene stratigraphic evolution of northeast Carmen Island, Gulf of California: implications for oblique-rifting tectonics. *Sedimentary Geology*, **144**: 97-123.
- Estrada, M. 1984. Phytoplankton composition off Galicia (North-west Spain). *Journal of Plankton Research*, **6**: 417-434.
- Gaarder, K. R. 1970. Three new taxa of Coccolithineae. *Nytt Magasin for Botanikk*, **17**: 113-126.
- García-Cordero, E. 2005. Estudio bioestratigráfico basado en nanoplancton calcáreo del núcleo Las Pocitas, formación Tepetate, Baja California Sur, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 44 pp.

- García-Cordero, E y A. L. Carreño. 2009. Upper lower Eocene calcareous nanoplankton from the Las Pocitas core (Tepetate formation), Baja California Sur, México. Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **6**: 37-47.
- García-Urbano, D. 2006. Análisis taxonómico y bioestratigráfico del nanoplancton calcáreo en sedimentos terciarios del sureste de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 206 pp.
- Gartner, S. 1967. Calcareous nanofossils from Neogene of Trinidad, Jamaica, and Gulf of Mexico. *Paleontological Contributions. University of Kansas*, **29**: 1-7.
- Gartner, S. 1969. Correlation of Neogene planktonic foraminifera and calcareous nanofossil zones. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, **19**: 585-599.
- Gartner, S. 1971. Calcareous nanofossils from the Joids Blake Pateu cores and revision of Paleogene nanofossils zonation. *Tulane Studies in Geology and Paleontology*, **8**:101-121.
- Gartner, S. 1977. Calcareous nanofossil biostratigraphy and revised zonation of the Pleistocene. *Marine Micropaleontology*, **2**: 1-25.
- Gastil, J., Neuhaus, J., Cassidy, M., Smith, J., Ingle, J. y D. Krummenacker. 1999. Geology and Paleontology of Southwestern Isla Tiburon, Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **16**:1-34
- Giraudeau, J. y A. Pujos. 1990. Fonction de transfert base sur les nanofossiles calcaires du Pléistocène des Caraïbes. *Oceanologica Acta*, **13**: 453-469.
- Giraudeau, J. y J. Rogers. 1994. Phytoplankton biomass and sea-surface temperature estimates from sea-bed distribution of Nannofossils and

- Planktonic Foraminifera in the Benguela upwelling system. *Micropaleontology*, **40**: 275-285.
- González C., J., Bourillon M., L., Cantú D. B., A., Eccardi, A. F., Lira F., E., Ramírez R., J., Velarde G., E. y A. Zavala G. (eds.). 1998. Islas del Golfo de California. SEGOB/UNAM coedición. 292 pp.
- Gradstein, F., Ogg, J., Schmitz, M. y G. Ogg (eds.). 2012. The Geologic Time Scale 2012 1a edición, Elsevier, Boston. 1176 pp.
- Gran, H. H. y T. Braarud. 1935. A quantitative study of the phytoplankton in the Bay of Fundy and the Gulf of Maine (including observations on hydrography, chemistry and turbidity). *Journal of the Biological Board of Canada*, **1**: 279-467.
- GSI, Geological Survey of Iran. 2014. Trigésima Tercera Convención Nacional de Ciencias de la Tierra. <[http://www.gsi.ir/General/Lang\\_fa/Page\\_29/TypeId\\_/DataId\\_1204/Action\\_Pn4/SetColor\\_red](http://www.gsi.ir/General/Lang_fa/Page_29/TypeId_/DataId_1204/Action_Pn4/SetColor_red)>. Consultado el 25 de enero de 2015.
- Hanna, G. D. y L. G. Hertlein. 1927. Expedition of the California Academy of Sciences to the Gulf of California in 1921: Geology and Paleontology. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, **16**: 137-157.
- Haq, B. U. 1980. Biogeographic history of Miocene calcareous nannoplankton and paleoceanography of the Atlantic Ocean. *Micropaleontology*, **26**: 414-443.
- Haq, B. U. 1998. Calcareous Nannoplankton. Pp 79-108 en: Haq, B. U. y A. Boersma (eds.). *Introduction to marine micropaleontology*. Elsevier, Singapore.
- Haq, B. U. y Berggren, W. A. 1978. Late Neogene calcareous plankton biochronology of the Rio Grande Rise (South Atlantic Ocean). *Journal of Paleontology*, **52**: 1167-1194.

- Haq, B. U., Berggre, W. A. y J. A. van Couvering. 1977. Corrected age of the Plio/Pleistocene boundary. *Nature*, **269**: 483-488.
- Haq, B. U., Lohmann, G. P. y S. W. Wise Jr. 1977. Calcareous nannoplankton biogeography and its paleoclimatic implications: Cenozoic of the Falkland Plateau (DSDP Leg 36) and Miocene of the Atlantic Ocean.
- Hay, W.W. 1977. Calcareous nanofossils. Pp. 1055-1200 *en*: Ramsay, A.T.S. (ed.), *Oceanic Micropalaentology*. Academic Press, London.
- Hay, W. W., Mohler, H. P., Roth, P. H., Schmidt, R. R. y J. E. Boudreaux. 1967. Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean area, and transoceanic correlation. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, **17**: 428-480.
- Helenes, J., A. L. Carreño y R. M. Carrillo. 2009. Middle to late Miocene chronostratigraphy and development of the northern Gulf of California. *Marine Micropaleontology*, **72**: 10-25.
- Hernández-Pérez, C. F. 2012. Foraminíferos neogénicos de la Formación Carmen, Isla Monserrat, BCS: Bioestratigrafía y Paleoambiente. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, México. 147 pp (inérita).
- Hibberd, D. J. 1976. The ultrastructure and taxonomy of the Chrysophyceae and Prymnesiophyceae (Haptophyceae): a surver with some new observations on the ultrastructure of the Chrysophyceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **72**: 55-80.
- Houdan, A., Billard, C., Marie, D., Not, F., Sáez, A. G., Young, J. R. y I. Probert. 2004. Holoccolithophore-heterococcolithophore (Haptophyta) life cycles: flow cytometric analysis of relative ploidy levels. *Systematics and Biodiversity*, **1**: 453-465.

- Huxley, T. H. 1868. On some organisms living at great depths in the North Atlantic Ocean. *Quarterly journal of microscopical science*, **8**: 203-212.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática. 2012. Aspectos geográficos de Baja California Sur <[http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/bcs/ubic\\_geo.cfm?c=442&e=03&CFID=8517&CFTOKEN=76374983](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/bcs/ubic_geo.cfm?c=442&e=03&CFID=8517&CFTOKEN=76374983)>. Consultado el: 5 de noviembre de 2012.
- Jafar, S. A. 1975. Calcareous nannoplankton from the Miocene of Rotti, Indonesia. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen; Afdeling Natuurkunde Verhandelingen*, **28**: 1-99.
- Jafar, S. A. y E. Martini. 1975. On the validity of the calcareous nannoplankton genus *Helicosphaera*. *Senckenbergiana Lethaea*, **56**: 381-397.
- Kamptner, E. 1941. Die Coccolithineen der Südwestküste von Istrien. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, **51**: 54-149.
- Kamptner, E. 1948. Coccolithen aus dem Torton des Inneralpinen Wiener Beckens. *Anzeiger. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Mathematische-Naturwissenschaftliche Klasse. Wien*, **157**: 1-16.
- Kamptner, E. 1950. Über den submikroskopischen Aufbau der Coccolithen. *Anzeiger. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Mathematische-Naturwissenschaftliche Klasse. Wien*, **87**: 152-158.
- Kamptner, E. 1954. Untersuchungen über den Feinbau der Coccolithen. *Anzeiger. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Mathematische-Naturwissenschaftliche Klasse. Wien*, **87**: 152-158.
- Kamptner, E. 1955. Fossile Coccolithineen-Skelettreste aus Insulinde. Eine mikropaläontologische Untersuchung. *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen; Afdeling Natuurkunde Verhandelingen*, **50**: 1-105.

- Kamptner, E. 1963. Coccolithineen-Skelettreste aus Tiefseeablagerungen des Pazifischen Ozeans. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, **66**: 139-204.
- Kanazawa, T., Sanger, W. W., Escutia, C. *et al.* 2001. LEG 192 summary. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports*, **191**. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Lancis-Sáez, C. 1998. El nanoplancton calcáreo de las cuencas neogénicas orientales de la cordillera Bética. Tesis profesional de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. España.
- Lezaud, L. 1968. Espèces nouvelles de nanofossiles calcaires (Coccolithophoridés) d'Aquitaine sud-ouest. *Revue de Micropaleontologie*, **2**: 22-28.
- Locker, S. 1973. Coccolithineen aus dem Paläogen Mitteleuropas. *Paläobotanik*, **3**: 735-836.
- Loeblich, A. R. y H. Tappan. 1978. The coccolithophorid genus *Calcidiscus* Kamptner and its synonyms. *Journal of Paleontology*, **52**: 1390-1392.
- Lohmann, H. 1902. Die Coccolithophoridae, eine Monographie der Coccolithen bildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Mittelmeerauftriebs. *Archiv für Protistenkunde*, **1**: 89-165.
- Lohmann, H. 1909. Die Gehäuse und Gellertblasen der Appendicularien und ihre Bedeutung für Erforschung des Lebens im Meer. *Verhandlungen Deutsche Zoologische Gesellschaft*, **19**: 200-239.
- Martín-Barajas, A., Vázquez-Hernández, S., Carreño, A. L., Helenes, J., Suárez-Vidal, F. y J. Álvarez-Rosales. 2001. Late Neogene Stratigraphy and tectonic control on facies evolution in the Laguna Salada Basin, Northern Baja California, México *en*: Halfar, J. y E. Nava-Marínez (eds.).

- Sedimentation and tectonics along a rift basin margin: The Gulf Of California. Sedimentary Geology*, **144**:5-35.
- Martini, E. 1969. Calcareous nannoplankton from the Kallo well. *Mémoire Explication Cartes géologique Minière Belge*, **11**: 39-41.
- Martini, E: 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. Pp. 737-785 en: Farinacci, A. (ed.). *Proceedings of the second planktonic conference, Rome, 1970*, Rome.
- Martini, E. 1990. Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton biostratigraphy of Peru (ODP Leg 112). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, College Station, TX (Ocean Drilling Program)*, **112**: 217-238.
- Martini, E. y T. Worsley. 1971. Tertiary calcareous nannoplankton from the western equatorial Pacific. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **7**: 1471-1507. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Matsuoka, H. y H. Okada. 1990. Time-progressive morphometric changes of the genus *Gephyrocapsa* in the Quaternary sequence of the tropical Indian Ocean, Site 709. *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results*, **115**: 255-270.
- McCloy, C., Ingle, J. C. y J. A. Barron. 1988. Neogene stratigraphy, foraminifera, diatoms, and depositional history of Maria Madre Island, Mexico; evidence of early Neogene marine conditions in the southern Gulf of California. *Marine Micropaleontology*, **13**:193-212.
- McDougall, K. 2008. Late Neogene marine incursions and the ancestral Gulf of California. *Special Paper of the Geological Society of America*, **439**: 355-373.
- McIntyre, A. 1970. *Gephyrocapsa protohuxleyi* sp. n. a possible phyletic link and index fossil for the Pleistocene. *Deep-Sea Research*, **17**: 187-190.

- Mitchell-Innes, B. A. y A. Winter. 1987. Coccolithophores: a major phytoplankton component of mature upwelled waters off the Cape Peninsula, South Africa in March. *Marine Biology*, **95**: 25-30.
- Molina, E. 2002. Cocolitofóridos y otros nanofósiles calcáreos. Pp 297-312, en: Molina, E: (ed.). *Micropaleontología*. Pressas Universitarias de Zaragoza, España.
- Murray, G. y V. H. Blackman. 1898. On the nature of the Cocospheres and Rhabdospheres. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **190**: 427-441.
- Müller, C. 1974. Calcareous nannoplankton, Leg 25 (Western Indian Ocean). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **25**: 579-633. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Nannotax 3, base de datos de la Asociación Internacional de Nanoplancton <<http://ina.tmsoc.org/Nannotax3/ntax-introduction.html>>. 2014. Young, J., Bown, P. R y J. A. Lees. (eds.). Consultado de 2014-2015.
- Nishida, S. 1971. Nannofossils from Japan IV. Calcareous nannoplankton fossils from the Tonohama Group, Shikoki, southwest Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan. Tokyo*, **83**: 143-161.
- Nanno-Ware.2004 en Sherwood W. Wise, Jr., Mitch Covington, Bryan C. Ladner y Wuchang Wei, compiladores. Electronic Calcareous Nannofossils, International Nannoplankton Association.CD-ROM 1.
- Okada. H. y A. McIntyre. 1977. Modern coccolithophores of the Pacific and North Atlantic Oceans. *Micropaleontology*, **23**: 1-55.
- Oskin, M., J. Stock y A. Martín-Barajas. 2001. Rapid localization of Pacific-North America plate motion in the Gulf of California. *Geology*, **29**:459-462.

- Parfrey, L. W., Grant, J., Tekle, Y. I., Lasek-Nesselquist, E., Morrison, H. C., Sogin, M. L., Patterson, D. L. y L. Katz. 2010. Broadly sampled multigene analyses yield a well-resolved eukaryotic tree of life. *Systematic Biology*, **59**: 518-533.
- Pascher, A. 1910. Chrysomonaden aus dem Hirschberger Grossteiche. *Monographien und Abhandlungen zur Internationalen Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, **1**: 66.
- Perch-Nielsen, K. 1971. Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Coccolithen und verwandten formen aus dem Eozan von Danemark. K. Danske Videnskabernes Selskab. *Biologiske Skrifter. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, **18**: 1-76.
- 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*, **39** 699-823. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Perch-Nielsen, K. 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. Pp. 427-554 en: Bolli, H. M., Saunders, J. B. y K. Perch-Nielsen (eds.). *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press.
- Pirini-Radrizzani, C. y G. Valleri. 1977. New data on calcareous nannofossils from the Pliocene of the Tyrrhenian Basin Site 132, DSDP Leg 13. *Rivista Italiana di Paleontologia*, **83**: 897-924.
- Pujos, A. 1987. Late Eocene to Pleistocene medium-sized and small-sized "Reticulofenestrads". *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, **39**: 239-277.
- Puy-Alquiza, M. I. 1992. Geología de Isla San José, Canal San José y su posible correspondencia con el Macizo Peninsular, Baja California Sur, México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Área interdisciplinaria de Ciencias del Mar, Departamento de Geología Marina, La Paz, B.C.S., México. 164 pp.

- Rade, J. 1975. *Scyphosphaera* evolutionary trends with special reference to Eastern Australia. *Micropaleontology*, **21**: 151-165.
- Raffi, I. y D. Rio. 1979. Calcareous nannofossil biostratigraphy of DSDP Site 132 Leg 132 (Tyrrhenian Sea-western Mediterranean). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **85**: 127-172.
- Raffi, I. y D. Rio. 1981. *Coccolithus pelagicus* (Wallich): a paleotemperature indicator in the late Pliocene Mediterranean deep sea record. Pp. 187-190, en: Wezel, F. C. (ed.), *Sedimentary Basins of Mediterranean Margins*: CNR. Italian Project of Oceanography, Bologna (Tecnoprint).
- Rio, D. 1982. The fossils distribution of coccolithophore genus *Gephyrocapsa* Kamptner and related Plio-Pleistocene chronostratigraphic problems. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **68**: 325-343. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Roth, P. H. 1970. Oligocene calcareous nanoplankton biostratigraphy. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **63**: 799-881.
- Sáez, A. G., Probert, I., Geisen, M., Quinn, P., Young, J. R. y L. K. Medlin. 2003. Pseudo-cryptic speciation in coccolithophores. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, **100**: 7163-7168.
- Saito, T. 1976. Geological significance of coiling direction in the planktonic foraminifera *Pulleniatina*. *Geology*, **4**: 305-309.
- Schiller, J. 1930. Coccolithineae. Pp. 89-267, en: Rabenhorst, L. (ed.), *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Schiller, J. 1925. Die planktonischen Vegetationen des adriatischen Meeres. A. Die Coccolithophoriden-Vegetation in den Jahren 1911-14. *Archiv für Protistenkunde*, **51**: 1-130.

- Schwarz, E. 1932. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Protophyten. IX. Der Formwechsel von *Ochrosphaera neapolitana*. *Archiv für Protistenkunde*, **77**: 434-462.
- Siesser, W. G. 1998. Calcareous nannofossil Genus *Scyphospahera*: structure, taxonomy, biostratigraphy and phylogeny. *Micropaleontology*, **44**: 351-384.
- Stiller, J. W., Huang, J. L., Ding, Q., Tian, J. y C. Goodwill. 2009. Are algal genes in nonphotosynthetic protists evidence of historical plastid endosymbiosis?. *BMC Genomics*, **10**: 484.
- Stradner, H. 1961. Vorkommen von Nannofossilien im Mesozoikum und Alttertiän. *Erdöl-Zeitschrift für Bohr-und Fördertechnik*, **77**: 77-88.
- Sullivan, F. 1965. Lower Tertiary nannoplankton from the California coast ranges. I Paleocene. University of California Publications in Geological Sciences, **53**: 11-75.
- Takayama, T. 1967. First report on nannoplankton of the Upper Tertiary and Quaternary of the southern Kwanto region, Japan. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt Wien*, **110**: 169-198.
- Takayama, T. y T. Sato. 1987. Coccolith biostratigraphy of the North Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 94. Pp. 651-702, en: Ruddiman, W.F. et. al. (eds.). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project 94*, U.S. Government Printing Office, Washington.
- Tan, S.H. 1927. Discoasteridae *incertae sedis*. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Sect Sci*, **30**: 411-419.
- Tappan, H. 1980. Haptophyta, coccolithophores, and other calcareous nannoplankton en The Paleobiology of plant protists. Pp 678-803, en: Tappan, H. (ed.). Freeman. San Francisco, California.

- Theodoridis, S. 1984. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Miocene and revision of the helicoliths and discoasters. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, **32**: 1-271.
- Umhoefer, P. J., Schwennicke, T., Del Margo, M. T., Ruiz-Geraldo, G., Ingle, J. C. y W. McIntosh. 2007. Transtensional fault-termination basins: an important basin type illustrated by the Pliocene San Jose Island basin and related basins in the southern Gulf of California, Mexico. *Basin Research*, **19**: 297-322.
- Varol, O. 1982. Calcareous nannofossils from the Antalya Basin, Turkey. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, **4**: 244-256.
- Varol, O. 1984. New Neogene calcareous nannofossil taxa from Malta and southern Turkey. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, **6**: 375-384.
- Vázquez-Hernández, S., Carreño, A. L. y A. Martín-Barajas. 1996. Stratigraphy and paleoenvironments of the Mio-Pliocene Imperial Formation in the Eastern Laguna Salada area, Baja California, Mexico. Pp. 373-380, en: Abbot, P. y J. Cooper (eds.) American Association of Petroleum Geologists, Field Conference Guide, Pacific Section, SEPM, Book 80.
- Viñas, G. F. 1982. Estudio Bioestratigráfico basado en Nanoplancton Calcáreo del Pozo Extremeño No. 301. IMP, Proyecto C-1125 (Inédito).
- Viñas, G. F. 1985. Estudio Bioestratigráfico, Sedimentológico y Geofísico del Norte de la Cuanta de Altar, Sonora, Nanoplancton Calcáreo. IMP, Proyecto C-3010 (Inédito).
- Wallich, G.C. 1877. Observations on the coccosphere. *Annals and Magazine of Natural History*, **19**: 342-350.

- Warsh, C. E., Warsh, K. L. y R. C. Staley. 1973. Nutrients and water masses at the mouth of the Gulf of California. *Deep-Sea Research*, **20**: 561-570. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Wise, S. W. 1973. Calcareous nannofossils from cores recovered during Leg 18, Deep Sea Drilling Project: biostratigraphy and observations on diagenesis. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **18**: 569-615. U.S. Government Printing Office, Washington.
- Wells, P. y H. Okada. 1997. Response of nannoplankton to major changes in sea-surface temperature and movements of hydrological fronts over Site DSDP 594 (south Chatham Rise, southeastern New Zealand), during the last 130 kyr. *Marine Micropaleontology*, **32**: 341-363.
- Young, J. R. 1998. Neogene. Pp. 225-265, en: Bown, P. R. (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman y Hall, London.
- Young, J. R. 2003. How many species? Analysis of extant nannoplankton biodiversity. *Gaia*, **11**: 87-87.
- Young, J. R. y P. R. Bown. 1991. An ontogenetic sequence of coccoliths from the Late Jurassic Kimmeridge Caly of England. *Palaeontology*, **34**: 843-850.
- Young, J. R. y P. R. Bown. 1997a. Cenozoic calcareous nannofossil classification. *Journal of the Nannoplankton Research*, **19**: 36-47.
- Young, J. R. y P. R. Bown. 1997b. Higher classification of the calcareous nannofossils. *Journal of Nannoplankton Research*, **19**: 15-20.
- Young, J. R. y P. R. Bown. 2014. Some emendments to calcareous nannoplankton taxonomy. *Journal of Nannoplankton Research*, **33**: 39-46.
- Young, J. R., Bergen, J. A., Bown, P. R., Burnett, J. A., Fiorentino, A., Jordan, R. W., Kleijne, A., van Niel, B. E., Romein, A. J. T. y K. von Salis. 1997.

Guidelines for coccolith and calcareous nannofossil terminology.  
*Paleontology*, **40**: 875-912.

Young, J. R., Davis, S. A., Bown, P. R. y S. Mann. 1999. Coccoliths ultrastructure and biomineralisation. *Journal of Structural Biology*, **126**: 195-215.

## ANEXO 1

### Glosario

**Ceratolito** nanolito con forma de herradura (Figura 11a).

**Cocolito** escudo o escama calcítica que forman los cocolitofóridos ([Huxley, 1868](#)) (Figura 11b).

**Cocolitofórido** grupo del nanoplancton calcáreo que pertenece a la división Haptophyta ([Lohmann, 1902](#)) (Figura 11c).

**Cribilito** escudo en forma de disco que exhibe numerosas perforaciones en el área central (Figura 11d).

**Discoaster** nanolito con forma de estrella (Figura 11e).

**Escudo** estructura amplia y subhorizontal que forma parte del anillo en los placolitos (Figura 11f).

**Helicolito** cocolito con una pestaña helicoidal (Figura 11h).

**Lopadolito** anillo elevado y ecuatorial de murolitos del género *Scyphosphaera* ([Lohamann, 1902](#)) (Figura 11i).

**Murolito** cualquier heterococolito con anillo elevado, pero con escudos poco desarrollados ([Young et. al., 1997](#)) (Figura 11j).

**Pentalito** nanolito estrellado con cinco segmentos ([Gran y Braarud, 1935](#)) (Figura 11k).

**Placolito** cualquier heterococolito con dos o más escudos bien desarrollados y unidos por un puente central ([Lohmann, 1902](#)) (Figura 11l).

**Planolito** cualquier heterococolito plano, el anillo no está elevado ([Young et. al., 1997](#)) (Figura 11m).

**Proceso** término usado para cualquier estructura que sobresale del área central (Figura 11g).

**Unidad V** unidades de cristal con una orientación subvertical del eje c (Young y Bown, 1991) (Figura 11o).

**Unidad R** unidades de cristal con una orientación subradial del eje c, relativo a su punto de origen en el anillo (Young y Bown, 1991) (Figura 11p).

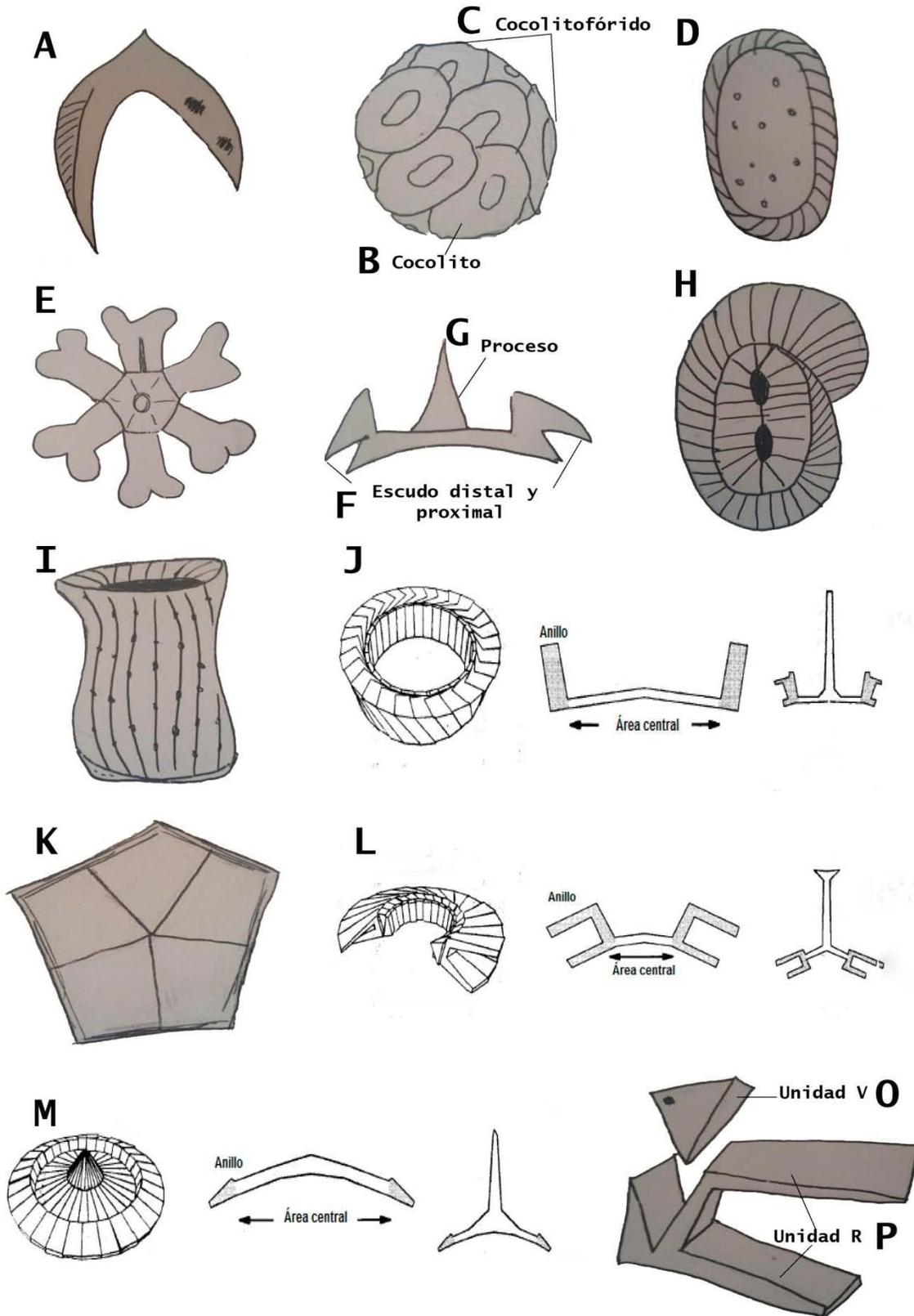


Figura 11. Esquemas de la terminología empleada. Modificado de GSI (2014) y Young *et. al.* (1997).

ANEXO 2

Tabla 4. Lista de especies de nanoplancton calcáreo presentes en las muestras de las columnas de la cuenca Palma Sola, Isla San José, BCS.

| Espece   | Rango de edad Ma |
|--|------------------|
| <i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran y Braarud, 1935) Deflandre, 1947                          | 100.5-0.0        |
| <i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray y Blackman, 1898) Loeblich y Tappan, 1978                  | 22.82-0.0        |
| <i>Calcidiscus macintyreii</i> (Bukry y Bramlette, 1969) Loeblich y Tappan, 1978                 | 18.2-0.9         |
| <i>Ceratolithus cristatus</i> Kamptner 1950  | 5.12-0.0         |
| <i>Ceratolithus rugosus</i> Bukry y Bramlette, 1968  | 5.1-1.7          |
| <i>Ceratolithus</i> sp.  | 5.59-0.0         |
| <i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich, 1877) Schiller, 1930                                      | 66.04-0.0        |
| <i>Coccolithus pliipelagicus</i> Wise, 1973  | 5.6-2.0          |
| <i>Coccolithus streckeri</i> Takayama y Sato, 1987   | 15.6-0.0         |
| <i>Coronocyclus nitescens</i> (Kamptner, 1963) Bramlette y Wilcoxon, 1967                        | 46.29-11.9*      |
| <i>Discoaster brouweri</i> Tan, 1927 emend. Bramlette y Riedel, 1954                             | 10.8-2.0         |
| <i>Discoaster formosus</i> Martini y Worsley, 1971*  | 15.6-13.5*       |
| <i>Discoaster</i> aff. <i>pentaradiatus</i> Tan, 1927  | 8.59-5.59        |
| <i>Discosphaera</i> sp   | 23.03-0.0        |
| <i>Gephyrocapsa</i> pequeñas   | 4.1-0.02         |
| <i>Gephyrocapsa aperta</i> Kamptner, 1963  | 4.1-0.02         |
| <i>Gephyrocapsa margereli</i> Brèhéret, 1978   | 4.1-0.02         |
| <i>Gephyrocapsa protohuxleyi</i> Gartner, 1977   | 4.1-0.02         |
| <i>Hayaster perplexus</i> (Bramlette y Riedel, 1954) Bukry, 1973                                 | 57.21-0.0        |
| <i>Hayella</i> sp  | 49.11-5.12       |
| <i>Helicosphaera</i> aff. <i>ampliaperta</i> Bramlette y Wilcoxon, 1967                          | 22.82-14.91*     |
| <i>Helicosphaera burkei</i> (Black, 1971) Theodoris, 1984  | 15.6-8.6*        |
| <i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich, 1877) Kamptner, 1954                                      | 23.13-0.0        |
| <i>Helicosphaera kamptneri</i> (Hay y Mohler en Hay et. al., 1967) Locker, 1973                  | 23.9-0.0         |
| <i>Helicosphaera selli</i> (Bukry y Bramlette, 1969) Jafar y Martini, 1975                       | 5.59-0.44        |
| <i>Holodiscolithus macroporus</i> (Deflandre en Deflandre y Fert, 1954) Roth, 1970               | 57.21-0.29       |
| <i>Oolithotus</i> sp   | 23.03-0.0        |
| <i>Pontosphaera callosa</i> (Martini, 1969) Varol, 1982  | 15.6-2.0         |
| <i>Pontosphaera discopora</i> Schiller, 1925   | 23.03-0.0        |
| <i>Pontosphaera</i> aff. <i>japonica</i> (Takayama, 1967) Nishida, 1971                          | 23.03-0.0        |
| <i>Pontosphaera multipora</i> (Kamptner, 1948 ex Deflandre en Deflandre y Fert, 1954) Roth, 1970 | 66.04-0.0        |
| <i>Pseudoemiliana lacunosa</i> (Kamptner, 1963) Gartner, 1969                                    | 3.92-0.44        |
| <i>Pseudoemiliana ovata</i> (Bukry, 1973) Young, 1998  | 4.13-0.44        |
| <i>Reticulofenestra haqii</i> Backman, 1978  | 22.82-3.7        |
| <i>Reticulofenestra minuta</i> Roth, 1970  | 50.5-2.59        |
| <i>Reticulofenestra minutula</i> (Gartner, 1967) Haq y Berggren, 1978                            | 3.92-1.93        |
| <i>Reticulofenestra rotaria</i> Theodoris, 1984  | 7.42-6.91*       |
| <i>Reticulofenestra</i> sp   | 55.96-0.0        |
| <i>Scyphosphaera apsteinii</i> Lohmann, 1902   | 53.7-0.0         |
| <i>Scyphosphaera biarritzensis</i> Lezaud, 1968  | 53.7-0.0         |
| <i>Scyphosphaera brevisa</i> Varol, 1984   | 15.6-0.6         |
| <i>Scyphosphaera campanula</i> Deflandre, 1942   | 15.6-2.0         |
| <i>Scyphosphaera darraghi</i> Rade, 1975   | 15.6-2.0         |
| <i>Scyphosphaera gladstonensis</i> Rade, 1975  | 5.6-0.6          |
| <i>Scyphosphaera globulata</i> Bukry y Percival, 1971  | 10.8-0.6         |
| <i>Scyphosphaera halldali</i> Deflandre y Fert, 1954   | 8.6-5.0          |
| <i>Scyphosphaera kamptneri</i> Müller, 1974  | 8.6-2.0          |
| <i>Scyphosphaera pacifica</i> Rade, 1975   | 5.6-0.6          |
| <i>Scyphosphaera penna</i> Kamptner, 1955  | 10.8-2.8         |
| <i>Scyphosphaera pulcherrima</i> Deflandre, 1942   | 15.6-0.6         |
| <i>Scyphosphaera recta</i> (Deflandre) Kamptner, 1955  | 10.8-0.25        |
| <i>Scyphosphaera recurvata</i> Deflandre, 1942   | 32.3-0.25        |
| <i>Scyphosphaera</i> aff. <i>rottiensis</i> Jafar, 1975  | 10.8-2.0         |
| <i>Syracosphaera histrica</i> Kamptner, 1941   | 2.59-0.0         |
| <i>Syracosphaera pulchra</i> Lohmann, 1902   | 5.33-0.0         |
| <i>Thoracosphaera fossata</i> Jafar, 1975  | 23.9-5.6         |
| <i>Thoracosphaera saxea</i> Stradner, 1961   | 62.2-0.0         |
| <i>Umbilicosphaera foliosa</i> (Kamptner, 1963) Geisen in Sáez et. al., 2003                     | 13.5-0.2         |
| <i>Umbilicosphaera sibogae</i> (Weber-van Bosse) Gaarder 1970                                    | 5.6-0.2          |

Alcances estratigráficos tomados de [Nannotax website, 2014](#)

Alcances estratigráficos tomados de [Nannoware versión 3.1](#)

Alcances estratigráficos tomados de [Siesser, 1998](#)

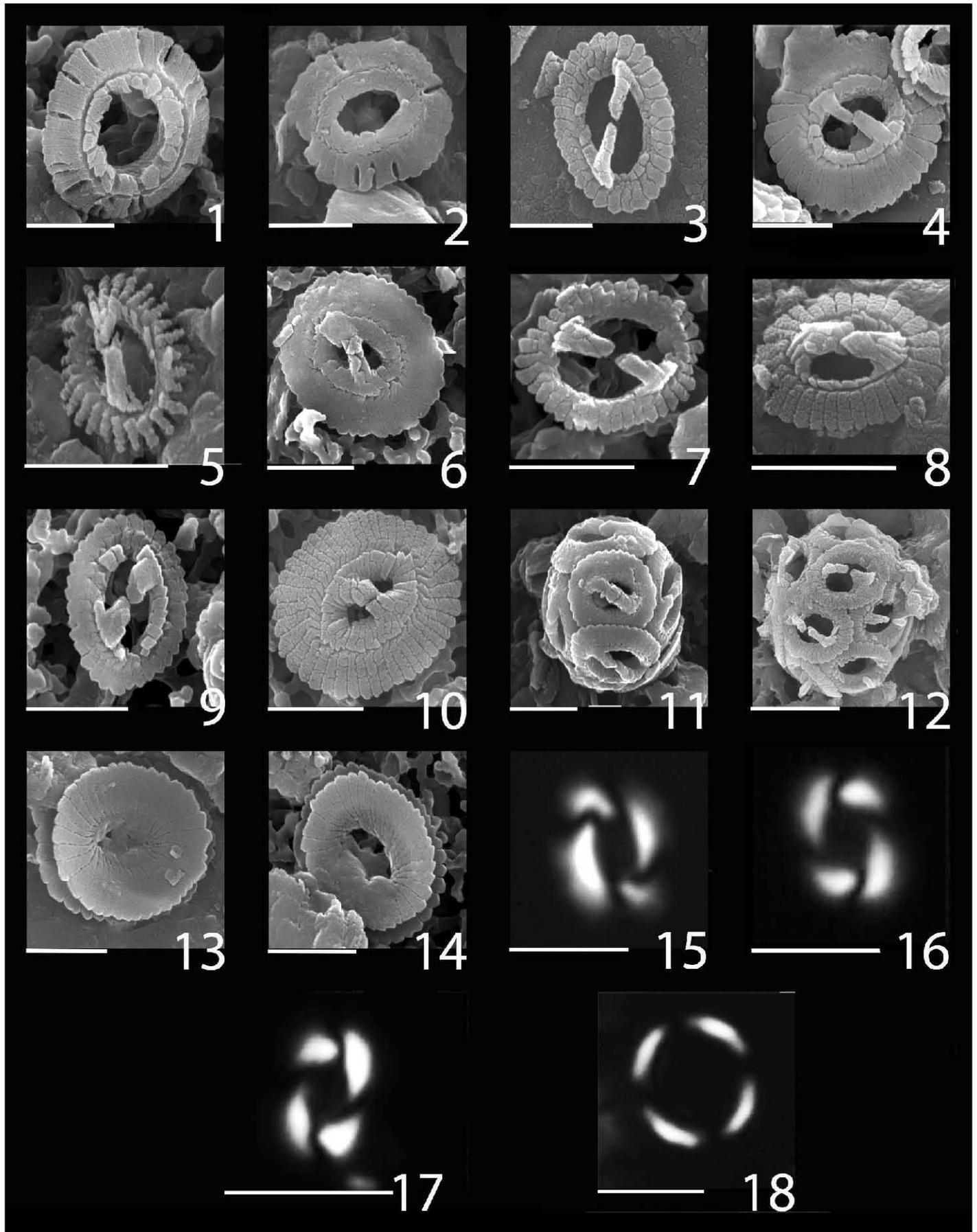
\* Ejemplares retrabajados

# LÁMINAS

Todos los especímenes ilustrados con microscopio petrográfico (MP) fueron tomados con aumentos de 100X inmersión, los especímenes ilustrados con microscopio electrónico de barrido (MEB) fueron tomados con diferentes aumentos, la equivalencia de las barras se menciona en cada lámina.

**LÁMINA 1** - Barra en fotomicrografías MP = 3 µm y MEB = 2 µm**Isochrysidales Pacer, 1910.**

1. *Pseudoemiliana lacunosa* IGMD-132-Mi (Kamptner, 1963) Ganar, 1969. IGMD-132-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
2. *Pseudoemiliana ovata* IGMD-133-Mi (Bukry, 1973) Young, 1998. IGMD-133-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
3. *Gephyrocapsa aperta* IGMD-109-Mi Kamptner, 1963. IGMD-109-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
4. *Gephyrocapsa margereli* IGMD-110-Mi Brèhéret, 1978. IGMD-110-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
5. *Gephyrocapsa protohuxleyi* IGMD-111-Mi McIntyre, 1970. IGMD-111-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
6. *Gephyrocapsa* small 1 IGMD-112-Mi Gartner, 1977. IGMD-112-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
7. *Gephyrocapsa* small 2 IGMD-113-Mi Gartner, 1977. IGMD-113-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
8. *Gephyrocapsa* small 3 IGMD-114-Mi Gartner, 1977. IGMD-114-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
9. *Gephyrocapsa* small 4 IGMD-115-Mi Gartner, 1977. IGMD-115-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
10. *Gephyrocapsa* small 5 IGMD-116-Mi Gartner, 1977. IGMD-116-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
11. *Gephyrocapsa* small 6 IGMD-117-Mi Gartner, 1977. IGMD-117-Mi. Cromosfera. Muestra IGML-164-Mi.
12. *Gephyrocapsa* small 7 IGMD-118-Mi Gartner, 1977. IGMD-118-Mi. Cromosfera. Muestra IGML-164-Mi.
13. *Reticulofenestra* sp 1. IGMD-138-Mi. Escudo proximal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
14. *Reticulofenestra* sp 2. IGMD-139-Mi. Escudo proximal 0°. Muestra IGML-14-Mi.
15. *Reticulofenestra haqii* IGMD-134-Mi Backman, 1978. IGMD-134-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
16. *Reticulofenestra minutula* IGMD-136-Mi (Gartner, 1967) Haq y Berggren, 1978. IGMD-136-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
17. *Reticulofenestra minuta* IGMD-135-Mi Roth, 1970. IGMD-135-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
18. *Reticulofenestra rotaria* IGMD-137-Mi Theodoris, 1984. IGMD-137-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-186-Mi.



**LÁMINA 2** Barra en fotomicrografías MP = 5 µm y MEB = 3 µm**Cocolithales Schwarz, 1932**

1. *Calcidiscus leptoporus* IGMD-96-Mi (Murray y Blackman, 1898) Loeblich y Tappan, 1978. IGMD-96-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
2. *Calcidiscus macintyreii* IGMD-97-Mi (Bukry y Bramlette, 1969) Loeblich y Tappan, 1978. IGMD-97-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
3. *Coccolithus pelagicus* IGMD-101-Mi (Wallich, 1877) Schiller, 1930. IGMD-101-Mi. Cocosphaera. Muestra IGML-228-Mi.
4. *Coccolithus streckeri* IGMD-103-Mi Takayama y Sato, 1987. IGMD-103-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
5. *Umbilicosphaera sibogae* IGMD-160-Mi (Weber-van Bosse) Gaarder, 1970. IGMD-160-Mi. Escudo proximal 0°. Muestra IGML-226-Mi.
6. *Coccolithus pliipelagicus* IGMD-102-Mi Wise, 1973. IGMD-102-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-160-Mi.
7. *Umbilicosphaera foliosa* IGMD-159-Mi (Kamptner, 1963) Geisen in Sáez et al., 2003. IGMD-159-Mi. Escudo proximal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
8. *Coronocyclus nitescens* IGMD-104-Mi (Kamptner, 1963) Bramlette y Wilcoxon, 1967. IGMD-104-Mi. Escudo distal 0°. Muestra IGML-184-Mi.
9. *Hayaster perplexus* IGMD-119-Mi (Bramlette y Riedel, 1954) Bukry, 1973. IGMD-119-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-188-Mi.
10. *Hayella* sp. IGMD-120-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-178-Mi.
11. *Oolitothus* sp. IGMD-127-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-184-Mi.



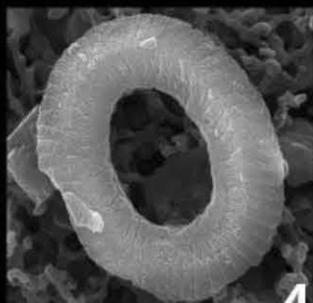
1



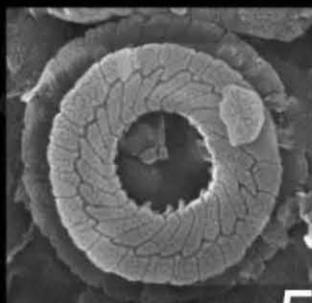
2



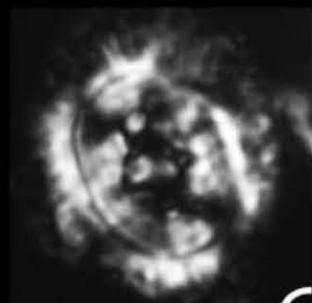
3



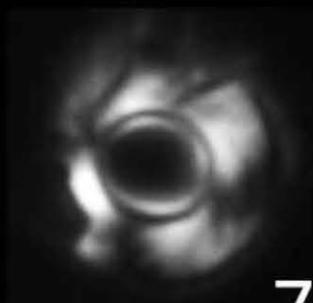
4



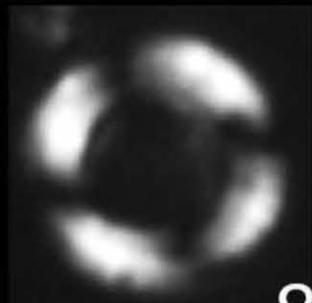
5



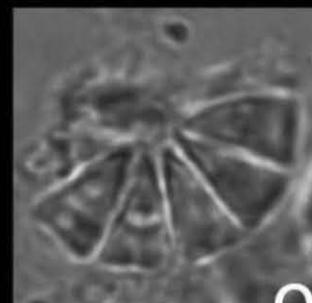
6



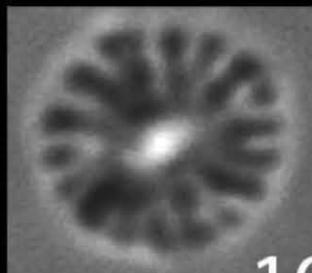
7



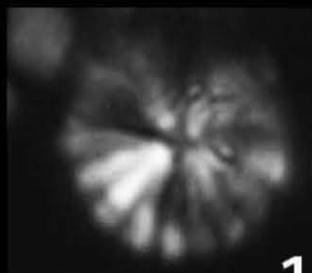
8



9



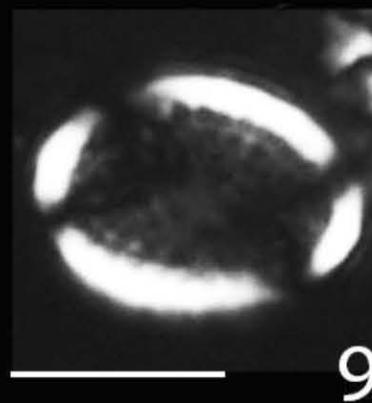
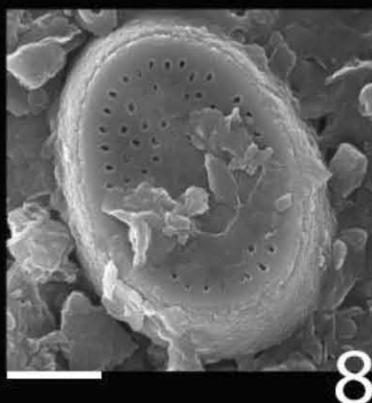
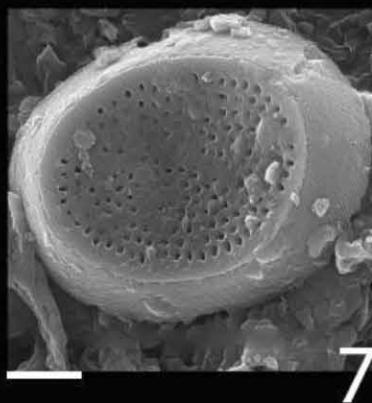
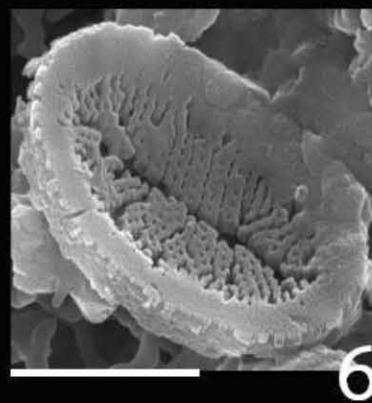
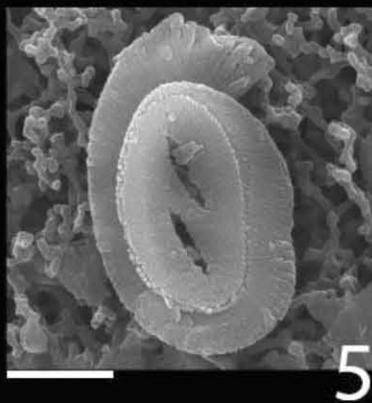
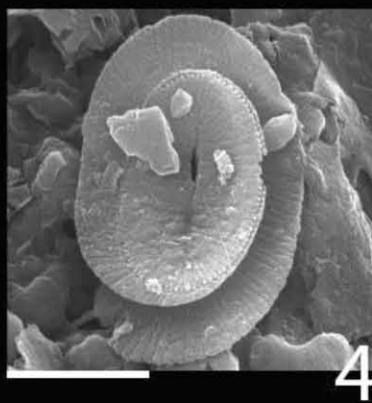
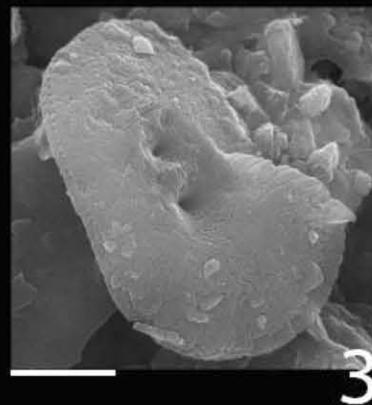
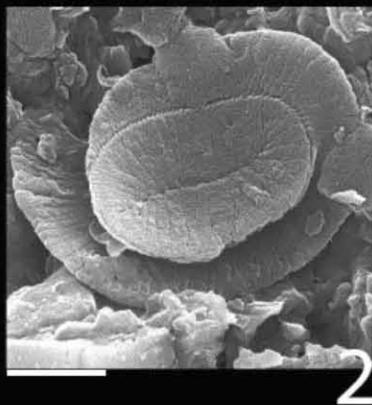
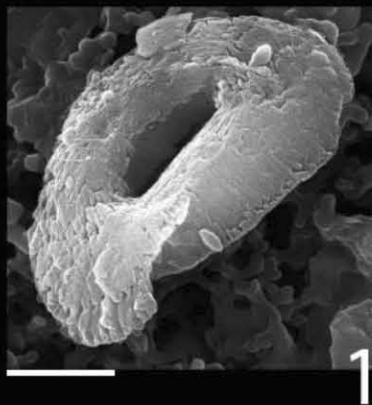
10



11

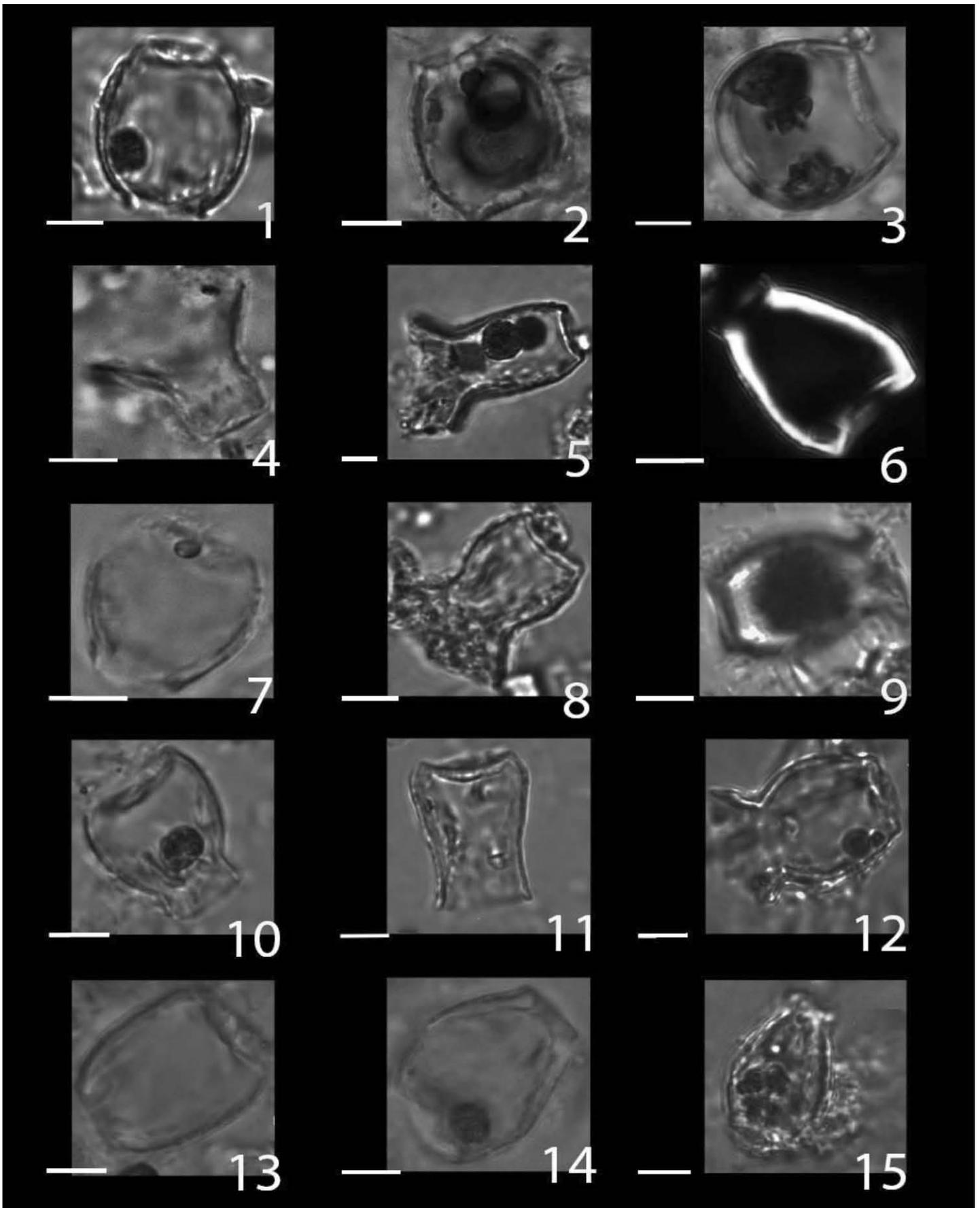
**LÁMINA 3** Barra en fotomicrografías MP = 5 µm y MEB = 3 µm**Zygodiscales Young y Bown, 1997**

1. *Helicosphaera* aff. *ampliaperta* IGMD-121-Mi [Bramlette y Wilcoxon, 1967](#).  
IGMD-121-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
2. *Helicosphaera*. *burkei* IGMD-122-Mi ([Black, 1971](#)) [Theodoridis, 1984](#). IGMD-  
122-Mi. Vista proximal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
3. *Helicosphaera carteri* IGMD-123-Mi ([Wallich, 1877](#)) [Kamptneri, 1954](#). IGMD-  
123-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-228- Mi.
4. *Helicosphaera kamptneri* IGMD-124-Mi ([Hay y Mohler en Hay et. al., 1967](#))  
[Locker, 1973](#). IGMD-1124-Mi. Vista proximal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
5. *Helicosphaera sellii* IGMD-125-Mi ([Bukry y Bramlette, 1969](#)) [Jafar y Martini,](#)  
[1975](#). IGMD-125-Mi. Vista proximal 0°. Muestra IGML-228-Mi.
6. *Pontosphaera* aff. *japonica* IGMD-130-Mi ([Tayakama, 1967](#)) [Nishida, 1971](#).  
IGMD-130-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
7. *Pontosphaera discopora* IGMD-129-Mi [Schiller, 1925](#). IGMD-129-Mi. Vista  
proximal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
8. *Pontosphaera multipora* IGMD-131-Mi ([Kamptner, 1948](#)) [Roth, 1970](#). IGMD-  
131-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-164-Mi.
9. *Pontosphaera callosa* IGMD-128-Mi ([Martini, 1969](#)) [Varol, 1982](#). IGMD-128-  
Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-178-Mi.



**LÁMINA 3.2** Barra en fotomicrografías MP = 5 µm y MEB = 3 µm**Zygodiscales Young y Bown, 1997**

1. *Scyphosphaera apsteinii* IGMD-140-Mi Lohmann, 1902. IGMD-140-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-166-Mi.
2. *Scyphosphaera biarritzensis* IGMD-141-Mi Lezaud, 1968. IGMD-141-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-228-Mi.
3. *Scyphosphaera brevis* IGMD-142-Mi Varol, 1984. IGMD-142-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-228-Mi.
4. *Scyphosphaera campanula* IGMD-143-Mi Deflandre, 1942. IGMD-143-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-228-Mi.
5. *Scyphosphaera darraghi* IGMD-144-Mi Rade, 1975. IGMD-144-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-180-Mi.
6. *Scyphosphaera gladstonensis* IGMD-145-Mi Rade, 1975. IGMD-145-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-164-Mi.
7. *Scyphosphaera globulata* IGMD-146-Mi Bukry y Percival, 1971. IGMD-146-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-228-Mi.
8. *Scyphosphaera halldali* IGMD-147-Mi Deflandre y Fert, 1954. IGMD-147-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-188-Mi.
9. *Scyphosphaera* aff. *kamptneri* IGMD-148-Mi Müller, 1974. IGMD-148-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-228-Mi
10. *Scyphosphaera pacifica* IGMD-149-Mi Rade, 1975. IGMD-149-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-166-Mi.
11. *Scyphoaphaera penna* IGMD-150-Mi Kamptner, 1955. IGMD-150-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-178-Mi.
12. *Scyphosphaera pulcherrima* IGMD-151-Mi Deflandre, 1942. IGMD-151-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGM-216- Mi.
13. *Scyphosphaera recta* IGMD-152-Mi (Deflandre) Kamptner, 1955. IGMD-152-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-228-Mi.
14. *Scyphosphaera recurvata* IGMD-153-Mi Deflandre, 1942. IGMD-153-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-228-Mi.
15. *Scyphosphaera* aff. *rottiensis* IGMD-154-Mi Jafar, 1975. IGMD-154-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-160-Mi.



**LÁMINA 4** Barra en fotomicrografías MP = 5 µm y MEB = 3 µm**Holococcolitos fósiles**

1. *Holodiscolithus macroporus* IGMD-126-Mi (Deflandre en Deflandre y Fert, 1954) Roth, 1970. IGMD-126-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-228-Mi.

**Syracosphaerales Hay, 1977**

2. *Discosphaera* sp. IGMD-108-Mi IGMD-108-Mi. Vista lateral 0°. Muestra IGML-164-Mi.
3. *Syracosphaera histrica* IGMD-155-Mi Kamptner, 1941. IGMD-155-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGM-164-Mi.
4. *Syracosphaera pulchra* IGMD-156-Mi Lohmann, 1902. IGMD-156-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-204-Mi.

**Discoasterales Hay, 1977**

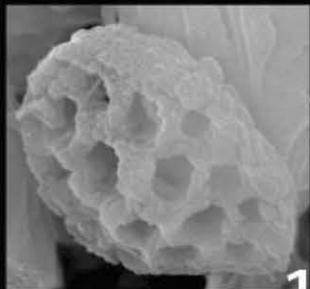
5. *Discoaster brouweri* IGMD-105-Mi Tan, 1927 emend. Bramlette y Riedel, 1954. IGMD-105-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-186-Mi.
6. *Discoaster formosus* IGMD-106-Mi Martini y Worsley, 1971. IGMD-106-Mi. Vista distal 0°. Muestra IGML-204-Mi.
7. *Discoaster* aff. *pentaradiatus* IGMD-107-Mi Tan, 1927. IGMD-1107-Mi. Vista proximal 0°. Muestra IGML-202-Mi.

**Nanolitos *Incertae sedis***

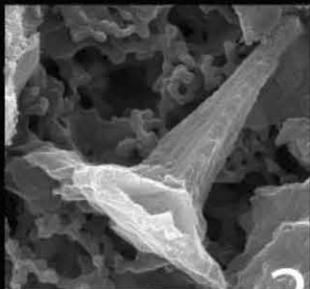
8. *Braarudosphaera bigelowii* IGMD-95-Mi (Gran y Braarud, 1935) Deflandre, 1947. IGMD-95-Mi. Vista superior 0°. Muestra IGML-181-Mi.
9. *Ceratolithus rugosus* IGMD-99-Mi Bukry y Bramlette, 1968. IGMD-99-Mi. Vista superior 0°. Muestra IGML-186-Mi.
10. *Ceratolithus cristatus* IGMD-98-Mi Bukry y Bramlette, 1968. IGMD-98-Mi. Vista superior 0°. Muestra IGML-188-Mi.
11. *Ceratolithus* sp. IGMD-100-Mi IGMD-100-Mi. Vista superior 0°. Muestra IGML-178-Mi.

**No coccolitos: Dinoflagelados calcáreos**

12. *Thoracosphaera fossata* IGMD-157-Mi Jafar, 1975. IGMD-157-Mi. Vista superior 0°. Muestra IGML-176-Mi.
13. *Thoracosphaera saxea* IGMD-158-Mi Stradner, 1961. IGMD-158-Mi. Vista superior 0°. Muestra IGML-166-Mi.



1



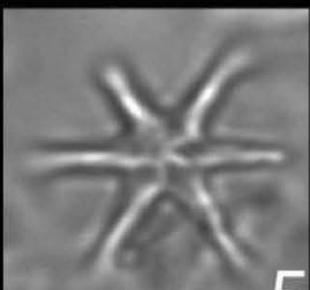
2



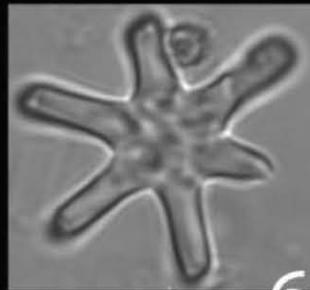
3



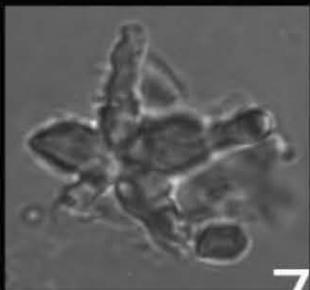
4



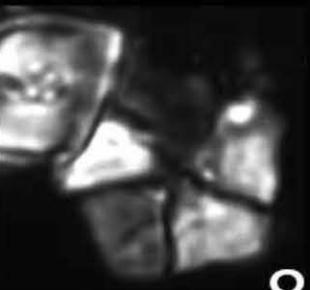
5



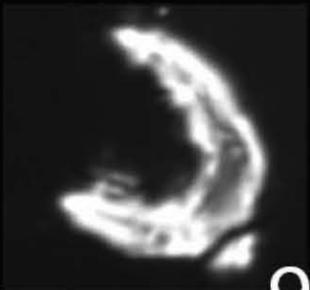
6



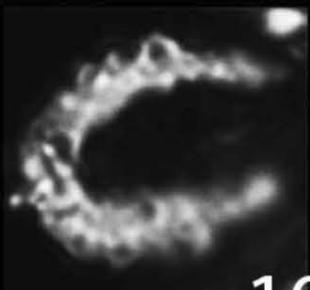
7



8



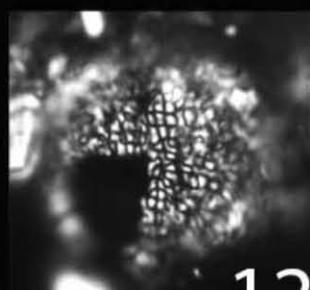
9



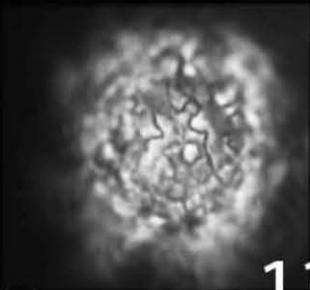
10



11



12



13

^ ^

“Deseo

escribir

al

go

t a n

m i s t e

r i o s o

como

un gato” Poe