



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE COCOLITOFÓRIDOS  
(HAPTOPHYTA) EN EL PACIFICO MEXICANO**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
(BIOLOGÍA MARINA)**

PRESENTA:

**BIÓL. ROCÍO TORRES MARTÍNEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRIL  
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA)**

COMITÉ TUTORAL:

**DRA. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA  
(FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA)**

**DR. JAVIER CARMONA JIMÉNEZ  
(FACULTAD DE CIENCIAS UNAM)**

**DRA. DENÍ CLAUDIA RODRÍGUEZ VARGAS  
(FACULTAD DE CIENCIAS UNAM)**

**DRA. HILDA PATRICIA LEÓN TEJERA  
(FACULTAD DE CIENCIAS UNAM)**

MÉXICO, D.F., SEPTIEMBRE, 2015.



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.



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología  
Universidad Nacional Autónoma de México



COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE  
COCOLITOFÓRIDOS (HAPTOPHYTA) EN EL PACIFICO MEXICANO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

(BIOLOGÍA MARINA)

P R E S E N T A:

**BIÓL. ROCÍO TORRES MARTÍNEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRIL**  
(INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA)

COMITÉ TUTORAL:

**DRA. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA**  
(FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA UNAM)

**DR. JAVIER CARMONA JIMÉNEZ**  
(FACULTAD DE CIENCIAS UNAM)

**DRA. HILDA PATRICIA LEÓN TEJERA**  
(FACULTAD DE CIENCIAS UNAM)

**DRA. DENÍ CLAUDIA RODRÍGUEZ VARGAS**  
(FACULTAD DE CIENCIAS UNAM)

MÉXICO, D.F., 2015.



	Resumen	
<b>I.</b>	Introducción	1
	Origen y evolución	2
	Morfología	3
	Reproducción y ciclo de vida	4
	Hábitat y distribución	4
<b>II.</b>	Antecedentes	6
<b>III.</b>	Justificación	8
<b>IV.</b>	Hipótesis	9
<b>V.</b>	Objetivos	9
<b>VI.</b>	Área de estudio	10
	Costa occidental de la península de Baja California (Zona I)	11
	Golfo de California (Zona2)	11
	Pacífico tropical mexicano MAREAR II y V (Zona 3)	12
<b>VII.</b>	Marco metodológico	14
	Trabajo de campo	14
	Muestreo de agua	15
	Filtración	17
	Trabajo de laboratorio	17
	Análisis de datos	17
<b>VIII.</b>	Resultados	19
	Riqueza y composición general	19
	Riqueza y composición por zona	69
	Abundancia y distribución de cocolitofóridos en los transectos de muestreo	71
	Abundancia y distribución de las especies de cocolitofóridos en la columna de agua	80
<b>IX.</b>	Discusión	100
<b>X.</b>	Conclusión	105
<b>XI.</b>	Bibliografía	106

*Dedico este trabajo a la maravillosa familia que he formado a lado del hombre que cambio mi vida por completo y al que sigo amando igual o más que el primer día.*

*Gracias por ser fuente inagotable de alegrías, abrazos, besitos, travесuras y sobretodo paciencia y mucho amor.*

*Angel, Emilio, BB los amo y nuevamente les dedico mi vida entera.*

*Donde reina el amor, sobran las leyes*

*-Platón-*

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

En esta labor de agradecer, jamás terminaría de llenar páginas y páginas con todas las cosas que he tenido la fortuna de aprender y obtener de ustedes, de entre tantas cosas por mencionar la más importante agradezco el infinito amor que cada uno me demuestra a su manera. Soy una mujer muy feliz y plena y eso en mayor medida es gracias a la fortuna que me tocó en la vida de tenerlos como padres.

Hermano, gracias por todos los momentos de locura a lado tuyo ¡te amo aunque estés en esa insoportable etapa!

Gaby, Norita, Tomys y Aiiian mil agradecimientos por aparecer en mi vida, estar en los momentos complejos de mi existencia y por querer a mi familia tanto como es posible.

¡GRACIAS INFINITAS!

## AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Agradezco la posibilidad de culminar el presente trabajo a mi hermosa casa de estudios UNAM, de la cual estoy orgullosa de pertenecer y la cual ha abierto innumerables puertas para el desarrollo tanto personal como académico de mi existencia.

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, el cual me permitió culminar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca para apoyar necesidades económicas durante la realización del presente trabajo.

Agradezco inmensamente al Dr. David Uriel Hernández Becerril por toda la experiencia, conocimiento, apoyo, paciencia, espacio, y buenas charlas y momentos compartidos que hicieron menos pesado el paso por este semaforonte de mi vida.

A mi comité asesor, (Dra. Elizabeth Ortega, Dr. Javier Carmona, Dra. Hilda León y Dra. Dení Rodríguez) por el tiempo invertido en la revisión del presente trabajo y los comentarios, sugerencias y críticas atinadas para la mejora del mismo.

A Yolanda Hornelas Orozco por su tiempo y dedicación en la toma de tan maravillosas imágenes en el MEB.

A todos los profesores del posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de quienes adquirí nuevos conocimientos y experiencias que me ayudaron a crecer académicamente de alguna u otra forma.

Al equipo administrativo del posgrado (Diana, Lupita, Chantal y Gaby) por su tiempo en la orientación y realización de trámites necesarios para la obtención del grado.

A mi compañera de laboratorio y ahora de cubículo Kari le agradezco el último empujón para culminar el presente trabajo.

¡MUCHAS GRACIAS!





## RESUMEN

El presente trabajo se realizó a partir de las muestras de agua y datos recabados en cuatro campañas oceanográficas a bordo del buque oceanográfico “El Puma”. Las campañas se llevaron a cabo en 3 diferentes zonas del Pacífico mexicano: costa occidental de Baja California, Golfo de California y Pacífico central mexicano (en esta última zona se realizaron dos muestreos, una en el año 2010 y otra en 2013). En general se identificaron 52 especies, de las cuales 48 corresponden al grupo de los heterococolitofóridos, 2 especies al de los holococolitofóridos y 2 más al grupo de los nannolitos. De las distintas áreas de estudio, la que corresponde al Golfo de California fue en la que se registró la mayor riqueza de especies con un total de 30 taxones descritos; por el contrario en la zona del Pacífico central mexicano durante el año 2013 se identificaron sólo 13 especies. Por otra parte, las especies con mayor distribución a lo largo del Pacífico mexicano fueron: *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Calcidiscus leptoporus* y *Coronosphaera mediterranea*. Las especies que en general registraron mayores abundancias en las 3 zonas de estudio fueron: *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*, además de *Umblicosphaera hulburtiana* en las estaciones del Golfo de California y *Reticulofenestra sessilis* en el Pacífico central. Las mayores abundancias de células por litro se observaron en zonas de aportes de nutrientes, tales como centros de giro, surgencias o desembocaduras de agua residual o fluvial. Finalmente, con base en la composición de las especies y a partir de un análisis multivariado tipo “Cluster” se agruparon las diferentes estaciones de muestreo de las 3 zonas de estudio, por lo cual este trabajo evidencia que existe una diferencia marcada entre las características ambientales en las distintas zonas del Pacífico mexicano.

## I. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton está conformado por diversos grupos de micro algas, las cuales constituyen el primer nivel dentro de las redes tróficas acuáticas al llevar a cabo la producción primaria a través de la fotosíntesis, los grupos taxonómicos que tienen mayor representatividad dentro del fitoplancton marino son las diatomeas, los dinoflagelados, los silicoflagelados y los cocolitofóridos (Hernández-Becerril., 2014).

Los cocolitofóridos pertenecen a la división Haptophyta (debido a la presencia de una estructura denominada haptonema) y son un grupo de algas unicelulares de talla pequeña (<25  $\mu\text{m}$ ) compuesto por más de 200 morfoespecies. Estos organismos además de realizar el proceso fotosintético para la obtención de energía, tienen como característica principal, la presencia de placas calcáreas alrededor de la célula, se infiere que la función de estas placas es proteger a la célula de la radiación solar y de la posible ruptura celular por contacto con otros organismos (Young, 2003).

La importancia de los cocolitofóridos a nivel ecológico va más allá del proceso de fotosíntesis y se basa en la asimilación del  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) y de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio) disueltos en el agua marina como parte de su metabolismo, el primero como compuesto fundamental del proceso fotosintético y el segundo para la formación de sus placas calcáreas; dichos procesos disminuyen la presencia del  $\text{CO}_2$  y el  $\text{CaCO}_3$  en el agua e impiden su retorno a la atmósfera cuando al morir la célula, sus cocolitos son depositados en el fondo marino, el cual funciona a su vez como sumidero de muchos de los gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera de manera natural y/o antropogénica (Mejia *et. al.*, 2006), entre los cuales destaca el  $\text{CO}_2$ . Son además productores de carbono orgánico, carbonato de calcio y dimetilsulfuro. Estos organismos son también los principales formadores de sedimentos fósiles y marcadores clave en la bioestratigrafía y valiosos indicadores de cambios paleoceanográficos.

## Origen y evolución

Se han realizado varios análisis genéticos y moleculares los cuales han demostrado que las haptofitas son un grupo discreto de algas protistas que probablemente divergieron durante el Precámbrico hace  $\sim 600$  Ma, posteriormente adquirieron los cloroplastos como resultado de una endosimbiosis secundaria durante el Paleozoico Tardío ( $\sim 300-400$  Ma) y la calcificación se desarrolló aún más tarde, dando lugar a los cocolitofóridos. Tanto el reloj molecular como la evidencia geológica sugiere que esto sucedió en el Mesozoico Temprano hace  $\sim 250$  Ma, aunque otros autores sugieren que la aparición de los cocolitofóridos se dio durante el Triásico Tardío hace aproximadamente 225 Ma (Bown, 1998) y que desde entonces estos organismos han evolucionado y se han diversificado. (Jordan y Chamberlain, 1997; Young *et al.*, 2003).

Ya hacia el Cretácico, los cocolitofóridos estaban altamente diversificados y eran cosmopolitas (Tappan, 1980), abundaban tanto en aguas costeras como oceánicas y también se distribuían de igual forma en las zonas polares que en las ecuatoriales (Brand, 1994); sin embargo, para el final de este periodo la mayoría de las especies de cocolitofóridos se extinguió junto con muchas otras especies debido quizás a que una capa espesa de polvo cubrió la atmósfera terrestre impidiendo el paso de la radiación solar, condición que puede afectar a estos organismos fotosintéticos (Brand, 1994). Luego de dicho evento, las diatomeas, otro grupo de microalgas, que fueron escasas en el Mesozoico se vieron poco afectadas por el evento de extinción del Cretácico y dominaron entonces el hábitat que ocupaban los cocolitofóridos.

Hoy en día, las diatomeas son mucho más diversas y abundantes en la mayoría de las aguas costeras y zonas polares y si bien, los cocolitofóridos han recuperado cierta dominancia en zonas templadas y tropicales, no son tan diversos como lo fueron en el Mesozoico y se cree que esto es consecuencia de la competencia con otros grupos del fitoplancton. (Brand, 1994).

## Morfología

Como ya se mencionó, los cocolitofóridos están constituidos por una célula rodeada de pequeñas estructuras calcificadas llamadas cocolitos, al conjunto de estas pequeñas estructuras se les denomina cocosfera, la cual suele contener uno o dos tipos de cocolitos de acuerdo al género y a la especie a la que pertenezcan, el tipo de cocolitos que porte la cocosfera dependerá también de la etapa del ciclo de vida en el que se encuentre el organismo (Cros, 2001). Las formas de las cocosferas pueden en general, clasificarse en tres tipos, elíptica, sub-esférica y esférica.

Los cocolitofóridos se separan en dos grandes grupos de acuerdo al tipo de cocolitos que rodean a la célula, los Holococolitofóridos están rodeados de cocolitos de tipo holococolito, los cuales son pequeños cristales de aragonita de forma y tamaño homogéneo, la biomineralización de estas estructuras se lleva a cabo extracelularmente en el periplasto (Rowson *et al.*, 1986); por otra parte las cocosferas de los Heterococolitofóridos están conformadas por cocolitos de tipo heterococolito que son pequeñas placas simétricas de forma y tamaño variable, que se calcifican intracelularmente en una estructura llamada anillo formador de cocolitos (proto-cocolith ring). (Westbroek *et al.*, 1989; Young, 1989; Fresnel, 1989), los cuales luego de su formación por medio de una invaginación son expulsados de la célula.

El haptonema se constituye de siete microtúbulos simples que son rodeados por la membrana del retículo endoplasmático. El haptonema no tiene el mismo movimiento que los flagelos y se le relaciona con el comportamiento fagotrófico de algunas haptofitas y con cierta capacidad de fijación a algún substrato (Billard e Inouye, 2004).

Se ha observado que los flagelos de los cocolitofóridos confieren cierta movilidad a la célula tanto horizontal como verticalmente en la columna de agua.

Tanto el haptonema como los flagelos no están presentes durante todo el ciclo de vida del organismo, estas estructuras se han podido observar en fases del ciclo en las que las células no presentan cocolitos (Billard e Inouye, 2004).

## Reproducción y ciclo de vida

La reproducción de los cocolitofóridos es en general como en la mayoría de las haptofitas, asexual por bipartición. La reproducción sexual corresponde a una isogamia en un ciclo haplontico como uno de los ciclos más sencillos, aunque se han observado ciclos mucho más complejos (Billard e Inouye, 2004) (Fig. 2).

Los géneros *Pleurochystis* y *Emiliana* pueden presentar ciclos de vida muy complejos, incluyendo fases en las que se observan escamas orgánicas debajo de los cocolitos, sólo escamas orgánicas o fases sin escamas ni cocolitos (Fresnel, 1989; Billard, 1994).

Se ha reconocido que la presencia de holococolitos y heterococolitos es diagnóstica de la fase del ciclo de vida en la que el cocolitofórido se encuentre (haploide o diploide), presentando así holococolitos durante la fase haploide y heterococolitos durante la fase diploide. La fase haploide parece también estar adaptada a condiciones más oligotróficas, es siempre móvil y en algunos casos mixotrófica. La fase diploide por el contrario es a menudo no móvil y probablemente autotrófica y adaptada a condiciones más eutróficas (Young, 2002).

El número de cocolitos que presenta la cocosfera dependerá también del momento del ciclo de vida en el que éste se encuentre, si acaba de pasar por división celular se observan menos placas que si está en una etapa distinta, es por eso que existen variaciones en las diferentes diagnosis acerca del número de cocolitos por cocosfera de una misma especie.

## Hábitat y distribución

A diferencia de la mayoría de los grupos del fitoplancton, la diversidad de cocolitofóridos es mayor en zonas cálidas y de baja productividad, así como en centros de giro y en zonas restringidas de la circulación, sin embargo, bajo ciertas condiciones algunas especies como *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica* están presentes en aguas eutróficas y son capaces de producir enormes florecimientos llamados también “mareas blancas”. En cuanto a especies polares se conoce que *Cocolithus pelagicus* es la especie más abundante en esta zona del planeta (Brand, 1994). La figura 1 muestra la distribución general de los cocolitofóridos en el planeta.

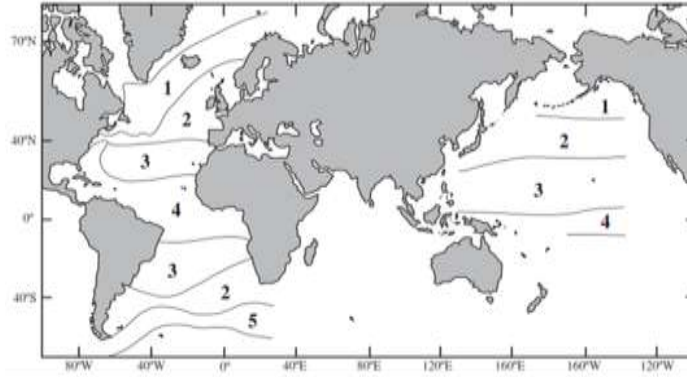


Figura 1. Zonas biogeográficas de cocolitofóridos actuales en el Atlántico (McIntyre y Bé, 1967) y Pacífico (Okada y Honjo, 1973). 1) Subártica, 2) templada-transicional, 3) subtropical, 4) tropical-ecuatorial, 5) subantártica, tomado de Winter *et al.*, (1994).

## II. ANTECEDENTES

Se ha reportado que en general los factores ambientales que regulan a las poblaciones de cocolitofóridos son las masas de agua y la estratificación, la primera se relaciona con la distribución horizontal de las especies de cocolitofóridos (Winter, 1987) y la segunda con la distribución vertical en la columna de agua (Hagino *et al.*, 2000). También se sabe que la composición de la flora está influenciada por los cambios estacionales de cada región (Okada y McIntyre, 1979).

Un estudio realizado frente a costas de Hawaii por Cortes en 2001, reportó una variación en la abundancia de cocolitofóridos debido a cambios estacionales, la abundancia aumentó en los meses de marzo y septiembre-octubre en los cuales la densidad alcanzó las 52 000 células por litro de agua y en los demás meses del año la densidad no sobrepasó las 20 000 células por litro.

Otras observaciones han concluido que los cocolitofóridos pueden formar asociaciones de especies con afinidades particulares a variables ambientales como temperatura y concentración de nutrientes (Hagino, 2004).

A nivel mundial y en particular en México la mayoría de los trabajos realizados acerca de los cocolitofóridos han sido sobre las especies presentes en cada región así como sus abundancias.

En México se ha observado que *Emiliana huxleyi* (especie registrada como cosmopolita y la más estudiada y reportada a nivel mundial (Young, 2002)), es junto con *Gephyrocapsa oceanica* la más abundante y con una mayor distribución, ya que se ha reportado en la Costa Occidental de la Península de Baja California (Hernández-Becerril *et al.*, 2001; Andrade-Hernández, 2010; García-Romero, 2012), en el Golfo de California (Ramírez-Robles, 2013), en el Pacífico Tropical Mexicano (Torres Martínez, 2012) y en el Golfo de México (Gaarder y Hasle 1971) a diferentes profundidades.



Otras especies como *Calcidiscus leptoporus*, *Umbilicosphaera sibogae*, *Helicosphaera hialina* y *H. carteri* mantienen una amplia distribución la cual ha sido reportada también en sitios de la Costa Occidental de la Península de Baja California (Hernández-Becerril *et al.*, 2001; Andrade-Hernández, 2010; García-Romero, 2012), en el Golfo de California (Ramírez-Robles, 2013), en el Pacífico Tropical Mexicano (Torres Martínez, 2012) y en el Golfo de México (Gaarder y Hasle 1971) pero sus abundancias son notablemente menores a las de las especies dominantes ya mencionadas, por otra parte una especie que es importante mencionar por la cantidad de células que pueden encontrarse de esta especie es *Reticulofenestra sessilis*, una especie reportada por primera vez en grandes abundancias para México (Torres- Martínez, 2012), cabe mencionar que esta especie ha sido siempre encontrada en asociación con la diatomea *Thalassiosira punctifera*.

También podemos encontrar registros de especies con una mayor especificidad en cuanto a su distribución en la columna de agua tal es el caso de *Florisphaera profunda* la cual parece tener una preferencia por profundidades mayores a los 50 metros. (Torres- Martínez, 2010).

### III. JUSTIFICACIÓN

Los cocolitofóridos son un grupo de microalgas generalmente marinas de gran importancia ecológica ya que representan uno de los principales componentes de las comunidades planctónicas en los océanos del mundo (Okada y McIntyre, 1973); juegan roles importantes dentro de la producción primaria en el mar y de los ciclos biogeoquímicos (carbono, azufre y oxígeno), que debido a los tamaños poblacionales que pueden alcanzar tienen una gran influencia a escala global (Probert y Houdan, 2004), un ejemplo de esto son las especies *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica* las cuales son capaces de formar florecimientos estacionales que pueden ocupar 100,000 km<sup>2</sup> de la superficie del océano (Brown y Yorder, 1994).

En México se sabe que la distribución de los cocolitofóridos es compleja ya que se han encontrado altas densidades celulares de ciertas especies en aguas eutróficas, pero una mayor diversidad en aguas oligotróficas o aguas asociadas a pre-surgencia por lo cual se requiere un conocimiento más amplio sobre la riqueza de especies de este grupo así como identificar cuáles son los componentes del sistema que tienen influencia en la composición y abundancia de cocolitofóridos a lo largo de Pacífico mexicano.

#### IV. HIPÓTESIS

La heterogeneidad de las zonas de estudio ubicadas a lo largo del Pacífico mexicano generará una diferencia en la composición, la abundancia y la distribución de las diferentes especies de cocolitofóridos encontradas.

#### V. OBJETIVOS

##### General:

Determinar si la composición, abundancia y distribución de cocolitofóridos a lo largo de las zonas de estudio en el Pacífico mexicano es heterogénea.

##### Particulares:

- Identificar y caracterizar a las diferentes especies de cocolitofóridos presentes en las diferentes zonas de estudio.
- Determinar la abundancia de las diferentes especies identificadas en las distintas zonas de estudio
- Definir la distribución de las especies de cocolitofóridos en el área de estudio tanto latitudinalmente como en la columna de agua para las distintas zonas de estudio.

## VI. ÁREA DE ESTUDIO

El litoral mexicano perteneciente al Océano Pacífico cuenta con una extensión de  $\sim 4\ 100$  km de longitud (De la Lanza, 2001), dicha extensión presenta una gran variedad de ambientes biofísicos, los cuales son el resultado de las interacciones entre componentes morfológicos, climáticos y fisicoquímicos, como son: el meso y el microclima, las perturbaciones atmosféricas (como los ciclones), la composición del agua de aporte continental, las corrientes costeras, la geomorfología, la deriva geológica y la influencia antropogénica (De la Lanza, 2004), es por ello que para facilitar su caracterización dividiremos al Pacífico mexicano en tres grandes zonas: 1. Costa Occidental de la Península de Baja California, 2. Golfo de California, 3. Pacífico central mexicano (Fig.2).



Figura 2. Mapa de distribución de las estaciones de muestreo, Zona 1: Costa occidental de la Península de Baja California, Zona 2: Golfo de California y Zona 3 Pacífico tropical mexicano.

### **Costa occidental de la Península de Baja California (Zona 1)**

La costa occidental de la Península de Baja California se encuentra localizada entre los 22° y los 32° de latitud norte y los 109° y los 117° de longitud oeste en la zona noroeste de México; en esta región se ha observado la influencia de la Corriente de California, la cual llega hasta el sur de la península y gira hacia el oeste en donde forma parte de la corriente Norecuatorial, a pesar de que en esta zona no se han encontrado aportes importantes de agua continental, se ha determinado que la zona es de alta productividad ya que la Corriente de California conjuntamente con el viento en dirección sureste, produce surgencias que hacen esta zona mucho más productiva, dicho fenómeno provocado por los vientos se ha observado también en la parte interior del Golfo de California.

El clima de las costas de esta península está fuertemente influenciado por el Pacífico oriental y también por la ya mencionada corriente de California la cual baja desde latitudes elevadas en donde se lleva a cabo su formación hasta llegar al Pacífico tropical, las características que aportan son: un clima seco con temperaturas bajas (15° Y 20°C) en la parte norte de la península así como una salinidad de  $\sim 33.5$ , el clima se va transformando a sub-húmedo conforme baja de latitud hacia el trópico, la temperatura se eleva (20°Y 25°C) así como la salinidad que es en promedio de 34, estos gradientes tanto de temperatura como de salinidad se pueden observar debido a la mezcla con masas de agua más tropicales y a que hay una mayor radiación hacia la parte sur lo que produce una elevación de la temperatura así como una mayor evaporación (García, 1988).

### **Golfo de California (Zona 2)**

El Golfo de California, tiene una extensión de  $\sim 150$  km de ancho por 1200 km de largo y se encuentra situado al noreste del Océano Pacífico Tropical y al noroeste de México, entre los 23° y lo 30° de latitud norte y los 107° y 114° de longitud oeste, es la única cuenca de evaporación del Pacífico mexicano la cual presenta un clima controlado por el Océano Pacífico Tropical, por el calentamiento diferencial del océano y la Tierra y por la interacción estacional de la circulación atmosférica entre los trópicos y latitudes medias lo cual resulta en un clima en general monzónico. En el Golfo tienen también influencia la Corriente de

California y la Corriente costera de Costa Rica, con variantes en sus alcances espaciales y temporales, esto provoca que los patrones de circulación tengan cierto nivel de complejidad, en la zona norte del golfo por ejemplo se producen giros ciclónicos y anticiclónicos; y en la parte sur además se producen surgencias como consecuencia de la dirección del viento, cuando la dirección del viento es noroeste-sureste el afloramiento de nutrimentos aparece en la costa oriental durante el invierno y la primavera y cuando la dirección es sureste-noroeste, las surgencias se presentan en la costa occidental del Golfo.

En general en el Golfo de California durante el invierno y la primavera se presenta un clima frío y seco mientras que durante el verano y el otoño el clima se vuelve húmedo y cálido, presentando temperaturas tropicales, alta humedad y lluvias, la temperatura superficial del mar en la parte central y sur del Golfo de California sobrepasa los 29°C debido a un incremento en la radiación y a la introducción de aguas superficiales del trópico por medio de la Corriente Costera de Costa Rica, las cuales hunden la termoclina por debajo de los 150 m de profundidad y retardan la advección vertical de nutrientes a la superficie (Douglas *et al.* 2007), (Thunell, 1998).

### **Pacífico central mexicano (Zona 3)**

Esta región se encuentra al sur del Golfo de California entre las coordenadas geográficas 20° N y 106° O en la zona norte y los 15° N y 99°O. El PCM está influenciado por algunas corrientes marinas, las cuales varían su alcance de circulación de acuerdo a la época del año, en general las corrientes que podemos encontrar en esta zona son: la Corriente de California (CC), la Corriente Surecuatorial (CS), la Contracorriente Ecuatorial (CcE) y la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) (Transviña *et al.*, 1999). La temperatura superficial del agua tiene fluctuaciones entre los 26 y 28 °C (Weare *et al.*, 1981). Las aguas cálidas del PCM están sujetas a un calentamiento superficial que tiende a reducir la densidad, no obstante la excesiva evaporación que se presenta en el subtrópico, incrementa la densidad del agua superficial y promueve la convección y consecuentemente un proceso de mezcla constante con una extensión vertical de la capa de mezcla de 20 a 50 m. en relación a

esta capa, se encuentra la termoclina que se caracteriza por ser somera y permanente (Wyrski, 1965).

En las costas de Guerrero la temperatura superficial en febrero es de 28 °C y de 15 °C a 100 m de profundidad; en abril varía de 28 °C en superficie a 14 °C a los 100 m. La termoclina permanece entre los primeros 10 a 20 m, con poca variación con respecto a la profundidad.

## VII. MARCO METODOLÓGICO

### Trabajo de Campo

Para la elaboración del presente trabajo se realizó el análisis de 216 muestras correspondientes a 46 estaciones, las muestras de agua y los datos fueron recabados durante cuatro campañas oceanográficas a bordo del B.O. “El PUMA” (Tabla 1). De las cuatro campañas solo se participó de manera presencial en las que corresponden a la zona 3 en los años 2010 y 2013. Los datos de las zonas 1 y 2 fueron obtenidos de trabajos previos realizados por Andrade-Hernández, 2010 y Ramírez-Robles, 2013.

Tabla 1. Zona de muestreo en cada campaña oceanográfica

<i>Campaña</i>	<i>Localidad</i>	<i>Fecha</i>	<i>Zona</i>	<i># Figura</i>
<i>SIMSUP-22</i>	Costa occidental del Golfo de California	2001 (marzo-abril)	1	3
<i>GOLCA-1107</i>	Golfo de California	2011 (julio-agosto)	2	4
<i>MAREAR-II</i>	Pacífico tropical mexicano	2010 (abril-mayo)	3	5
<i>MAREAR V</i>	Pacífico tropical mexicano	2013 (abril-mayo)	3	6

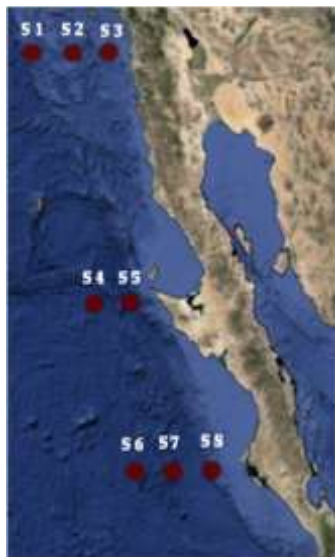


Figura 3. Mapa de muestreo de la zona 1, Costa occidental de



Figura 4. Mapa de muestreo de la zona 2, Golfo de



Baja California.



Figura 5. Mapa de muestreo de la zona 3, Pacífico central mexicano (2010).

California.



Figura 6. Mapa de muestreo de la zona 3, Pacífico central mexicano (2013).

### Muestreo de agua

La colecta de las muestras de agua se llevó a cabo utilizando una roseta con botellas Niskin con capacidad de 10 L a diferentes profundidades en un rango de 0 a 100 m (las profundidades específicas se determinaron de acuerdo a los criterios de cada campaña en función de la profundidad de un máximo de clorofila). La toma de los datos oceanográficos de temperatura y profundidad fueron registrados por un CTD (sensor de Conductividad, Temperatura y Profundidad). El agua colectada en las botellas Niskin sirvió para el análisis biológico (cocolitofóridos) y químico (nutrientes: nitratos fosfatos y silicatos).

Cabe resaltar que los datos de las zonas 1 y 2 fueron tomados de trabajos previos, por lo que en el caso de la zona 1 solo se pudo obtener la riqueza y distribución de las especies pero no los datos de abundancia ni de nutrientes.

La siguiente tabla muestra las estaciones y las profundidades de cada zona en las que se tomaron muestras de agua para el estudio de cocolitofóridos

Tabla 2. Profundidades muestreadas en cada estación

SIMSUP-22		GOLCA-1107		MAREAR-II		MAREAR-V	
Estación	Profundidad (m)	Estación	Profundidad (m)	Estación	Profundidad (m)	Estación	Profundidad (m)
S-1	10, 25, 50 y 75	G-9	0, 28, 31, 39 y 48	MII-15	0, 10, 20 y 75	MV-37	0, 5, 20 y 40
S-2	10, 25, 40, 50 y 75	G-10	0, 10, 25, 29 y 45	MII-16	0, 20, 30, 50 y 100	MV-38	0, 5, 30 y 49
S-3	5, 15, 25, 40 y 50	G-11	0, 10, 35, 49 y 65	MII-17	0, 10, 30, 50 y 75	MV-39	0, 5, 25 y 40
S-4	10, 25, 40, 50 y 50	G-12	0, 15, 25, 40 y 55	MII-18	0, 10, 30, 40 y 50	MV-40	0, 5, 31 y 40
S-5	5, 15, 20 y 25	G-13	0, 15, 28, 38 y 48	MII-19	0, 20, 30, 50 y 75	MV-41	0, 5, 23 y 40
S-6	10, 20, 40, 15 y 40	G-14	0, 12, 21, 29, y 45	MII-20	0, 5, 10, 50 y 80	MV-42	0, 5, 18 y 40
S-7	5, 15, 20, 5 y 15			MII-21	0, 4, 50 y 70	MV-43	0, 5, 20 y 40
S-8	5, 15, 40 y 50			MII-22	0, 14, 20, 50 y 85	MV-44	0, 5, 32 y 40
				MII-23	0, 10, 20, 30 y 70	MV-45	0, 5, 20 y 40
				MII-24	0, 10, 30, 50 y 75		
				MII-25	0, 4, 8 y 46		
				MII-26	0, 6, 10 y 20		
				MII-27	0, 10, 20 y 50		
				MII-28	0, 20, 30, 50 y 75		
				MII-29	0, 10, 30, 50 y 100		
				MII-30	0, 10, 35, 50 y 88		
				MII-31	0, 10, 20, 50 y 75		
				MII-32	0, 5, 10, 50 y 75		
				MII-33	0, 5, 10 y 20		
				MII-34	0, 5, 10, 30 y 75		
				MII-35	0, 14, 24, 50 y 100		
				MII-36	0, 18, 30 y 40		

## **Filtración**

Para poder obtener las cocosferas lo más completas posibles para su posterior identificación y conteo se llevó a cabo la técnica propuesta por Bollmann *et al.*, en 2002 la cual consiste en la filtración del agua muestreada con ayuda de una bomba generadora de vacío en filtros de membrana de celulosa (Millipore de 45 mm de diámetro y 0.45  $\mu\text{m}$  de poro) el volumen de agua filtrada fue en general de 3 L, en ocasiones dicha cantidad se vio modificada ya que la cantidad de material orgánico presente en el agua saturaba antes de los 3 litros el filtro por lo cual se tomó en cuenta dicha modificación a la hora de hacer los análisis correspondientes. Una vez terminado el proceso de filtración las muestras (filtros) se enjuagaron con agua destilada para la eliminación del exceso de sales, los filtros se dejaron secar a temperatura ambiente, y se guardaron en cajas Petri etiquetadas para su procesamiento en el laboratorio.

## **Trabajo de laboratorio**

En el laboratorio se realizó la identificación y conteo de las células de cocolitofóridos presentes en los filtros para lo cual se utilizó la metodología planteada por Bollmann *et al.*, en 2002 en donde se hace un corte del filtro con un área determinada por el investigador (en este caso de 2 cm de largo por 1 cm de ancho) el trozo de filtro cortado se colocó sobre un portaobjetos, se le agregó una gota de aceite de inmersión hasta que el filtro se transparentó y por último se colocó un cubreobjetos sobre la muestra.

Para el análisis de las muestras en el microscopio electrónico de barrido (MEB) se cortó un cuadro de 1 cm de ancho por 1 cm de largo, el cual se montó en un cubreobjetos circular, las orillas se cubrieron con plata líquida para mejorar la señal emitida y la muestra fue bañada en oro por 5 minutos.

## **Análisis de datos**

La información resultante acerca de las especies y sus abundancias fue sistematizada en tablas de frecuencia para poder aplicar las metodologías necesarias para la estimación de índices ecológicos.

### Riqueza específica (S)

La riqueza específica es el concepto en el que se relaciona la cantidad de especies presentes en una comunidad, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. Para obtener dicha relación se utilizó el número de especies observadas en un área o un volumen (Magurran, 1988).

$$S = \text{Número de especies observadas}$$

### Abundancia (DC)

La abundancia relativa nos indica cuál de las especies encontradas en la zona de estudio es la que presenta una mayor densidad de células por litro de agua (Bollmann *et al.*, 2001) y se expresa de la siguiente forma:

$$DC = A*N/a*v$$

Donde: DC = densidad celular

A = área del filtro

N = número total de células contadas

a = área analizada

v = volumen de agua filtrado

### Análisis Estadísticos

Para poder hacer la comparación de la riqueza entre las diferentes áreas se realizó un análisis tipo cluster con datos de presencia-ausencia de todas las especies identificadas a lo largo de las 3 zonas de estudio.

De la misma forma para la zona de Pacífico central se realizaron análisis tipo cluster para ambos años de muestreo tomando los datos fisicoquímicos (profundidad, temperatura y nutrientes).

## VIII. RESULTADOS

### Riqueza y composición general

A lo largo del estudio realizado en costas del Pacífico mexicano se identificaron 52 especies de cocolitofóridos de las cuales 48 corresponden al grupo de los heterococolitofóridos, 2 especies al de los holococolitofóridos y 2 más al grupo de los nannolitos (Tabla 3).

La zona 2 (Golfo de California) fue la que presentó una mayor riqueza con 30 especies identificadas; por el contrario en la zona 3 (Pacífico central mexicano) en 2013 solo se identificaron 12 especies (Fig. 7).

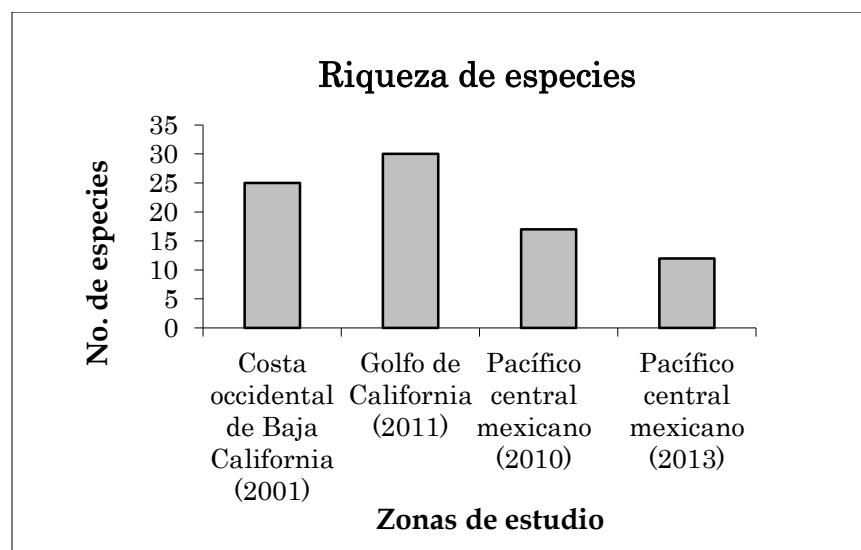


Figura 7. Riqueza específica de cocolitofóridos registrada en cada zona estudiada a lo largo del Pacífico mexicano.

A continuación se muestra la composición de especies identificadas a lo largo del presente estudio; se anexa la bibliografía de la cual se sustrajo información para su identificación taxonómica, así como una breve descripción morfológica y la ubicación en donde fueron localizadas.

Tabla 3. Composición de especies identificadas a lo largo del Pacífico mexicano.

Especies	Zona 1	Zona 2	Zona 3 (2010)	Zona3 (2013)
<i>Algirosphaera robusta</i>	*	*		
<i>Alisphaera unicornis</i>		*		
<i>Alveosphaera bimurata</i>	*		*	
<i>Calcidiscus leptoporus</i>	*	*	*	
<i>Calciopappus</i> sp.		*		
<i>Calciosolenia brasiliensis</i>	*			
<i>Calyptrolithina divergensis</i>	*			
<i>Calyptrolithina multipora</i>		*		
<i>Ceratolithus cristatus</i>		*		*
<i>Coronosphaera mediterranea</i>	*	*	*	*
<i>Cruciaplacolithus neohelis</i>			*	
<i>Discosphaera tubifera</i>	*		*	
<i>Emiliana huxleyi</i>	*	*	*	*
<i>Emiliana huxleyi</i> var. <i>corona</i>		*		
<i>Florisphaera erugata</i>		*		
<i>Florisphaera profunda</i>	*		*	
<i>Gephyrocapsa ericsonii</i>		*	*	*
<i>Gephyrocapsa muellerae</i>	*			
<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	*	*	*	*
<i>Gephyrocapsa omata</i>	*			
<i>Helicosphaera carteri</i>		*	*	*
<i>Helicosphaera hyalina</i>	*		*	*
<i>Helicosphaera pavementum</i>			*	
<i>Oolithotus antillarum</i>	*			
<i>Oolithotus fragilis</i>		*		
<i>Polycrater galapagensis</i>	*	*		
<i>Pontosphaera siracusana</i>				*
<i>Poricalyptra magnaghii</i>		*		
<i>Reticulofenestra sessilis</i>			*	*
<i>Rhabdosphaera clavigera</i>	*			
<i>Syracosphaera aff. nana</i>		*		
<i>Syracosphaera ampliora</i>		*		
<i>Syracosphaera bannockii</i>	*			
<i>Syracosphaera borealis</i>	*			
<i>Syracosphaera corolla</i>	*			
<i>Syracosphaera florida</i>		*		
<i>Syracosphaera halldalii</i>		*		
<i>Syracosphaera histrica</i>	*			
<i>Syracosphaera molischii</i>	*	*		
<i>Syracosphaera nana</i>		*	*	*
<i>Syracosphaera nodosa</i>		*		*
<i>Syracosphaera pirus</i>	*	*		
<i>Syracosphaera pulchra</i>	*		*	
<i>Syracosphaera rotula</i>		*		
<i>Syracosphaera</i> sp.		*	*	
<i>Syracosphaera tumularis</i>	*			
<i>Umbellosphaera irregularis</i>	*	*		*
<i>Umbellosphaera tenuis</i>		*		
<i>Umbilicosphaera annulus</i>		*		
<i>Umbilicosphaera foliosa</i>			*	
<i>Umbilicosphaera sibogae</i>				
<i>Umbilicosphaera hulburtiana</i>		*		

*Emiliana huxleyi* (Lohmann, 1902) Hay y Mohler, en Hay et al., 1967 var. *huxleyi*. (Fig.

8)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Organismos encontrados de forma individual y/o en grupos de varias células. Cocosfera monomórfica, de forma esférica a subsférica, conformada por un número variable de cocolitos (15-30) de tipo placolito los cuales presentan un escudo distal ancho con un borde radiado alrededor del área central que es excavada y la cual presenta también una radiación más fina, algunos organismos al estar sobrecalcificados pueden no tener bien marcada dicha excavación, el tamaño de la cocosfera puede variar entre 6 y 9  $\mu\text{m}$ .

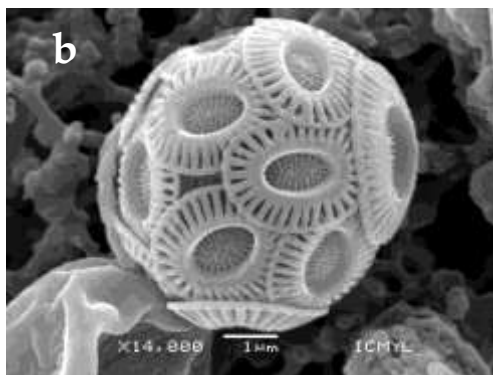


Figura 8. *Emiliana huxleyi*. a) Cocosfera posiblemente en división celular por el gran número de cocolitos que se observan, b) cocosfera típica de la especie, c) cocosfera sobrecalcificada.

**Distribución:** Especie presente en todas las estaciones de estudio.

*Emiliana huxleyi* var. *corona* (Okada y McIntyre, 1977) Jordan y Young, 1990. (Fig. 9)

**Referencias:** Young, 2003.

**Descripción.** Organismo solitario de cocosfera monomórfica y subsférica, conformada por ~20 cocolitos de tipo placolito los cuales presentan un escudo distal ancho con un borde radiado alrededor del área central que es excavada en donde se observa una radiación más fina; el tamaño de la cocosfera es de ~5.5  $\mu\text{m}$ , la diferencia con *Emiliana huxleyi* radica en que alrededor del área central se presenta una elevación que sobresale del escudo distal.

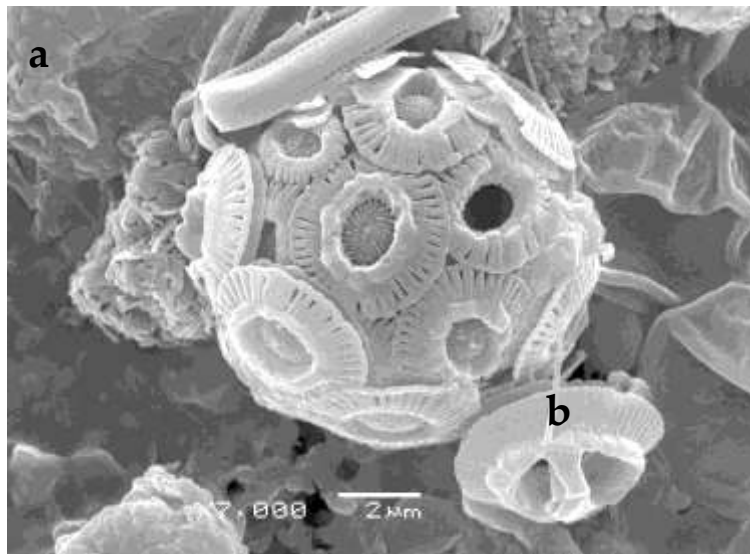


Figura 9. *Emiliana huxleyi* var. *corona*. a) Cocosfera completa junto a un cocolito del género *Gephyrocapsa* b).

**Distribución:** Organismo localizado en la zona 2 en la estación G-10 (41 m).



*Gephyrocapsa ericsonii* McIntyre & Bé, 1967. (Fig. 10)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003;

**Descripción.** Cocosfera monomórfica y esférica compuesta de  $\sim 9$  cocolitos de tipo placolito los cuales son de forma elíptica, cada cocolito presenta un escudo distal aplanado con borde ancho, la parte central es excavada y presenta dos espinas salientes de cada lado en la parte más larga que se juntan hacia el centro formando un puente de ángulo poco pronunciado, el borde de cada cocolito es angosto y presenta un ligero estriamiento radial, el tamaño de la cocosfera es de  $\sim 4 \mu\text{m}$ .

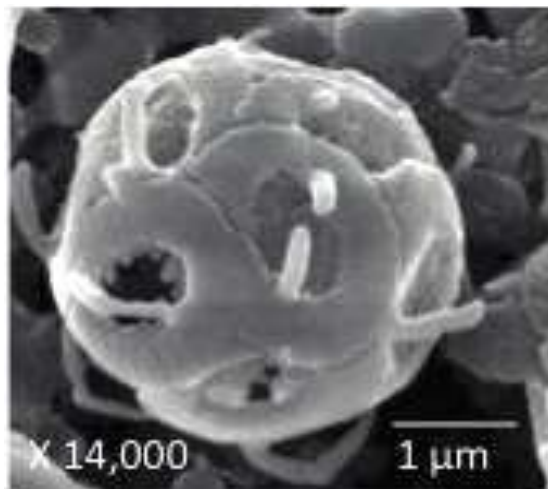


Figura 10. *Gephyrocapsa ericsonii*. Cocosfera completa con las espinas evidentes en los cocolitos.

**Distribución:** Localizada en zona 2 en las estaciones G-9 (48 m), G-10 (0, 10, 25, 29 y 45 m), G-11 (35, 49 y 65 m), G-12 (0, 25 y 40 m), G-13 (15, 28 y 38 m) y G-14 (0, 12, 21 y 45 m), y en la zona 3 en las estaciones MII-17 (10 m), MII-33 (5 y 10 m) y MII-36 (30 m).

*Gephyrocapsa muelleriae* Bréhéret, 1978. (Fig. 11)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera monomórfica esférica de  $\sim 6 \mu\text{m}$  de diámetro compuesta de 12-14 cocolitos de tipo placolito los cuales tiene forma elíptica, cada cocolito presenta un borde del escudo distal ancho y ligeramente estriado, la parte central de los cocolitos es excavada y presenta dos espinas anchas salientes de cada lado en la parte más angosta de la excavación si tomamos en cuenta que también la excavación es una elipse, estas espinas se juntan en la parte central formando un puente.



Figura 11. *Gephyrocapsa muelleriae*. Cocosfera completa, en donde se observa el puente que forman las espinas que salen de la parte central del escudo distal.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en las estaciones: S-1 (10 m), S-5 (20 m), S-4 (25 m) en la zona 2 en la estación G-12 (20 m) y en la zona 3 en la estación MII-16 (0 m).

*Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, 1942. (Fig. 12)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003;

**Descripción.** Cocosferas monomórficas que pueden ser encontradas solitarias pero que por lo general se encuentran en grupos de 4-6 organismos, tienen forma esférica y están compuestas de 10 a 25 cocolitos de talla grande (4 a 5  $\mu\text{m}$ ) de tipo placolito los cuales tiene forma elíptica, cada cocolito presenta en el escudo distal un borde ancho, ligeramente estriado y aplanado, la parte central es excavada y radiada, presenta dos espinas delgadas salientes de cada lado en la parte más angosta si tomamos en cuenta que también la excavación tiene forma elíptica, estas espinas se juntan hacia el centro formando un puente de ángulo pronunciado, el tamaño de las cocosferas va de 9 a 12  $\mu\text{m}$  de diámetro.

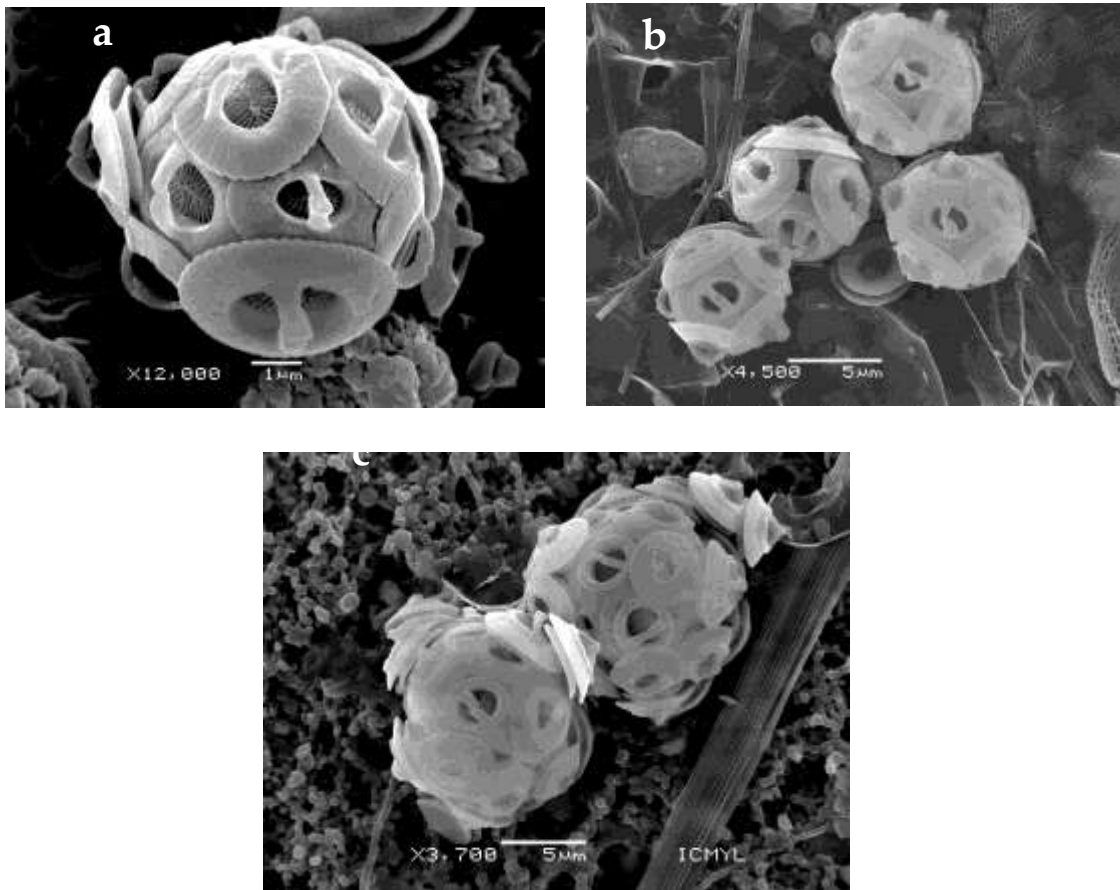


Figura 12. *Gephyrocapsa oceanica*. a) Cocosfera solitaria, b) y c) cocosferas agrupadas en las que puede observarse el número variable de cocolitos en cada cocosfera.

**Distribución:** Especie presente en todas las estaciones de estudio

*Gephyrocapsa ornata* Heimdal, 1973. (Fig. 13)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera esférica compuesta por ~15 heterococolitos de tipo placolito los cuales tiene forma elíptica, cada cocolito presenta en el escudo distal un borde ancho, la parte central es excavada y estriada y presenta ~15 protuberancias alrededor de dicha excavación. De cada lado del cocolito hacia su parte más larga salen dos espinas anchas y apanadas que se juntan hacia el centro formando un puente de ángulo pronunciado, el tamaño de la cocosfera es de ~7.5 µm de diámetro.



Figura 13. *Gephyrocapsa ornata*. Cocosfera completa en la que se observan las espinas anchas y las protuberancias alrededor del área central.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en las estaciones S-7 y S-6 (25 y 40 m).

*Reticulofenestra sessilis* (Lohmann 1912) Jordan y Young, 1990. (Fig. 14)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera esférica formada por  $\sim 10$  cocolitos de tipo placolito, el escudo proximal es ligeramente más pequeño que el distal en el que se puede observar un borde estrecho, ligeramente estriado y con un aserramiento en la parte externa del borde, el centro del cocolito es excavado, el tamaño de la cocosfera es de  $\sim 6 \mu\text{m}$  de diámetro. Cabe destacar que esta especie de cocolitofórido se ha reportado siempre en asociación con la diatomea *Thalassiosira punctifera*.

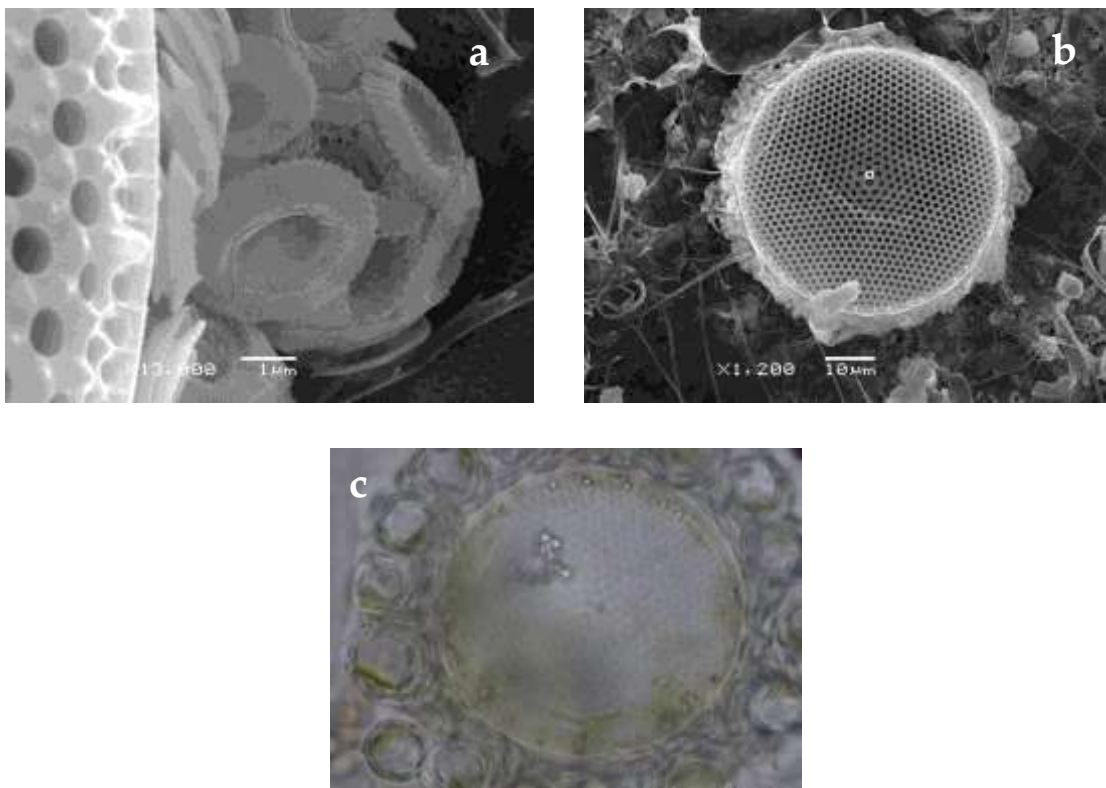


Figura 14. *Reticulofenestra sessilis*. a) Cocosfera completa y cocolitos asociados a *T. punctifera*, b) *T. punctifera* rodeada de cocosferas de *R. sessilis*, imagen de microscopio óptico de la asociación de *R. sessilis* y *T. punctifera*.

**Distribución:** Especie localizada solo en la zona 3 en las estaciones: MII-15 (75 m), MII-17(0 m), MII-20 (5 m), MII-24 (30 m), MII-31(20 m), MII-28 (20 m), MII-27(10 y 20 m), MII-26 (20 m), MII-42(5 m), MII-36 (18 y 30 m) y en las estaciones: MV-37 (20y 40 m), MV-39 (5 m), MV-41 (40 ), MV-42 (18 y 40 m), MV-43 (20 m ), MV-44 (40 m) y MV-45 (40 m).

*Reticulofenestra parvula* (Okada y McIntyre, 1977) Biekart, 1989 [*Crenalithus*]. (Fig.15)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera subsférica de  $\sim 5 \mu\text{m}$  de diámetro formada por  $\sim 14$  heterococolitos de tipo placolito, los cuales tienen una forma elíptica, el borde del escudo distal es ancho, aplanado y ligeramente estriado, al centro se observa una ligera excavación con un estriamiento evidente, el contorno de la excavación tiene un reborde formado por una hilera de estructuras alargadas acomodadas paralelamente unas a otras.



Figura 15. *Reticulofenestra parvula*. Cocosfera completa en la que se observan las estructuras organizadas paralelamente alrededor de la excavación central.

**Distribución:** Espécimen localizado en la zona 1 en la estación S-5 (20 m).

*Calcidiscus leptoporus* (Murray y Blackman, 1898) Loeblich y Tappan, 1978 ssp. *leptoporus*.

(Fig. 16)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosferas esféricas politecales, monomórficas, las cuales pueden medir ente 10 y 20  $\mu\text{m}$  de diámetro, están compuestas por un número variable de heterococolitos ( $\sim 10$  a 30) de tipo placolito los cuales son semicirculares y se les puede observar una apertura central, el borde del escudo distal presenta una laminación ordenada en dirección levógira.

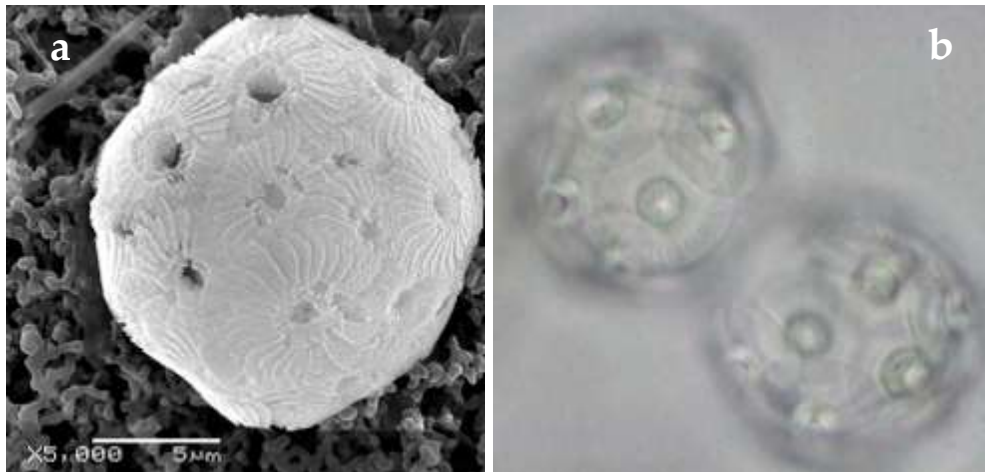


Figura 16. *Calcidiscus leptoporus*. a) Cocosfera completa que se observa descalcificada, b) Cocosferas observadas en microscopio de luz.

**Distribución:** En la zona 1 se localizó en la parte norte en las estaciones S-1, S-2 y S-3 (3, 8, 9, 10, 14, 40, 50 y 75 m) y en la parte central en las estaciones S-5 y S-4 (5, 15 20 y 25 m). En la zona 2 se localizó en la estación G-9 (31 y 48 m), en la estación G-10 (45 m) y en la estación G-12 (40 m). En la zona 3 se localizó en las estaciones MII-16 (0 y 20 m), MII-17 (0 y 50 m), MII-18 (0, 10 y 50 m), MII-19 (20 y 30 m), MII-20 (10 m), MII-23 (10 y 30 m), MII-24 (30 m), MII-25 (0 m), MII-26 (10 m), MII-28 (0 y 30 m), MII-29 (0 y 50 m), MII-31 (75 m), MII-33 (0, 5 y 20 m), MII-34 (5 m), MII-35 (0, 14, 24 y 50 m) y MII-36 (18 y 30 m).

*Oolitotus antillarum* (Cohen, 1964) Reinhardt, en Cohen y Reinhardt, 1968 [*Discolithus*]. (Fig.

17)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción:** Cocosfera subesférica compuesta por ~12 a 20 heterococolitos de tipo placolito de forma circular, el escudo proximal es de menor tamaño que el distal, el cual es grueso y se le puede observar un orificio central rodeado por imbricaciones irregulares, el tamaño de la cocosfera es de ~7 a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro.

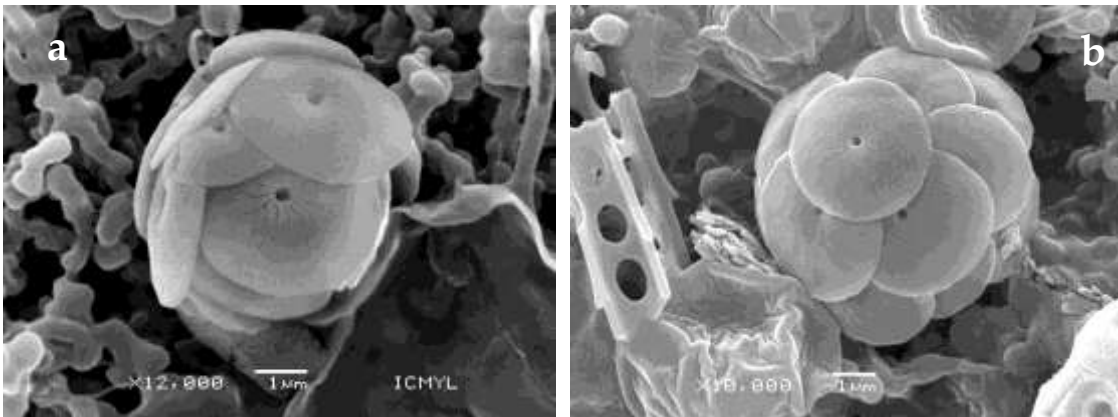


Figura 17. *Oolitotus antillarum*. a) Cocosfera completa en la que se pueden observar las imbricaciones alrededor del orificio central, b) cocosfera con un número mayor de coccolitos.

**Distribución:** Localizada en zona 2 en las estaciones: G-9 (0, 28, 31, 39 y 49 m), G-10 (25 y 29 m), G-11 (35, 49 y 65 m), G-12 (15 y 40 m), G-13 (15, 28, 38 y 48 m) y G-14(0, 29 y 45 m).



*Oolithotus fragilis* (Lohmann 1912) Martini y Müller, 1972 [Cocolithophora] . (Fig. 18)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción:** Cocosfera monomórfica, sub-esférica compuesta de ~46 heterococolitos laminares de tipo placolito de forma circular, el escudo proximal es pequeño y el distal extenso, el área central se puede observar excavada pero no perforada, el tamaño de la cocosfera es de aproximadamente 21  $\mu\text{m}$ .



Figura 18. *Oolithotus fragilis*. Cocosfera completa.

**Distribución** Localizada en la zona 1 en las estaciones: S-1, S-2 y S-3 (5, 10, 15, 25, 40 Y 50 m), S-5 (20 y 25 m), S-7 y S6 (5, 20 y 40 m).

*Umblicosphaera anulus* Lecal, (1967) Young y Geisen n. comb. [Cyclolithus]. (Fig. 19)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción:** Cocosfera compuesta por heterococolitos elípticos de tipo placolitos, el escudo proximal es casi del mismo tamaño que el distal, este último presenta un borde delgado con ligeras radiaciones, el área central del cocolito es una película muy delgada, la cual puede romperse con facilidad dejando visible solo un el borde rodea dicha área.



Figura 19. *Umblicosphaera anulus*. Cocosfera disgregada en la que se observan cocolitos completos y otros con el área central rota.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-9 (48 m) y G-11 (49 m).

*Umbilicosphaera foliosa* (Kamptner, 1963, ex Kleijne, 1993) Geisen en Sáez *et al.*, 2003).

[*Cylcoplacolithus*]. (Fig. 20)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003

**Descripción.** Cocosfera semiesférica de  $\sim 10$  a  $12\mu$  de diámetro conformada por heterococolitos de tipo placolito los cuales presentan una apertura circular central en ambos escudos, en el borde del escudo distal puede observarse una laminación doble y una estructura pequeña en el centro a manera de gancho o espina el cual pierden con facilidad por lo que no se observa en todos los cocolitos, el tamaño de la cocosfera puede variar entre 9 y  $12\mu$ m.

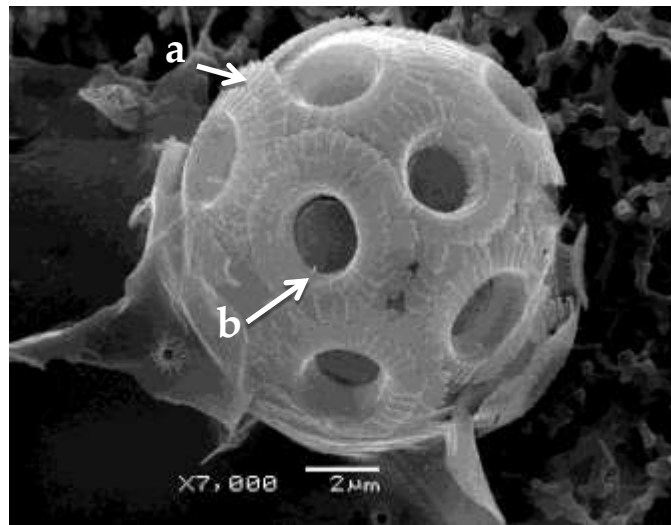


Figura 20. *Umbilicosphaera foliosa*. a) Cocosfera completa en donde se observa la doble laminación y la b) estructura central con forma de espina.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 3 en la estación MII-17 (10 m).

*Umbilicosphaera hulburtiana* Gaarder, 1970. (Fig. 21)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción:** Cocosfera sub-esférica y monomórfica compuesta por ~22 cocolitos de tipo placolito de forma elíptica, los cuales presentan un escudo proximal de tamaño semejante al escudo distal; el borde del escudo distal es ancho y aplanado con una doble laminación radial, al centro del escudo se observa un surco rodeado por ~17 nodos; el tamaño de la cocosfera es de ~8  $\mu\text{m}$  en la parte más larga.



Figura 21. *Umbilicosphaera hulburtiana*. Cocosfera completa.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-11 (0 m).

*Helicosphaera carteri* (Wallich 1877) Kamptner, 1954. (Fig. 22)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera de forma sub-esférica compuesta por  $\sim 16$  cocolitos sub-elípticos de tipo helicolito los cuales presentan un borde distal ancho, en el área central se observan dos ranuras paralelas a la parte más larga, el escudo distal es semi-elíptico ya que se ensancha hacia uno de los lados del cocolito, en esta parte se observa un ligero estriamiento y algunas crestas que sobresalen del escudo distal; el tamaño de la cocosfera es de  $\sim 19 \mu\text{m}$  de largo y  $16 \mu\text{m}$  de ancho.

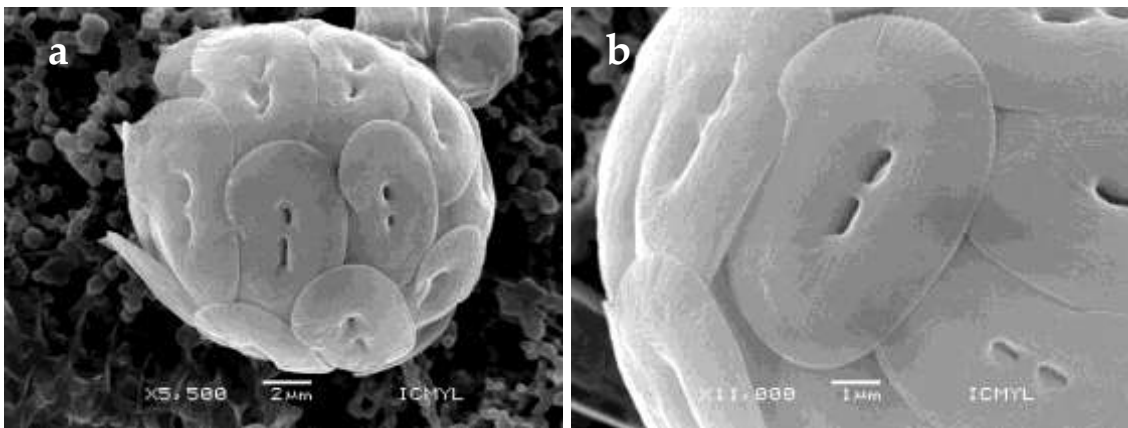


Figura 22. *Helicosphaera carteri*. a) cocosfera completa en donde se observan las estrías y las crestas de los cocolitos, b) acercamiento de los cocolitos en donde se ven las ranuras centrales.

**Distribución:** Especie localizada en zona 1 en las estaciones S-1, S-2 y S-3 (5, 10, 15, 20, 25, 40 Y 50 m), S-5 (25 y 40 m), S-8 y S-7 (5 y 15 m) en la zona 2 en las estaciones G-9 (28, 31 Y 48 m), G-10 (10, 25, 29 y 45 m), G-11 (35 y 49 m), G-12 (15, 25 y 40 m), G-13 (0, 15, 28 y 48 m), G-14 (0, 12, 21 y 29 m) y en la zona 3 en las estaciones: MII19 (30 y 50 m), MII-24 (0 m) y MII-36 (18 y 40 m).

*Helicosphaera hyalina* Gaarder, 1970. (Fig. 23)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003

**Descripción.** Cocosfera monomórfica, subsférica compuesta por ~25 cocolitos subelípticos de tipo helicolito, los cuales presentan un escudo proximal de menor tamaño que el distal, este último es plano, con un ligero estriamiento en el borde del escudo y una sutura central paralela a la parte más larga del cocolito; uno de los lados largos del borde se observa cóncavo, este grupo tiene también una cresta hacia uno de los lados de sus cocolitos y sobre ella un par de estructuras con forma de espina; el tamaño de la cocosfera es de ~14 µm de largo y 10 µm de ancho.

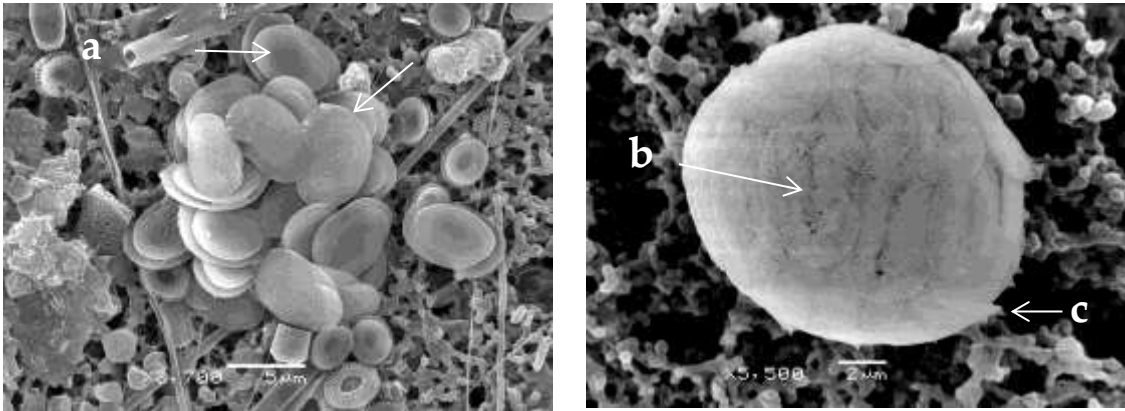


Figura 23. *Helicosphaera hyalina*. a) Cocolitos de una cocosfera disgregada en donde se observa el escudo proximal de varios cocolitos, b) cocosfera completa en donde pueden observarse las suturas centrales de los cocolitos, c) crestas con estructuras en forma de espina.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en las estaciones S-1, S-2 y S-3 (5, 15 y 25 m), S-4 y S-5 (25 y 40 m), S-6, S-7 y S-8 (5, 15, 20, 25, 40 y 50 m), y en la zona 3 en las estaciones MII-16 (0 m), MII-17 (0 y 10 m), MII-31(10 m).

*Alveosphaera bimurata* (Okada & McIntyre 1977) Jordan & Young 1990 (Fig. 24)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción:** Cocosfera esférica, monomórfica, de  $\sim 14 \mu\text{m}$  de diámetro, el escudo distal está compuesto por  $\sim 30$  cocolitos de tipo murolito, los cuales son de forma semielíptica muy alargada y están divididos por un eje central paralelo a la parte larga del cocolito.



Figura 24. *Alveosphaera bimurata*. Cocosfera completa en microscopía de luz.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 1 en la parte norte en las estaciones S-1, S-2 Y S-3 (10, 25, 40, 50 y 75 m), en la parte central en la estación S-5 (5 y 15 m) y en la estación S-6 (40 m) en la parte sur de la península. En la zona 3 se localizó en las estaciones MII-17 (0 y 50 m), MII-19 (30 y 50 m), MII-29 (0 y 50 m) y MII-30 (35 m).

*Calciosolenia brasiliensis* (Lohmann, 1919) (Fig. 25)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003

**Descripción:** Cocolitos de forma romboidal, el tamaño de los cocolitos es de su diagonal menor un promedio de 0.4  $\mu\text{m}$  y en su diagonal mayor un promedio de 1.6  $\mu\text{m}$ .

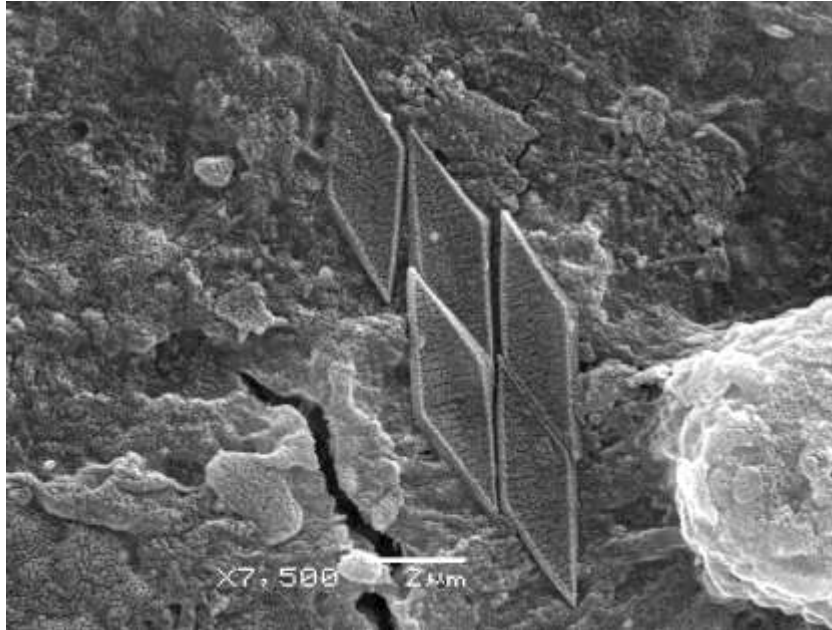


Figura 25. *Calciosolenia brasiliensis*. Cocolitos romboidales sueltos.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 1 en la estación S-5 (20 m).



*Algirosphaera robusta* (Lohmann, 1902) Norris, 1984. (Fig. 26)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera sub-esférica, monotecal, dimórfica la cual puede medir de 9 a 15 $\mu$  de diámetro, está compuesta por  $\sim$ 27 heterococolitos semielípticos alargados de tipo rhabdolito a los que se les observa un orificio o ranura central, los rhabdolitos centrales presentan un tamaño menor y un aplanamiento longitudinal, el borde proximal de los cocolitos es delgado y corto.

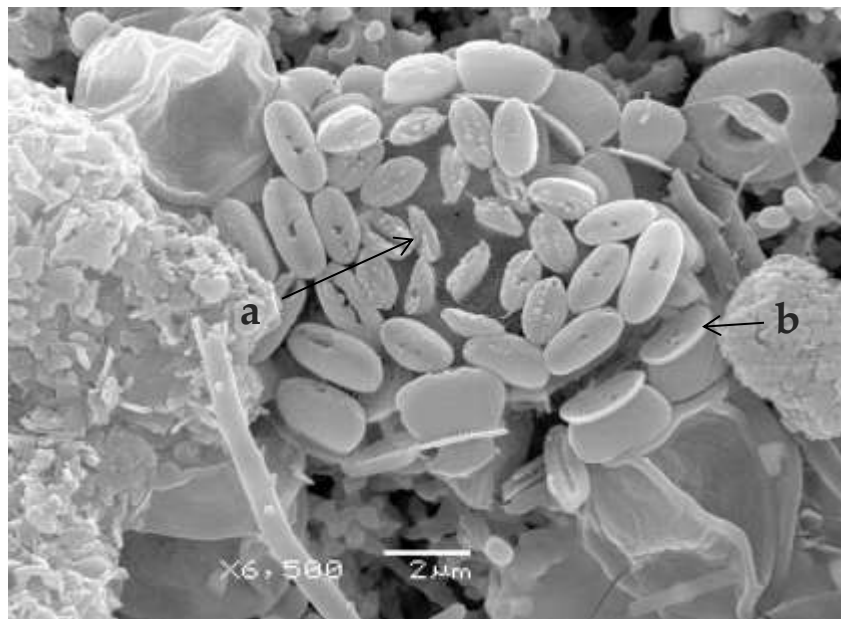


Figura 26. *Algirosphaera robusta*. Cocosfera semicompleta, a) cocolitos aplanados longitudinalmente, b) borde proximal aplanado.

**Distribución:** Especie localizada en zona 1, en la estación S-6 al sur de la península de Baja California (15 m) y en la zona 2 en las estaciones G-9 (39 m) y en laG-13 (28 m).

*Discosphaera tubifera* (Murray & Blackman 1898) Ostenfeld 1900 (Fig. 27)

**Referencias:** Referencias: Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera sub-esférica compuesta por  $\sim 11$  cocolitos de tipo rhabdolito, la forma del cocolito en su vista axial es sub-circular y en la lateral es sub-cónica, cada rhabdolito tiene una base elíptica, el tamaño de la cocosfera es de  $\sim 15 \mu\text{m}$  de diámetro.

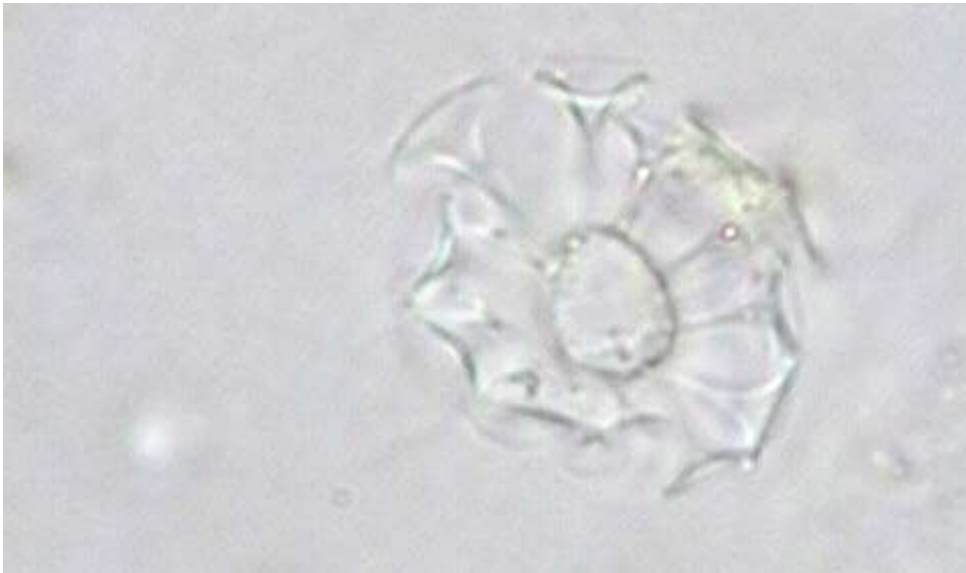


Figura 27. *Discosphaera tubifera*. Imagen de la cocosfera completa bajo microscopio de luz.

**Distribución:** Localizado en zona 1 en las estaciones: S-5 (5 m), S-7 (15 m) y S-7 (15 m) y en la zona 3 en la estación MII-28 (0 m).

*Rhabdosphaera clavigera* Murray y Blackman, 1898. (Fig. 28).

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera dimórfica, semiesférica con heterococolitos de tipo planolito de forma elíptica, el escudo distal de los cocolitos aplanado y tienen un borde delgado, la parte central algunos cocolitos presentan una estructura alargada con forma de espina la cual termina en una punta aguda, los cocolitos que no la presentan solo tienen una pequeña protuberancia al central; la cocosfera tienen un diámetro de  $\sim 7 \mu\text{m}$  en la parte más larga.

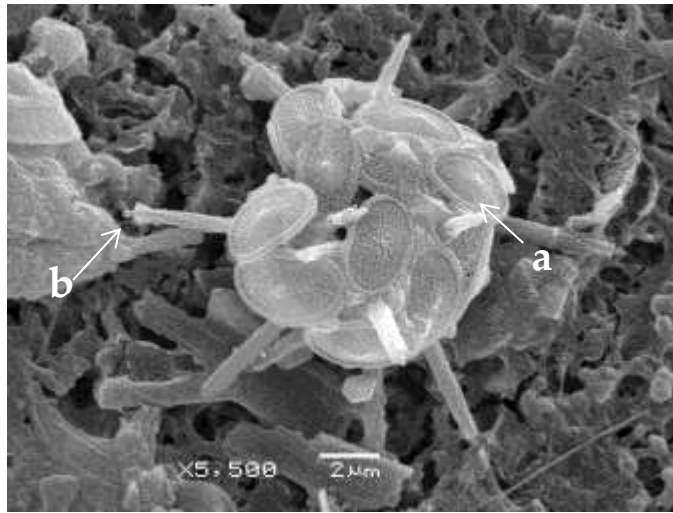


Figura 28. *Rhabdosphaera clavigera*. a) Escudo distal aplanado con borde delgado, b) espina con punta aguda.

**Distribución:** Localizada en la zona 3 en la estación

*Syracosphaera bannocki* (Borsetti y Cati 1976) Cros *et al.*, 2000. (Fig. 29).

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera esférica conformada por ~34 heterococolitos de tipo caneolito los cuales son de forma elíptica, el escudo distal de los cocolitos son anchas, el escudo distal presenta un borde delgado y liso, el área central presenta imbricaciones longitudinales, diámetro de la cocosfera de ~8  $\mu\text{m}$ .



Figura 29. *Syracosphaera bannocki*. Cocosfera semicompleta

**Distribución:** Localizada en zona 1 en la estación S-6 (15 m).

*Syracosphaera borealis* Okada y McIntyre, 1977. (Fig. 30)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera compuesta por  $\sim 34$  heterococolitos de tipo caneolito de forma elíptica, los cuales presentan un escudo proximal ancho, en la parte central del escudo distal se observa una protusión o sutura longitudinal, el borde del cocolito es grueso y tiene una imbricación radial con pliegues; los cocolitos miden  $\sim 2.6 \mu\text{m}$  por  $1.5 \mu\text{m}$ .

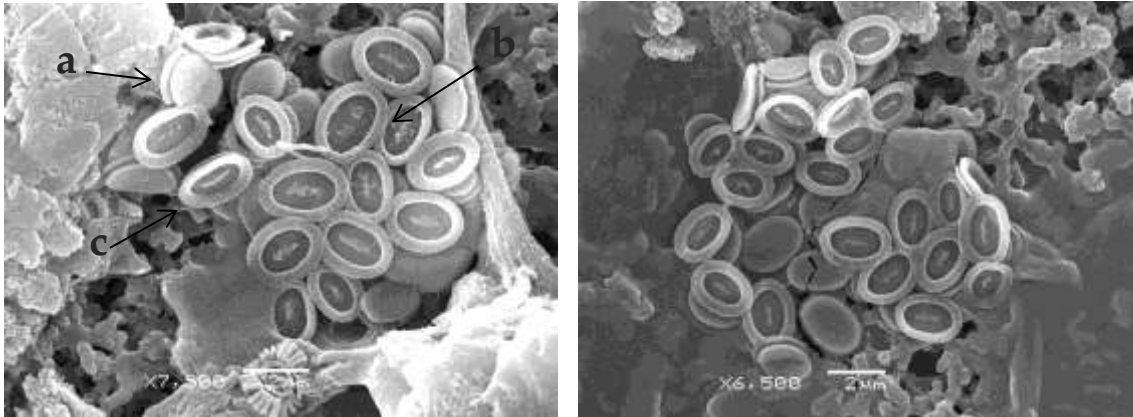


Figura 30. *Syracosphaera borealis*. Cocosferas disgregadas. a) Escudo proximal ancho, b) sutura central y c) borde con imbricación radial.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en la estación S-6 (15 m)

*Syracosphaera corolla* Lecal, 1966. (Fig. 31)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera dimórfica, disgregada con cocolitos de tipo caneolito, los cocolitos exotecales tienen un escudo proximal pequeño, el escudo distal tiene un área central excavada en donde se pueden observar dos poros centrales en algunos de estos cocolitos, el borde presenta imbricaciones radiales, los caneolitos endotecales presentan un escudo proximal ancho, el escudo distal presenta un borde delgado y un área central aplanada entre los dos escudos pueden observarse unas estructuras con forma de papilas; el tamaño de la cocosfera incierto, los cocolitos exotecales tienen  $\sim 7.5 \mu\text{m}$  en su parte larga por  $\sim 5.5 \mu\text{m}$  en la más ancha y los cocolitos endotecales  $\sim 3.5 \mu\text{m}$  en su parte más larga y  $\sim 1.5 \mu\text{m}$  en la más ancha.

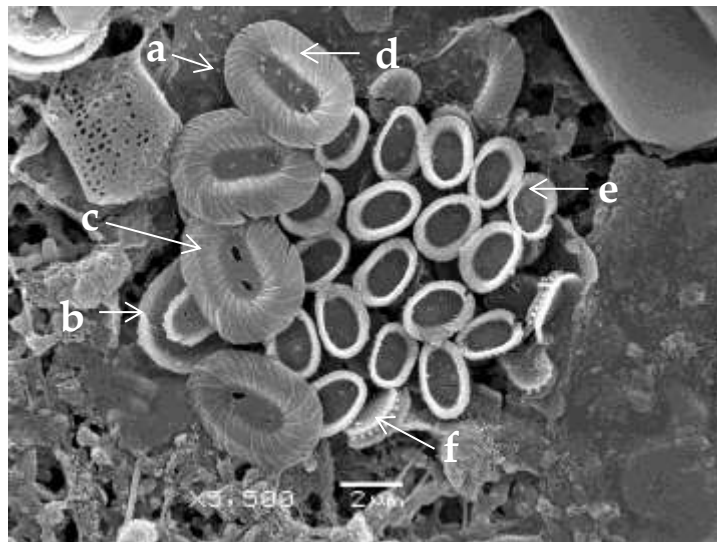


Figura 31. *Syracosphaera corollas*. a) Cocolitos exotecales, b) escudo proximal corto c) poros centrales, d) borde con imbricaciones radiales, e) cocolitos endotecales, f) papilas.

**Distribución:** Localizada en la zona 1 en la estación S-6 (15 m).

*Syracosphaera florida* Sánchez – Suárez 1990. (Fig. 32)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera formada por heterococolitos de tipo muralito de forma elíptica, el escudo proximal es ligeramente más corto que el distal, el borde y el muro del escudo distal tienen una terminación en zig-zag, la parte central del cocolito tienen imbricaciones radiales que terminan en el centro de donde se observa una estructura con forma de espina, la cual puede o no estar presente en todos los cocolitos; el tamaño de los cocolitos es de  $\sim 3\mu\text{m}$  de largo por  $\sim 2\mu\text{m}$  de ancho.

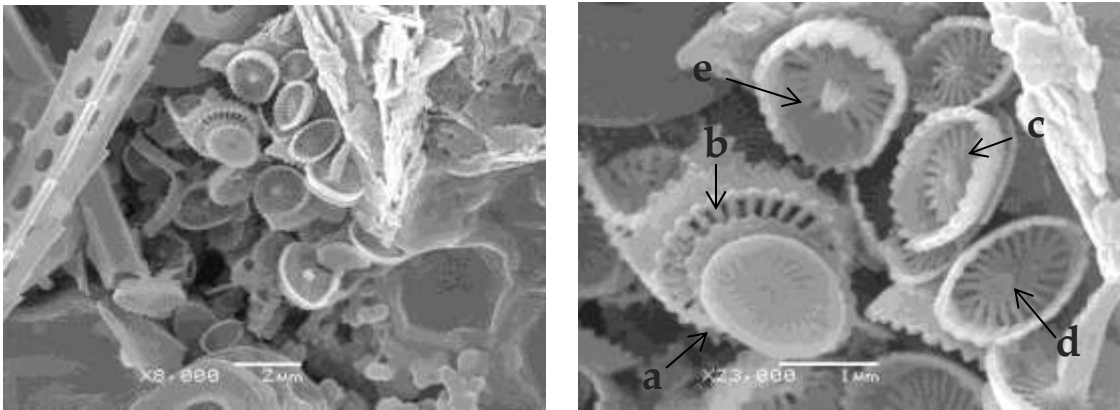


Figura 32. *Syracosphaera florida*. a) Escudo proximal, b) borde del escudo distal, c) muro del escudo distal, d) área central radiada, e) espina central.

**Distribución:** Organismo localizado en la zona 2 en la estación G-12 (40 m).

*Syracosphaera halldalii* Gaarder y Hasle, 1971. (Fig. 33)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Distribución.** Cocosfera monomórfica disgregada con heterococolitos elípticos de tipo muralito, el escudo proximal es de menor diámetro que el distal el cual presenta una borde grueso aplanado que rodea al área central en la cual se observa un estriamiento radial que termina en el centro en una estructura a manera de sutura, el tamaño de los cocolitos es de  $\sim 4\mu\text{m}$  por  $\sim 3\mu\text{m}$ .

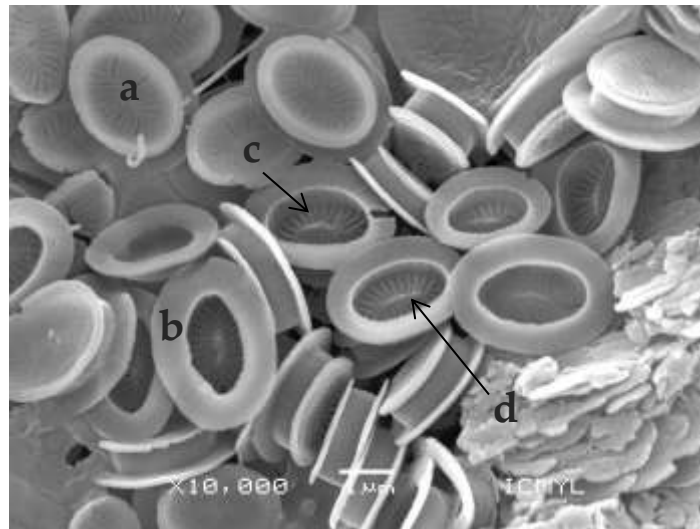


Figura 33. *Syracosphaera halldalii*. a) Escudo proximal, b) borde del escudo distal, c) área central radiada, d) sutura central.

**Distribución:** Encontrada en la zona 2 en la estación G-11 (0 m).



*Syracosphaera histrica* Kamptner, 1941. (Fig. 34)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Distribución.** Cocosfera conformada por ~35 heterococolitos de tipo caneolito de forma elíptica los cuales presentan un escudo proximal ancho, el borde del escudo distal es delgado con imbicaciones radiales ligeramente marcadas, el área central es también radiada y al centro termina en una sutura de la cual puede o no salir una estructura a manera de espina; cocosfera de tamaño incierto por encontrarse disgregada, el tamaño de los cocolitos es de ~3.3  $\mu\text{m}$  en su parte más larga y de 1.7  $\mu\text{m}$  en su parte más ancha.

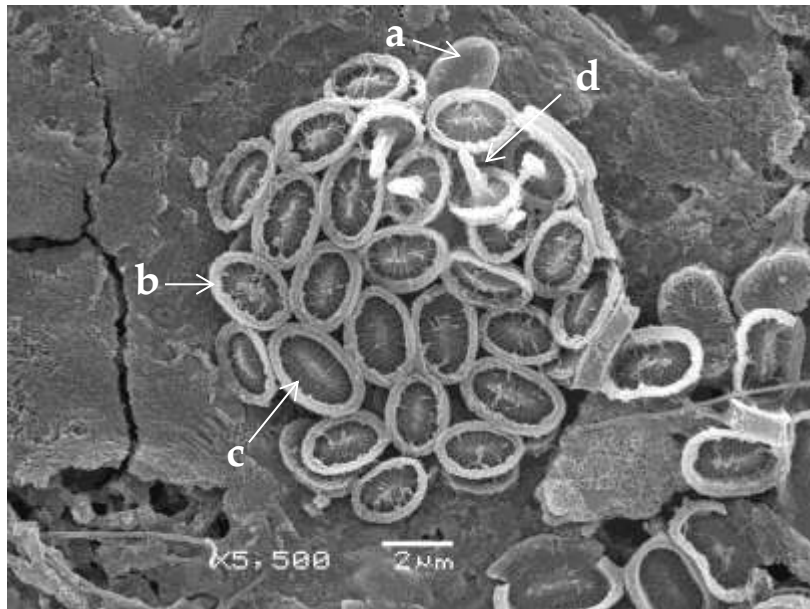


Figura 34. *Syracosphaera histrica*. a) Escudo proximal, b) borde del escudo distal, c) área central radiada y sutura central, d) espina central.

**Distribución:** Localizada en la zona 1 en la estación S-6 (15 m).

*Syracosphaera molischii* Schiller, 1925. (Fig. 35)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera esférica compuesta por  $\sim 44$  cocolitos de tipo caneolito de forma elíptica los presentan un escudo distal más grande que el proximal, el borde del escudo distal es grueso y corrugado, el área central presenta imbricaciones radiales y al centro una sutura de la cual puede o no salir una estructura a manera de espina gruesa; el tamaño de la cocosfera es de  $\sim 8.3 \mu\text{m}$  de diámetro.



Figura 35. *Syracosphaera molischii*. a) Borde corrugado del escudo proximal, b) área central radiada y sutura central, c) espina central.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en la estación S-6 (15 m) y en la zona 2 en las estaciones G-10 (10 y 25 m), G-11 (0 m), G-12 (0 m) y G-14 (0 y 12 m).

*Syracosphaera nana* (Kamptner, 1941) Okada y McInyre, 1977 (=S. sp. Tipo A de Kleijne, 1991, 1993). (Fig. 36)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera conformada por  $\sim 30$  heterococolitos de tipo caneolito de forma elíptica los cuales presentan un escudo proximal ancho, el borde del escudo distal es delgado, el área central es radiada y al centro termina en una sutura; la cocosfera es de tamaño incierto por encontrarse disgregada, el tamaño de los cocolitos es de  $\sim 3 \mu\text{m}$  en su parte más larga y de  $\sim 2 \mu\text{m}$  en su parte más ancha.

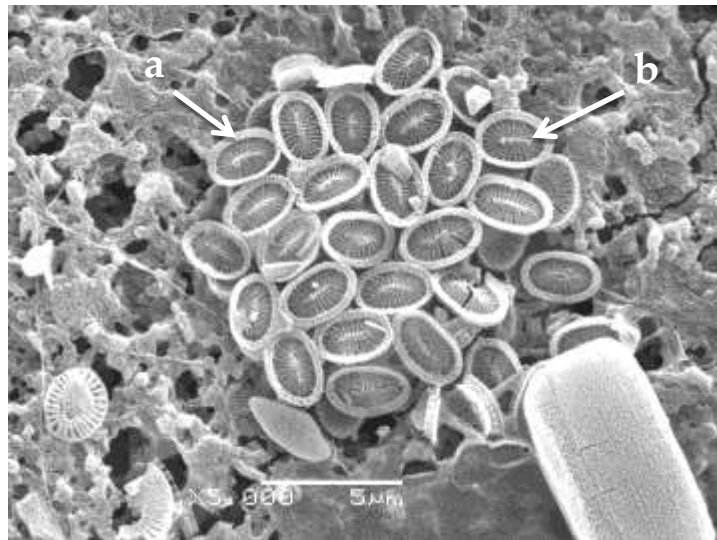


Figura 36. *Syracosphaera nana*. a) Borde del escudo proximal, b) área central radiada y sutura central.

**Distribución:** Localizada en zona 3

*Syracosphaera pirus* Halldal & Markali, 1955. (Fig. 37)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocolitos de tipo caneolito con forma elíptica, el escudo proximal es ligeramente más corto que el distal el cual presenta un borde angosto y un estriamiento en el área central del cocolito, en el centro sale una estructura ancha y alargada en forma de espina la cual puede quebrarse fácilmente quedando entonces solo una protusión corta; los cocolitos tienen talla de  $\sim 6.4 \mu\text{m}$  en su parte más larga y  $4 \mu\text{m}$  en la más ancha.

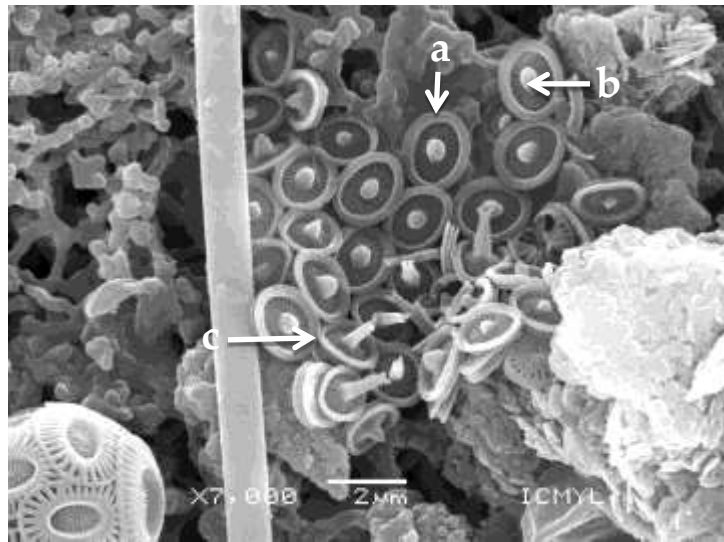


Figura 37. *Syracosphaera pirus*. a) Borde del escudo distal, b) área central radiada, c) espina central.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en la estación S-6 (15 m) y en la zona 2 en la estación G-11 (0 m).

*Syracosphaera pulchra* Lohmann, 1902. (Fig. 38)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera de forma semielíptica conformada por ~30 cocolitos de tipo caneoilito de forma elíptica los cuales tienen un borde proximal casi del mismo tamaño que el distal, el cual presenta un borde delgado, el área central es plana y en algunos cocolitos pueden observarse una espina central; la cocosfera es de aproximadamente 20  $\mu\text{m}$  en la parte más larga y 15  $\mu\text{m}$  en la más ancha.

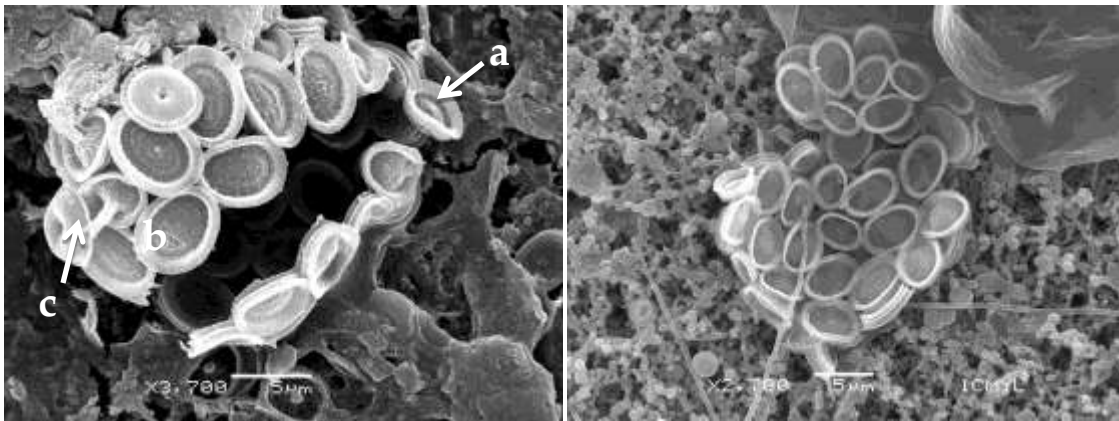


Figura 38. *Syracosphaera pulchra*. a) Borde del escudo distal, b) área central, c) espina central.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 1 en las estaciones S-4 (25 y 50 m) y en la S-6 (50 m), en la zona 3 en las estaciones MII-16 (0 y 20 m), MII-17 (0 y 50 m), MII-29 (50 m), MII-28 (0 m), MII-32 (0 m), MII-33(0 m), MII-34(5 m) y MII-35 (0 m).

*Syracosphaera rotula* Okada y McIntyre, 1977. (Fig. 39)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción** Cocosfera disgregada, dimórfica con cocolitos de tipo caneoilito, el borde distal es de forma circular y tienen un área central radiada con un borde angosto, los otros caneoilitos presentan un borde distal de forma elíptica, el borde es angosto y el área central es estriada.

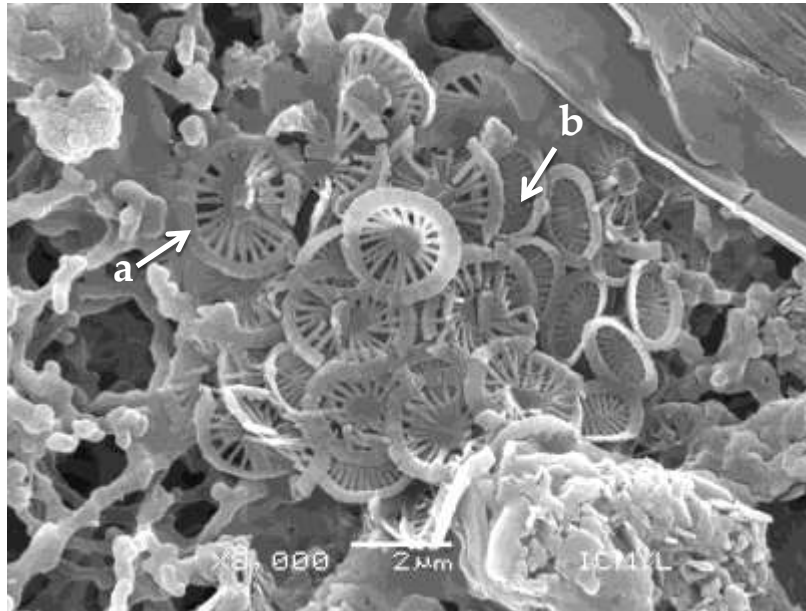


Figura 39. *Syracosphaera rotula*. a) Caneoilitos circulares con radiación concéntrica, b) caneoilitos elípticos con estriamiento en el área central.

**Distribución:** especie localizada en la zona 1 en las estaciones S-4 (25 y 50 m) y S-6 (50 m)

*Syracosphaera sp. II cf. epigrosa* Okada y McIntyre, 1977. (Fig.40)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera disgregada conformada por ~30 cocolitos de tipo caneoilito de forma elíptica los cuales presentan un escudo distal y proximal casi del mismo tamaño tienen un área central estriada y borde delgado.



Figura 40. *Syracosphaera sp. II cf. Epigrosa*. Caneoilitos elípticos con estriamiento en el área central.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-11 (0 m).

*Syracosphaera tumularis* Sánchez- Suárez, 1990. (Fig. 41)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocolitos de tipo caneoilito, de forma elíptica los cuales presentan un escudo proximal delgado casi del mismo tamaño que el distal, el cual presenta un área central amplia y radiada de manera concéntrica, los radios terminan al centro en una ligera elevación, el borde del escudo distal es delgado y elevada y se observa una terminación ondulada.

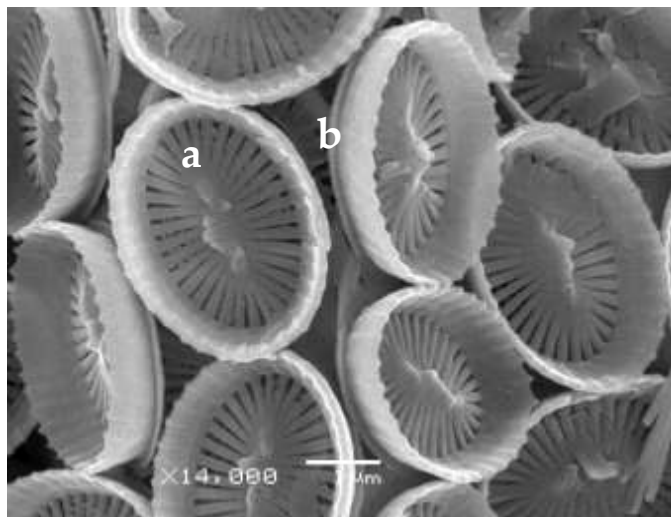


Figura 41. *Syracosphaera tumularis*. a) Canneolitos elípticos con estriamiento en el área central, b) borde elevado con terminación ondulada.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 1 estación S-6



*Coronosphaera mediterranea* (Lohmann 1902) Gaarder, 1977. (Fig. 42)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera esférica conformada por cocolitos de tipo caneolito, el borde del escudo distal es elevado y delgado presenta un área central interna ancha y radiada, al centro se observa una sutura gruesa y algunos cocolitos presentan una espina central y otros solo una protusión que resulta de la pérdida de la espina. El tamaño de las cocosferas es de  $\sim 12 \mu\text{m}$ .

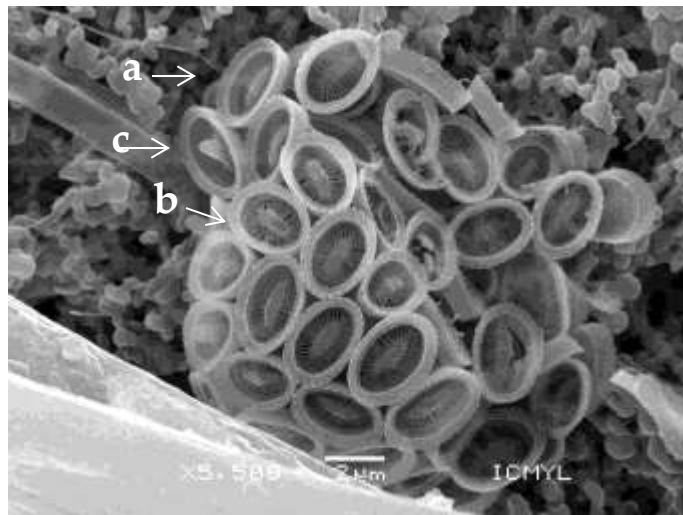


Figura 42. *Coronosphaera mediterranea*. a) Borde elevado, b) área central radiada, c) espina central.

**Distribución:** Localizada en zona 1 parte central en la estación S-5 (15 m), en la zona 2, en la estación G-11 (0 m) y 3 en las estaciones: MII-16(0 m), MV-37 (40 m), MV-38 (0 m), MV-42 (0 m), MV-44(5 m), MV-45 (40 m).

*Calciopappus caudatus* Gaarder y Ramsfjell, 1954. (Fig. 43)

**Referencias.** Young, 2003.

**Descripción:** Cocolitos modificados en espinas alargadas, la parte proximal de las espinas tienen forma tripodal con una base aplanada y curva.

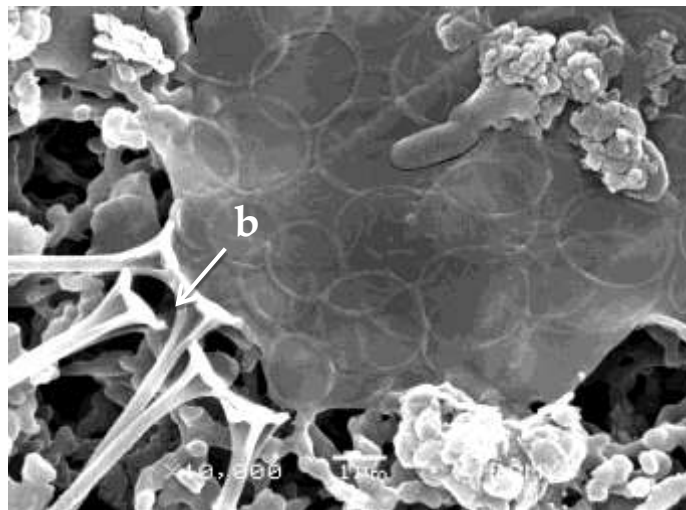
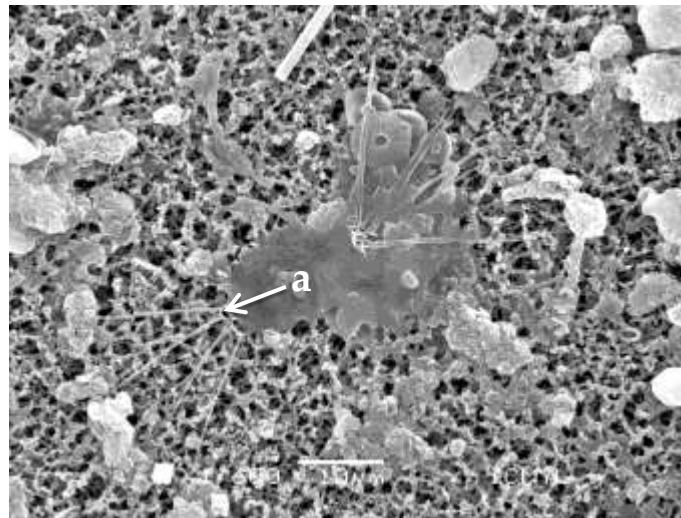


Figura 43. *Calciopappus* sp. a) Cocolitos modificados, b) estructura tripodal.

**Distribución:** localizada en la zona 2 estación G-11 (0 m).

*Alisphaera pinnigera* Kleijne, 2002. (Fig. 44)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera monomórfica de  $\sim 6.5 \mu\text{m}$  por  $5.0 \mu\text{m}$ , está compuesta por más de 40 cocolitos de tipo placolito los cuales presentan un escudo distal asimétrico, aplanado y ancho, en la parte central del cocolito se observa una grieta alargada, y como característica importante en el borde se ve una proyección central en forma de espina o cuerno delgado.

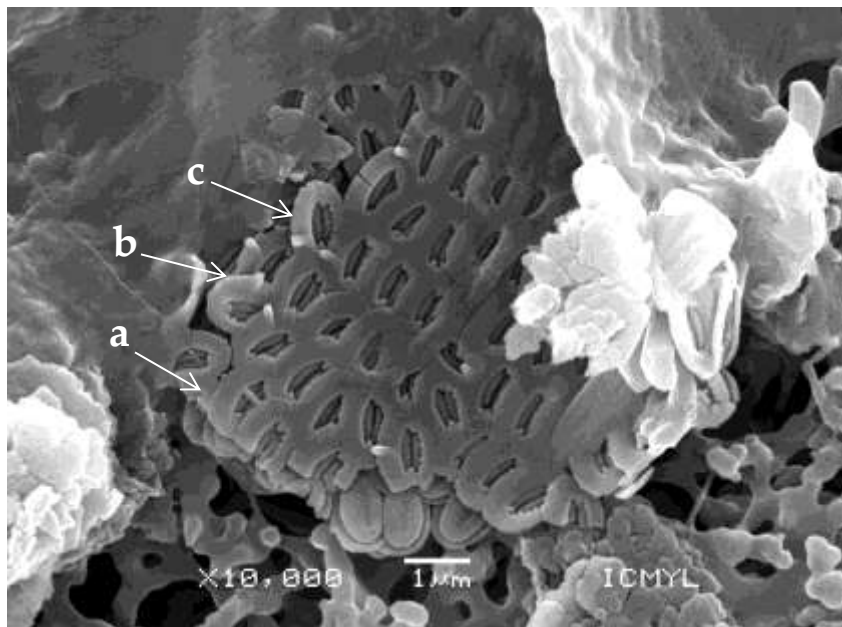


Figura 44. *Alisphaera pinnigera*. a) Borde aplanado, b) espina del borde, c) grieta central.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-11 (0 m.).

*Alisphaera unicornis* Okada y McIntyre, 1977. (Fig. 45)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera semiesférica y monomórfica, de  $\sim 15\mu$  de diámetro, compuesta por  $\sim 50$  cocolitos de tipo placolito los cuales presentan el borde del escudo distal grueso, asimétrico y con un lado más ancho ( $\sim 1\mu\text{m}$ ) y uno más estrecho ( $\sim 0.5\mu\text{m}$ ) en donde se puede observar una proyección central en forma de espina, el área central es angosta y presenta una grieta paralela al lado más largo.

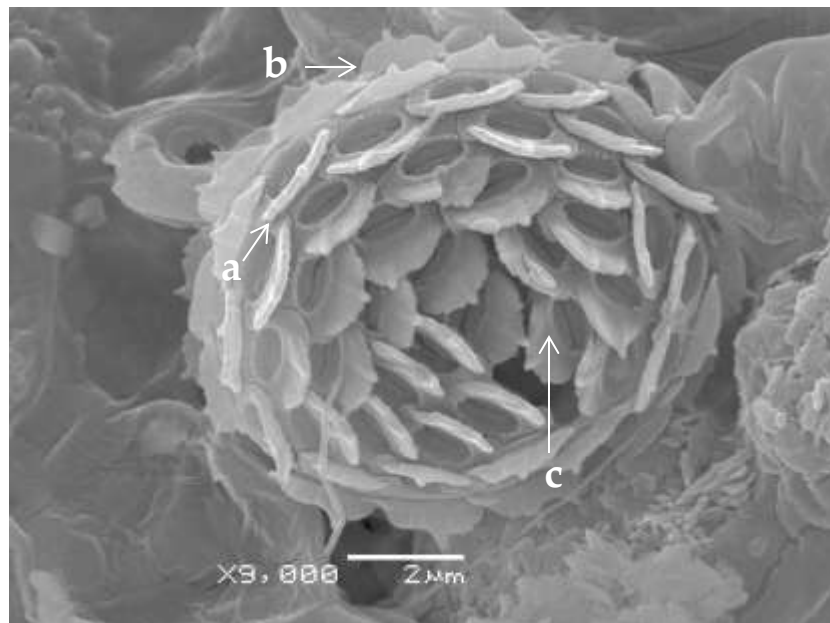


Figura 45. *Alisphaera unicornis*. a) Borde grueso, b) espina del borde, c) grieta central.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-12 (40 m.)

*Polycrater galapagensis* Manton y Oates, 1980. (Fig. 46)

**Referencias:** Young, 2003.

**Descripción.** Organismo compuesto por  $\sim 120$  cocolitos de tipo nannolito de forma romboidal los cuales presentan un escudo distal estrecho, cóncavo y excavado, el tamaño de la cocosfera es incierto, el tamaño de los cocolitos es de  $\sim 0.9 \mu\text{m}$  en la diagonal mayor y  $0.5 \mu\text{m}$  en la menor

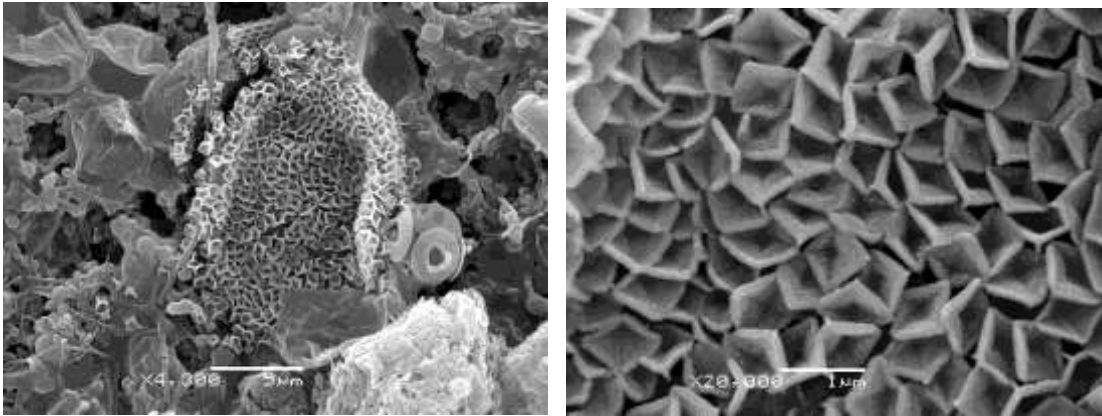


Figura 46. *Polycrater galapagensis*. Cocolitos romboidales.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en la estación S-6 (15 m) y en la zona 2 en la estación G-12 (40 m).

*Umbellosphaera irregularis* Paasche, 1969. (Fig. 47)

**Referencias.** Young, 2003.

**Descripción:** Espécimen conformado por heterococolitos de tipo umbelolito, el escudo distal es de forma cónica y presenta imbricaciones radiales que van desde el surco central hacia la apertura mayor, el tamaño de los cocolitos es en la diagonal mayor de  $\sim 0.9 \mu\text{m}$  y  $0.5 \mu\text{m}$  en la más ancha.

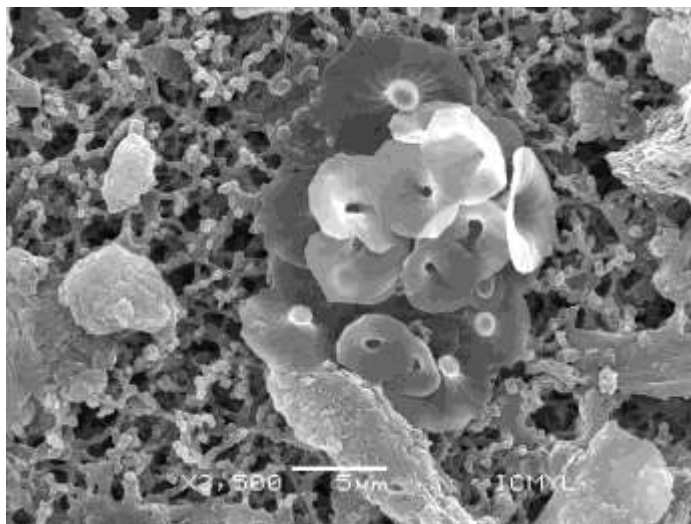


Figura 47. *Umbellosphaera irregularis*. Cocolitos de tipo umbelolito.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-11 (0 m).

*Umbellosphaera tenuis tipo 1* (Kamptner, 1937) Paasche en Markali y Paasche, 1955

[Coccolithus]. (Fig. 48)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera conformada por heterococolitos de tipo umbelolito los cuales son de forma semielíptica, el escudo proximal es de mucha menor talla que el escudo distal, el cual carece de reborde y en el que se observa un estriamiento marcado con líneas de distinto grosor y patrón, las cuales terminan en un surco central.

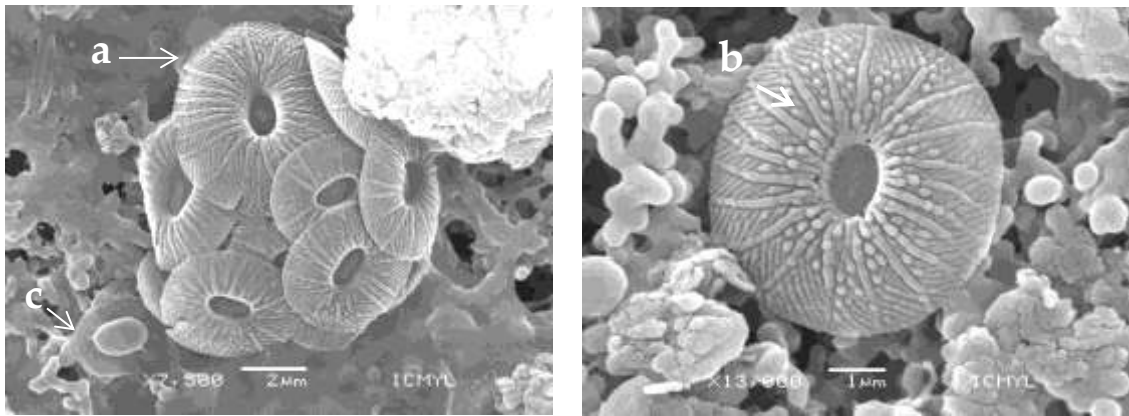


Figura 48. *Umbellosphaera tenuis tipo 1*. a) Cocolitos de tipo umbelolito, b) imbricaciones radiales, c) escudo proximal de talla pequeña.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-9 (48 m).

*Calyptrolithina divergens* (Halldal y Markali, 1955) Heimdal, 1982 var. *divergens*. (Fig. 49)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosfera con  $\sim 34$  holococolito de tipo zygolito (aunque pueden encontrarse especímenes que poseen además caliptrolitos), los cuales tienen forma elíptica con un borde en el escudo distal delgado y una protusión central evidente, pueden observarse también algunos poros en el cocolito. El tamaño de los cocolitos es en su parte más larga de  $\sim 2.2 \mu\text{m}$  y en la más ancha de  $\sim 1.3 \mu\text{m}$ .

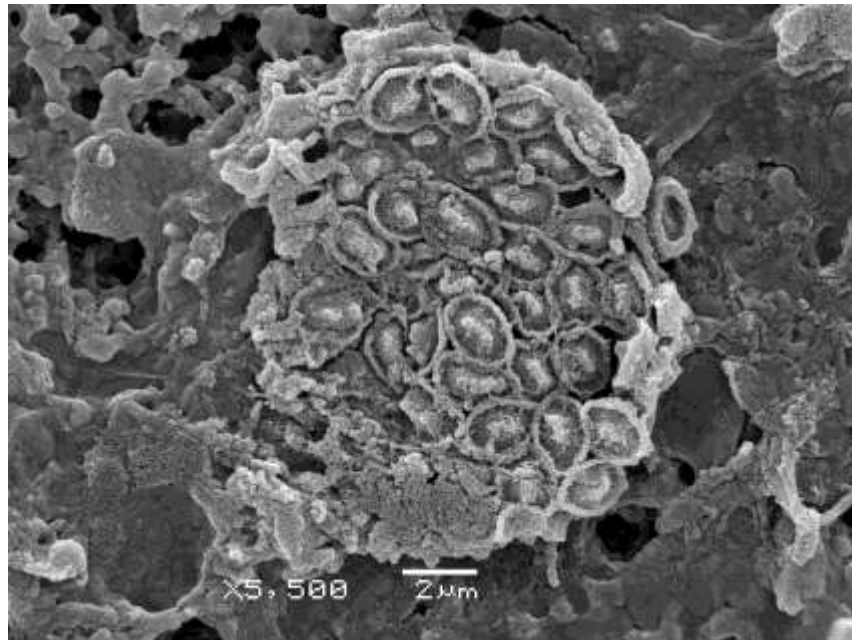


Figura 49. *Calyptrolithina divergens*. Cocosfera dañada.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 1 en la estación S-4 (15 m).



*Calyptrolithina multipora* (Gaarder, 1980). (Fig. 50)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** : Cocosfera dimórfica, en la imagen se observa un espécimen disgregado en el cual solo se observan cocolitos de tipo zygotito (aunque también porta cocolitos de tipo caliptrolito), los cuales tienen forma elíptica con borde distal delgado conformado por dos hileras de cristales más elevadas que el resto, la parte central tiene una protusión evidente y pueden también observarse numerosos poros en toda el área central del cocolito. El tamaño de los cocolitos es de  $\sim 2.5\mu\text{m}$  en su parte más larga.



Figura 50. *Calyptrolithina multipora*. Cocosfera disgregada.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en la estación G-12 (40 m).

*Poricalyptra magnaghii* (Borsetti y Catti, 1971) Kleijne, 1991. (Fig. 51)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocosferas dimórficas semicirculares y semielípticas compuestas por cocolitos de tipo holococolito, los cuales tienen a su vez una forma elíptica y se encuentran conformados por diminutos cristales, el borde de los cocolitos se conforma por dos o tres hileras de cristales continuos, mientras que a lo largo de la parte central del cocolito se observan poros y ya en el centro una protusión también formada por diminutos cristales, hacia la parte apical de la cocosfera se observan cocolitos de tipo zgolito, los cuales están compuestos de los mismos cristales.

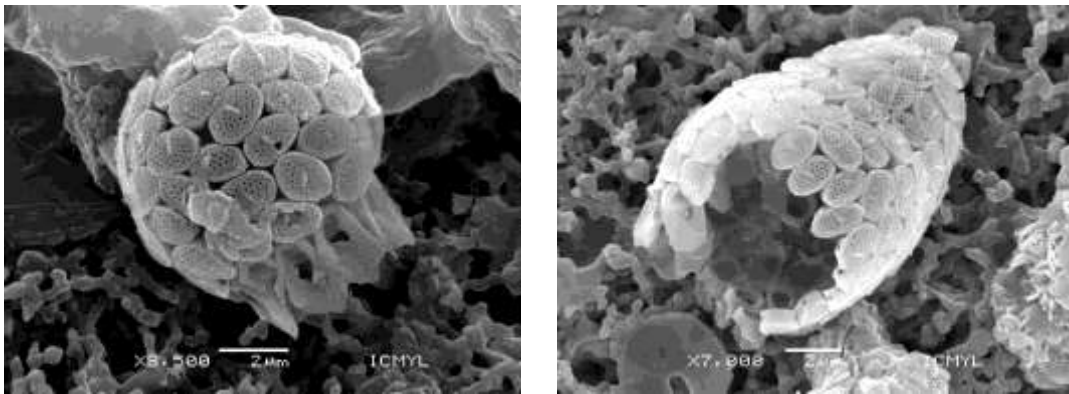


Figura 51. *Poricalyptra magnaghii*. Cocosferas semicompletas.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2 en las estaciones (15 m), G-12 (15 m) y G-14 (0 m).

*Ceratholithus cristatus* Kamptner, 1950. (Fig. 52)

**Referencias:** Cross, 2002; Young, 2003.

**Descripción.** Cocolitos de tipo nannolito los cuales son asimétricos y presentan forma de herradura, el borde proximal del cocolito es elevado y se observa un estriamiento marcado que puede ser tan profundo que separa este borde en pequeñas estructuras a manera de dientes, dicha ornamentación es diferente tanto en el borde superior e inferior como en el brazo derecho e izquierdo. El tamaño del cocolito es de  $\sim 20 \mu\text{m}$  de longitud.

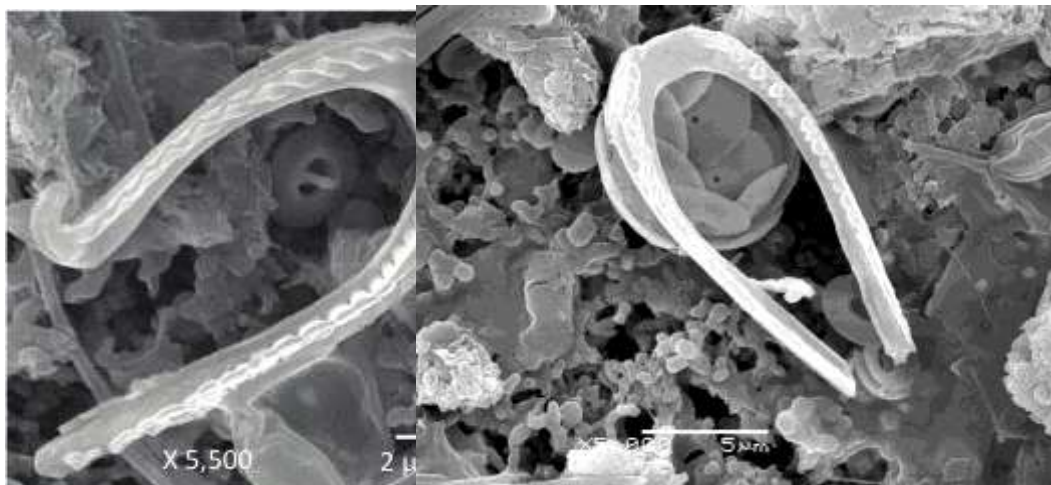


Figura 52. *Ceratholithus cristatus*. Nannolitos con forma de herradura.

**Distribución:** Presentes en la zona 2 en las estaciones: G-9 (0, 28, 31 y 48 m), G-10 (0, 10, 25 y 29 m), G-11 (0, 10, 35, 49 y 65 m), G-12 (0, 15, 25 y 40 m), G-13 (0, 15 y 28 m), y G-14 (0, 12, 29 y 45 m).

*Florisphaera diantha* Kahn y Aubry, 2012. (Fig. 53)

**Referencias:** Kahn *et.al.*, 2012.

**Descripción.** Cocosfera semiesférica compuesta de ~30 heterococolitos planos de tipo nannolito, cada cocolito tiene cuatro lados de los cuales dos son lisos y dos tienen un aserramiento asimétrico, los cocolitos miden ~3  $\mu\text{m}$  de largo.

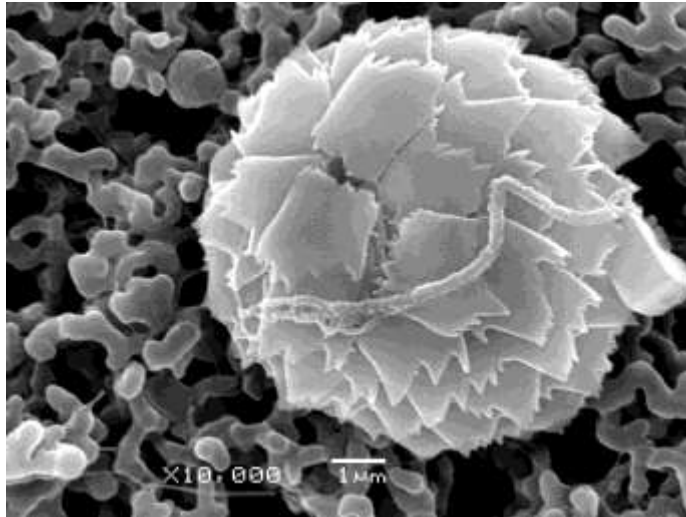


Figura 53. *Florisphaera diantha*. Nannolitos con un lado del borde aserrado.

**Distribución:** Especie localizada en la zona 2, estación G-11 (20 m).

*Florisphaera erugata* Kahn y Aubry, 2012. (Fig. 54)

**Referencias:** Kahn *et.al.*, 2012.

**Descripción.** Cocosfera disgregada con cocolitos planos de tipo nannolito, cada cocolito rectangular tiene dos lados rectos y largos y dos lados ondulados y cortos.

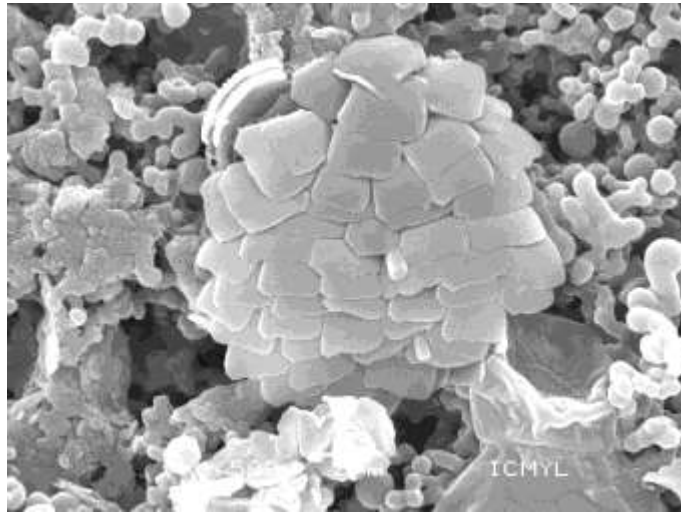


Figura 54. *Florisphaera dianthan*. Nannolitos con un lado del borde ondulado.

**Distribución:** En la zona 2 en la estación G-9 (48 m).

*Florisphaera profunda* var. *profunda* Okada y Honjo, 1973. (Fig. 55)

**Referencias:** Young, 2002.

**Descripción.** Cocosfera de forma elíptica en su vista lateral y sub-esférica en su vista transversal compuesta de ~30 heterococolitos de tipo nannolito de forma hexagonal acomodados uno sobre otro formando varias capas, los nannolitos presentan un adelgazamiento hacia l parte apical lo que le da la forma de pétalo ya a la cocosfera forma de flor, el tamaño de la cocosfera de ~8.2  $\mu\text{m}$



Figura 55. *Florisphaera profunda* var. *profunda*. Nannolitos hexagonales.

**Distribución:** Localizada en zona 1 en las estaciones: S-1, S-2 y S-3 (5, 10, 15, 25 y 25m), en las estaciones S-4 y S-5 (20 y 25 m), en la zona 2 en la estación G-11 (49 m) y en la zona 3 en las estaciones MIL-19 (75 m), MIL-30 (50 m), MIL-32(75 m), y MIL-34 (5 m).

## Riqueza y composición por zona

### Zona 1.

En la zona 1 se identificaron 25 especies de cocolitofóridos de las cuales 22 pertenecen al grupo de los heterococolitoforidos, 1 corresponde al grupo de los holococolitoforidos y 2 al de los nannolitos (Tabla 3).

Las estaciones con mayor riqueza fueron la S-5 y S-6 con 13 y 21 taxones respectivamente, las estaciones se encuentran localizadas en la parte central y al sur de la península, por otra parte la estación que presentó la menor riqueza durante el estudio fue la S-8, reportándose solo 6 taxones (Fig. 56).

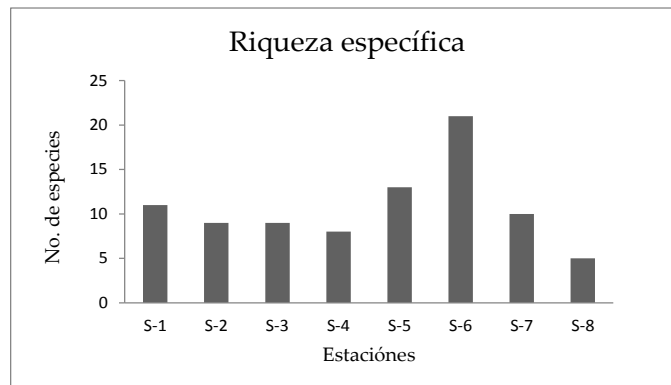


Figura 56. Riqueza específica de cocolitofóridos registrada en la región de la Costa occidental de la península de Baja California por Andrade-Hernández (2010).

### Zona 2.

La riqueza de la zona 2 estuvo compuesta por 30 taxones de los cuales 28 pertenecen al grupo de los heterococolitofóridos, 1 al de los holococolitofóridos y 1 al de los nannolitos (Tabla 3).

El número de especies en las diferentes estaciones de la zona 2 fue en general homogéneo. (Fig.57)

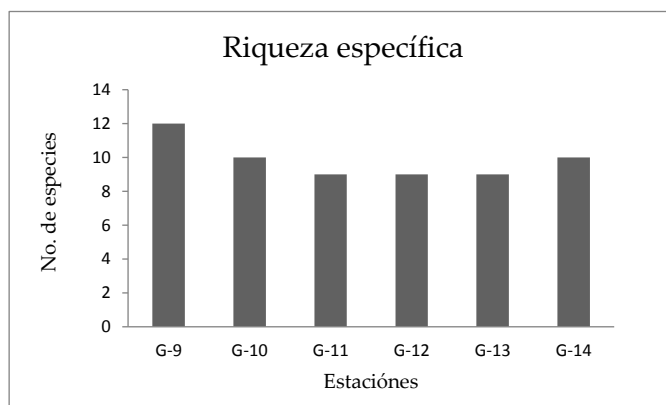


Figura 57. Riqueza específica de cocolitofóridos registrada en la región del Golfo de California (2011).

### Zona 3 (2010).

La riqueza de especies encontrada en la zona 3 durante los meses de abril y mayo en las estaciones del Pacífico central mexicano estuvo compuesta por 18 especies pertenecientes todas al grupo de los heterococolitofóridos (Tabla 3).

A lo largo de esta zona la riqueza de especies se observó heterogénea, por tanto cabe destacar que en las estaciones MII-16, MII-17, MII-28, MII-33 y MII-36 se observó una mayor riqueza. (Fig.58).

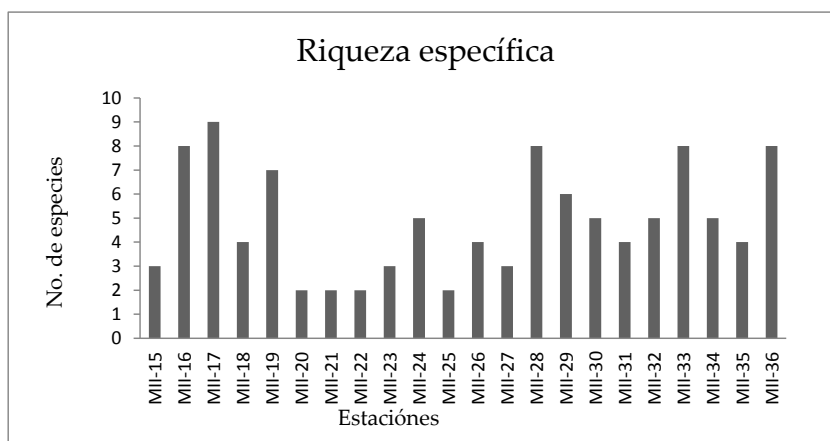


Figura 58. Riqueza específica de cocolitofóridos registrada en la región del Pacífico tropical mexicano en abril- mayo 2010.



### Zona 3 (2013).

En la zona 3 la riqueza encontrada durante los meses de abril y mayo estuvo compuesta por 12 especies de las cuales 11 pertenecen al grupo de los heterococolitofóridos y 1 al de los nannolitos (Tabla 3).

En general la riqueza entre las estaciones fue también heterogénea, destacando las estaciones MV-37, MV-39, MV-44 y M-45 como las que presentaron una mayor riqueza (Fig. 59).

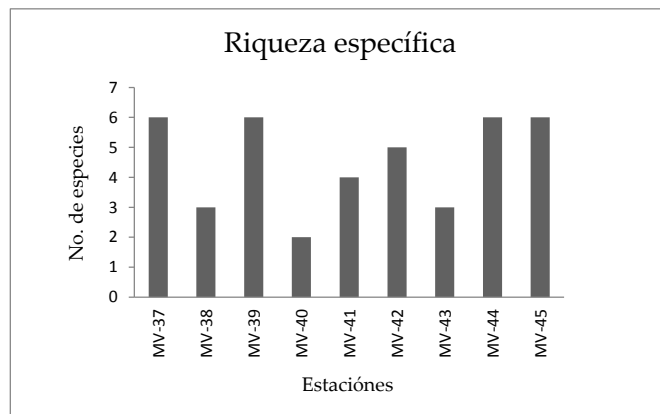


Figura 59. Riqueza específica de cocolitofóridos registrada en la región del Pacífico tropical mexicano (2013)

### Abundancia y distribución de cocolitofóridos en los transectos de muestreo

En primer lugar se observó la distribución de la abundancia total de cocolitofóridos en los distintos niveles de la columna de agua en cada transecto muestreado; nuevamente cabe mencionar que para el caso de la zona 1 no fue posible realizar el análisis debido a que los datos de abundancia registrados no fueron claros.

## Zona 2.

Las estaciones de la zona 2 se distribuyeron paralelamente a la línea de costa en donde se observa que las mayores abundancias de células por litro de agua estuvieron presentes en las estaciones al sur del transecto, en las profundidades más superficiales (Fig. 60).

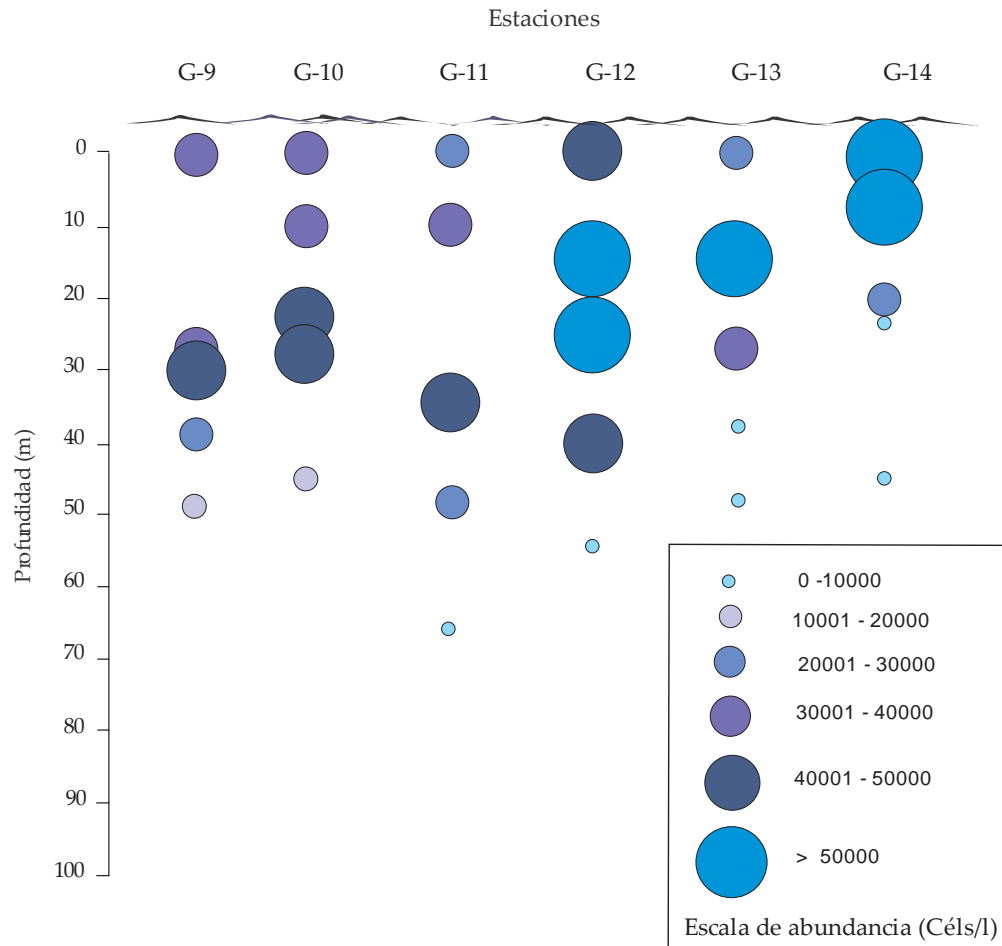


Figura 60. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto paralelo a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado izquierdo es la ubicada más al norte.

### Zona 3 (2010).

En la zona 3 se observó una distribución heterogénea de organismos en la columna de agua, en general las mayores abundancias se observaron en las estaciones más costeras

En el transecto que corresponde al estado de Jalisco las mayores abundancias se registraron en las estaciones MII-17 y MII-18 con más de 40 000 céls/L a 10 metros de profundidad, por otra parte la estación más lejana de la costa presento abundancias menores a las 10 000 céls/L en todos los niveles muestreados (Fig. 61).

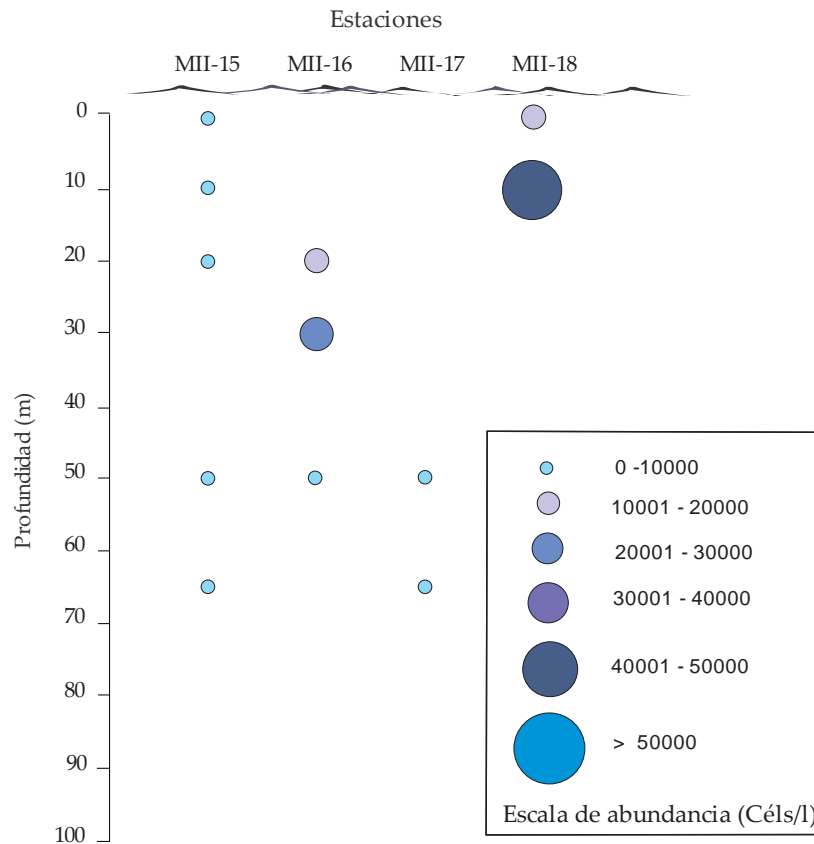


Figura 61. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto perpendicular a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado derecho es la más cercana a la costa.

En el transecto ubicado en el estado de Colima se observó poca abundancia de cocolitofóridos, la mayor abundancia se registró en la estación MII-21 a 10 metros de profundidad con menos de 20 000 células por litro (Fig. 62).

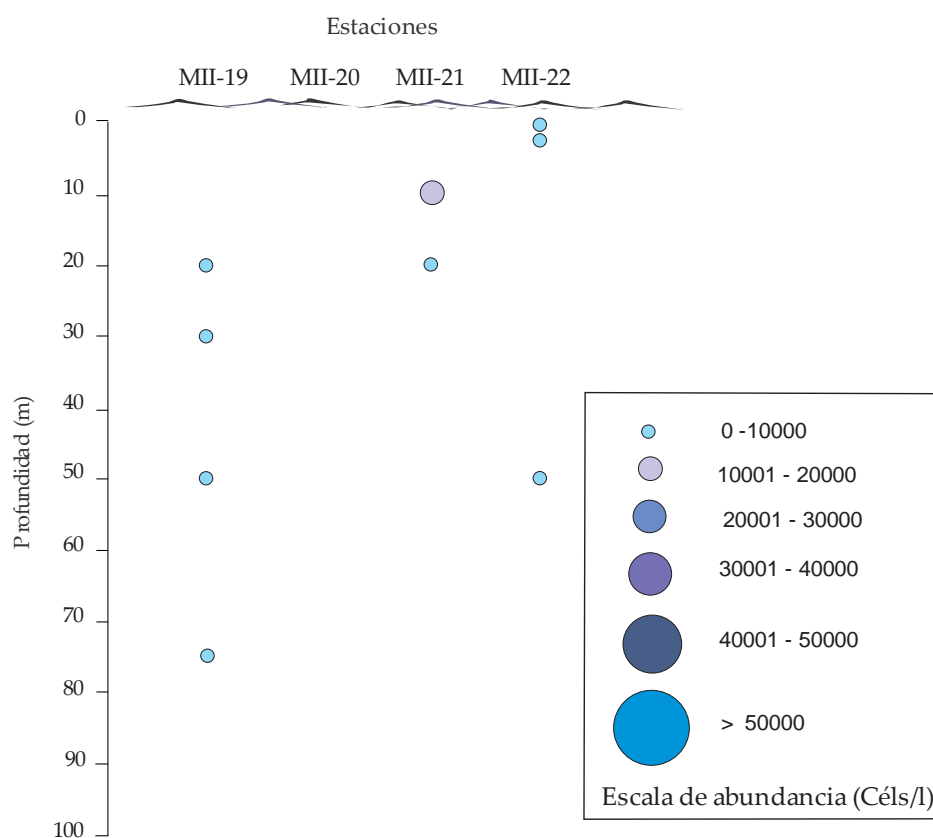


Figura 62. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto perpendicular a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado derecho es la más cercana a la costa.

En las estaciones estudiadas del estado de Michoacán se observó una mayor heterogeneidad en cuanto a la distribución de las mayores abundancias de cocolitofóridos ya que se pudieron observar números mayores a 10 000 céls/L en todas las estaciones de muestreo en diferentes profundidades, aunque las mayores abundancias (> 30 000 céls/L) se encontraron en las estaciones costeras a más de 20 metros de profundidad (Fig. 63).

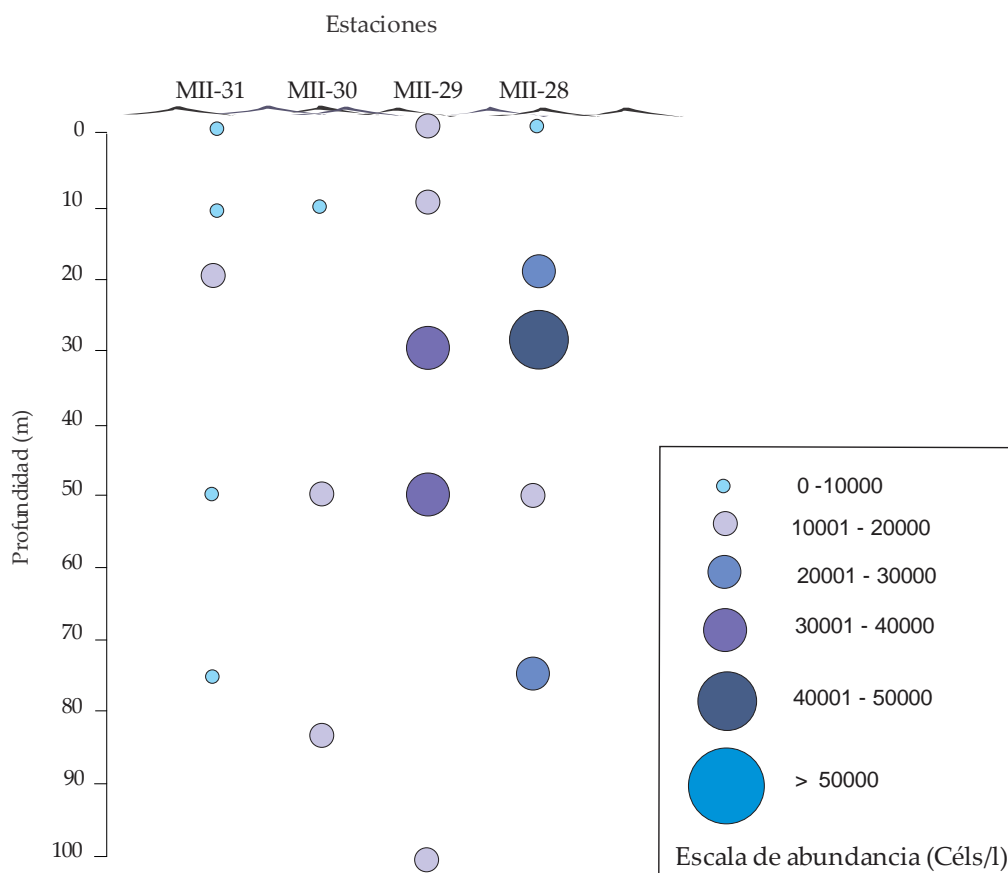


Figura 63. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto perpendicular a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado derecho es la más cercana a la costa.

En el transecto ubicado en el estado de Guerrero se registraron las abundancias más altas de toda la zona, en la estación MII-33 se encontró una densidad de 121 500 células por litro de agua a una profundidad de 5 metros las demás estaciones registraron abundancias mayores a las 10 000 céls/L y solo la estación MII-32 mostró abundancias menores a 10 000 céls/L (Fig. 64).

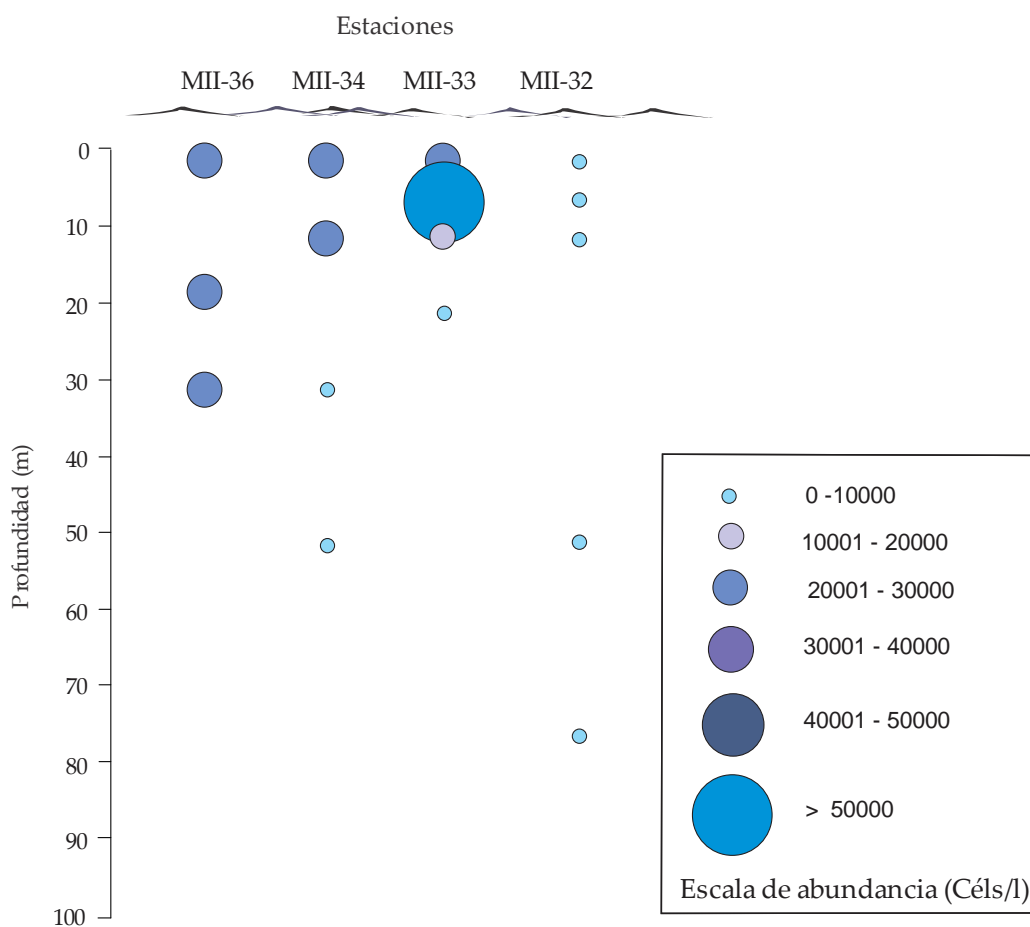


Figura 64. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto perpendicular a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado derecho es la más cercana a la costa.

### Zona 3 (2013).

Por otra parte en la zona del Pacífico central en el año 2013 lo que se observó en el transecto ubicado en Jalisco fue una distribución más homogénea de las mayores abundancias de organismos en la columna de agua, se observaron densidades de entre 20 000 y 30 000 células por litro en distintas profundidades y en estaciones cercanas y lejanas de la costa (Fig. 65).

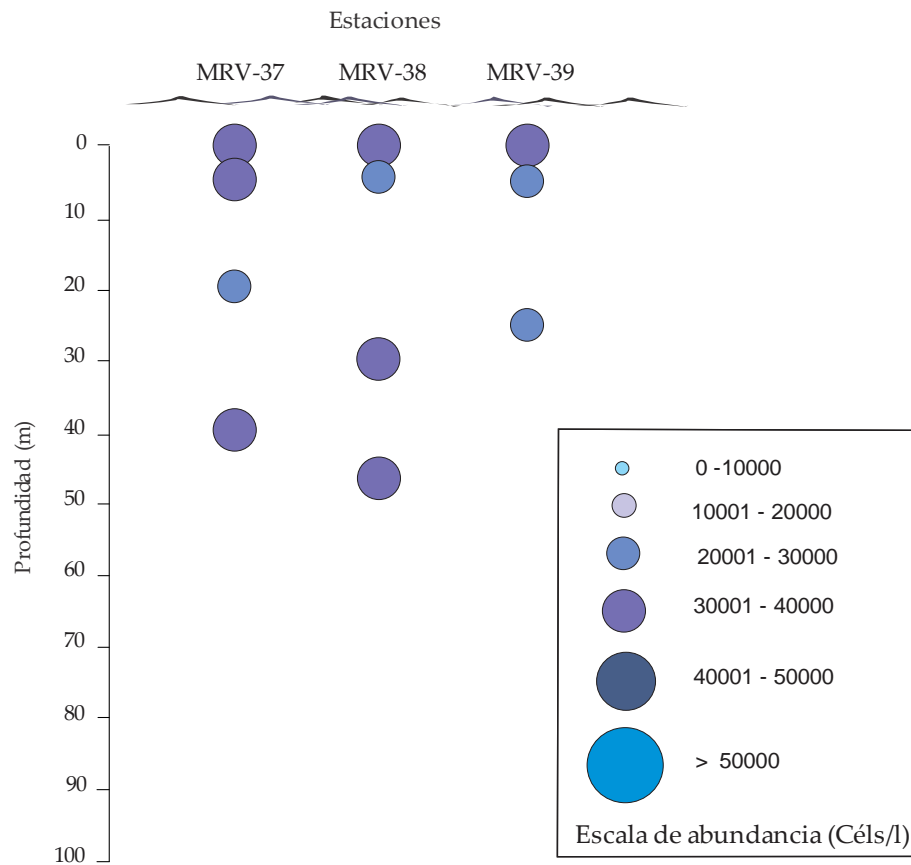


Figura 65. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto perpendicular a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado derecho es la más cercana a la costa.

En el transecto ubicado en Colima se registraron también grandes abundancias de cocolitofóridos, en los niveles de superficie se reportaron densidades de más de 30 000 células por litro, encontrando la mayor abundancia de más de 50 000 células en la estación más costera a 40 metros de profundidad. (Fig. 66).

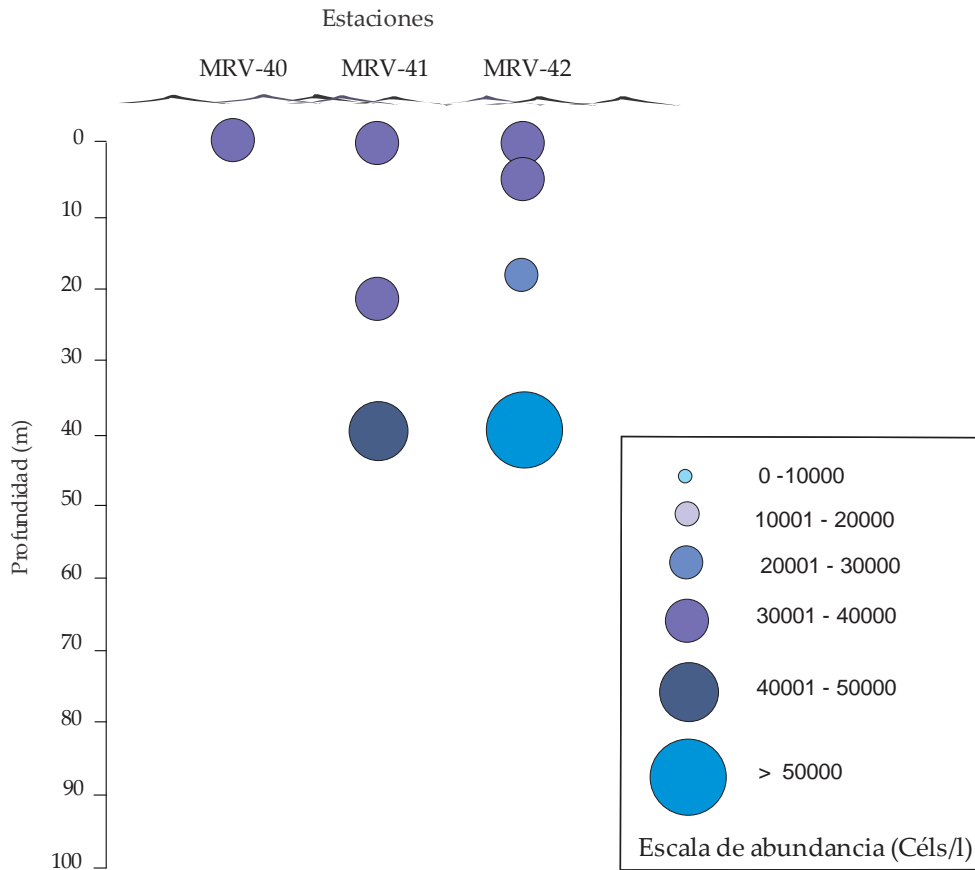


Figura 66. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto perpendicular a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado derecho es la más cercana a la costa.



En el transecto ubicado en Michoacán lo que se observó fue una ausencia de cocolitofóridos en donde solo en la estación 43 se registraron organismos en una abundancia de menos e 10 000 células en un litro de agua (Fig. 67).

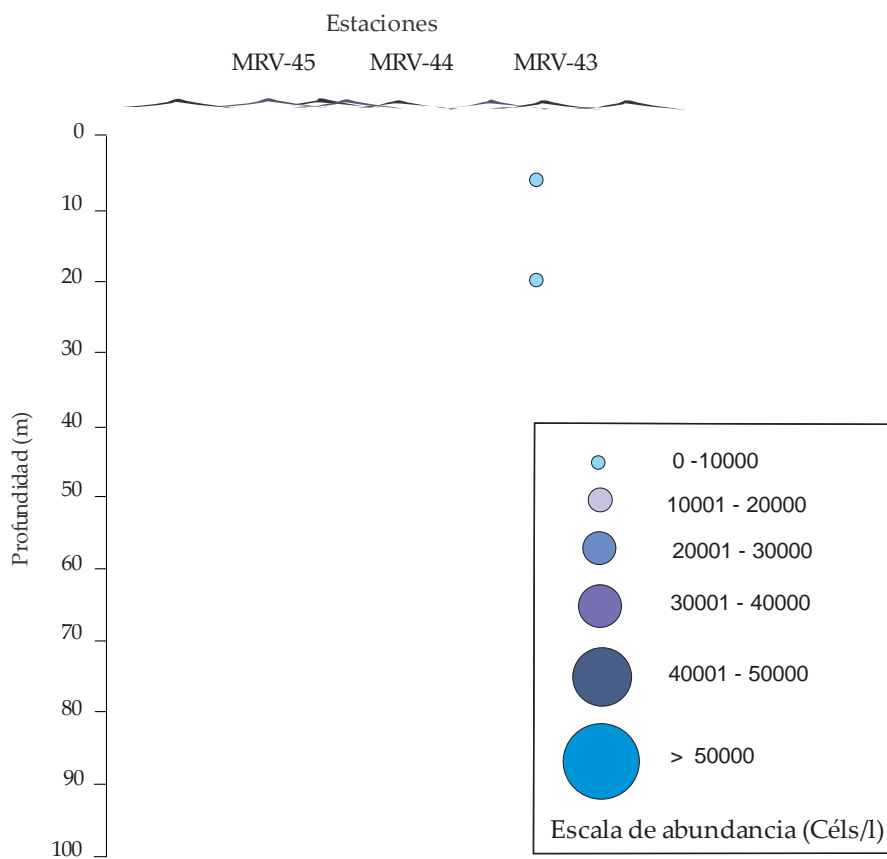


Figura 67. Abundancia en células por litro de cocolitofóridos. La gráfica representa la ubicación de las estaciones en el transecto perpendicular a la línea de costa y sus distintos niveles en la columna de agua, la estación del lado derecho es la más cercana a la costa.

## Abundancia y distribución de las especies de cocolitofóridos en la columna de agua.

Por otra parte se graficaron los resultados de la estructura de las poblaciones de cocolitofóridos, la cual nos muestra la composición de especies y su abundancia en las distintas profundidades de muestreo de cada estación.

En la estación G-9 se encontraron cocolitofóridos en todas las profundidades de muestreo, a 31 metros se observó la mayor abundancia de cocolitofóridos (>40 000 céls/L). La especie más abundante en las cuatro últimas profundidades fue *Emiliania huxleyi* y en el nivel superficial la especie dominante fue *Gephyrocapsa oceanica*. El nivel que presentó una menor abundancia de céls/L fue el más profundo, pero fue también en el que se observó una mayor riqueza de especies (9). (Fig. 68).

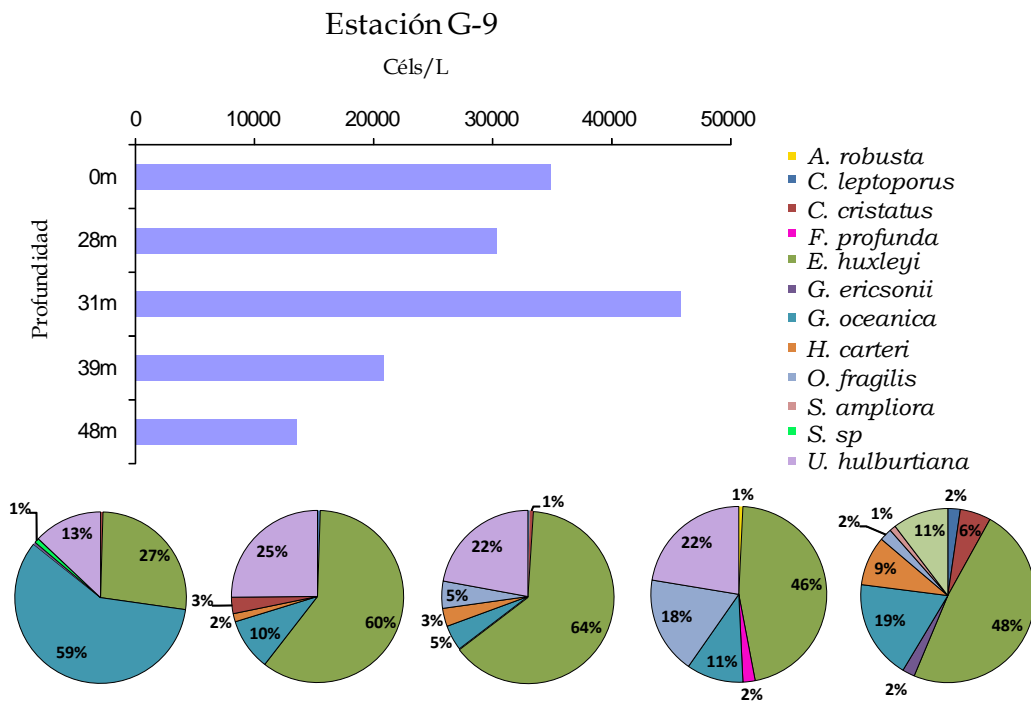


Figura 68. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación G-10 se registró la presencia de cocolitofóridos en todos los niveles de muestreo siendo a 35 metros en donde se localizó la mayor abundancia de células por litro y también la mayor riqueza de especies. A 0 y a 10 metros la especie con mayor abundancia fue *Gephyrocapsa oceanica* y en los últimos tres niveles *Emiliana huxleyi* fue la especie dominante. Por otra parte en el último nivel de muestreo a 61 metros de profundidad se registró la menor cantidad de cocolitofóridos (< 10 000 céls/L). (Fig. 69).

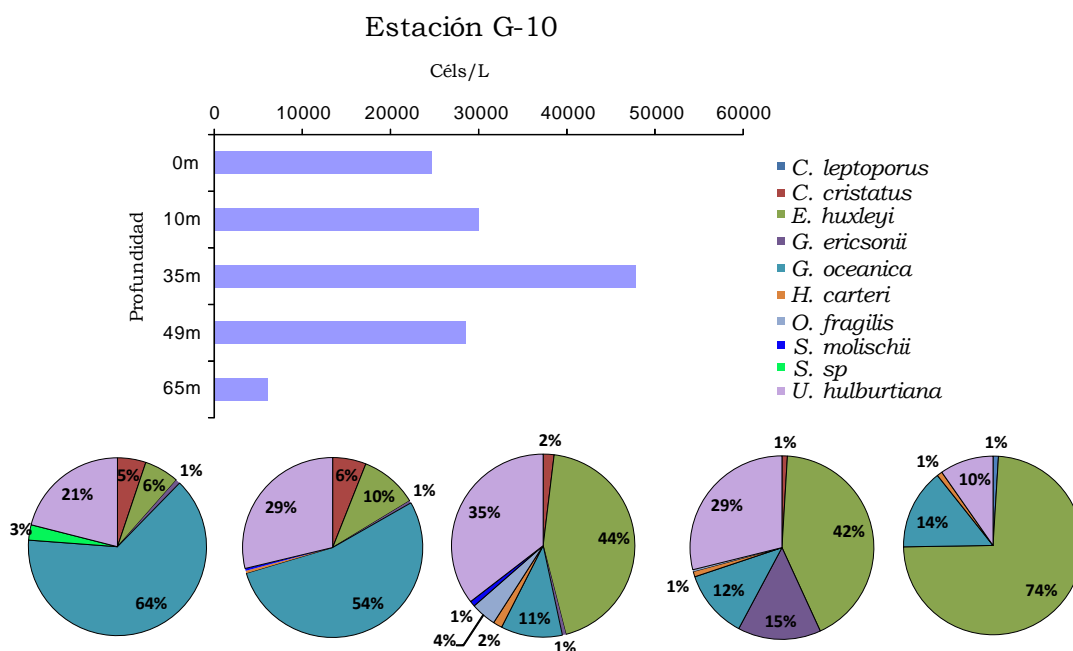


Figura 69. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

La estación G-11 tuvo la presencia de cocolitofóridos en todas las profundidades muestreadas, los niveles con mayor abundancia de células fueron a 25 y 29 metros de profundidad, en ambos niveles la especie dominante fue *Emiliana huxleyi*. A 45 metros se registró la menor cantidad de organismos cocolitofóridos y también la especie dominante fue *Emiliana huxleyi*, en los dos primeros niveles la especie de mayor abundancia fue *Gephyrocapsa oceanica* y el nivel con mayor riqueza fue el cuarto a 29 metros. (Fig. 70).

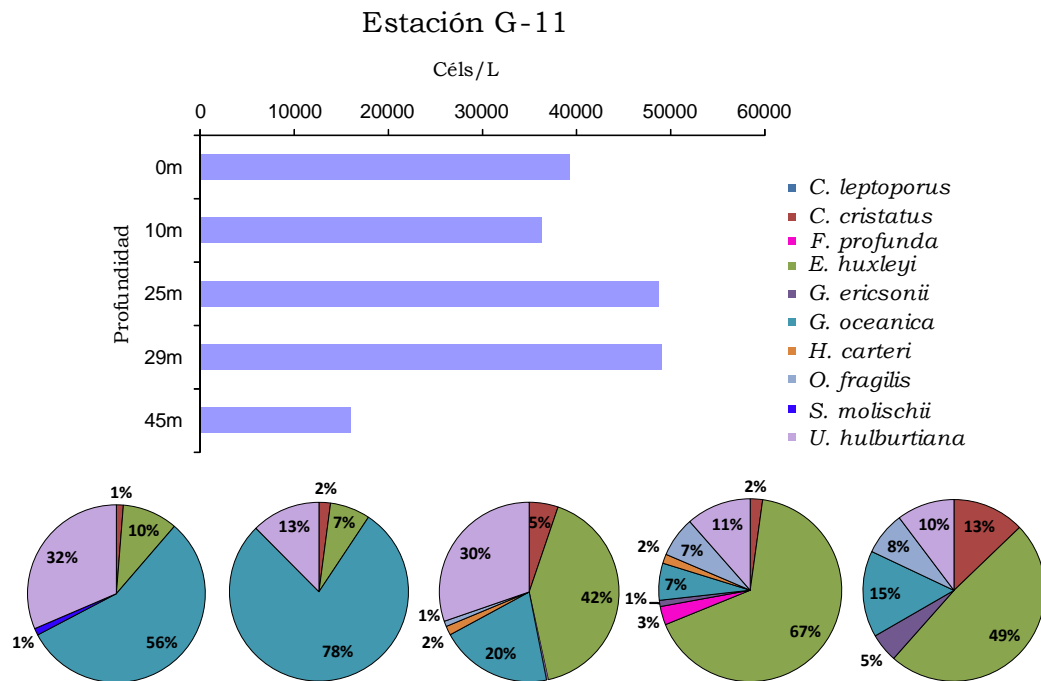


Figura70. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación G-12 se observaron cocolitofóridos en todos los niveles de muestreo, la mayor abundancia se presentó a 25 metros en donde la especie dominante fue *Emiliana huxleyi*. En el nivel de mayor profundidad a 55 metros se registró la menor cantidad de células por litro y la única especie encontrada fue *Emiliana huxleyi*. Por otra parte a 40 metros se observó la mayor cantidad de especies; en este caso los tres primeros niveles estuvieron dominados por *Gephyrocapsa oceanica* (Fig. 71).

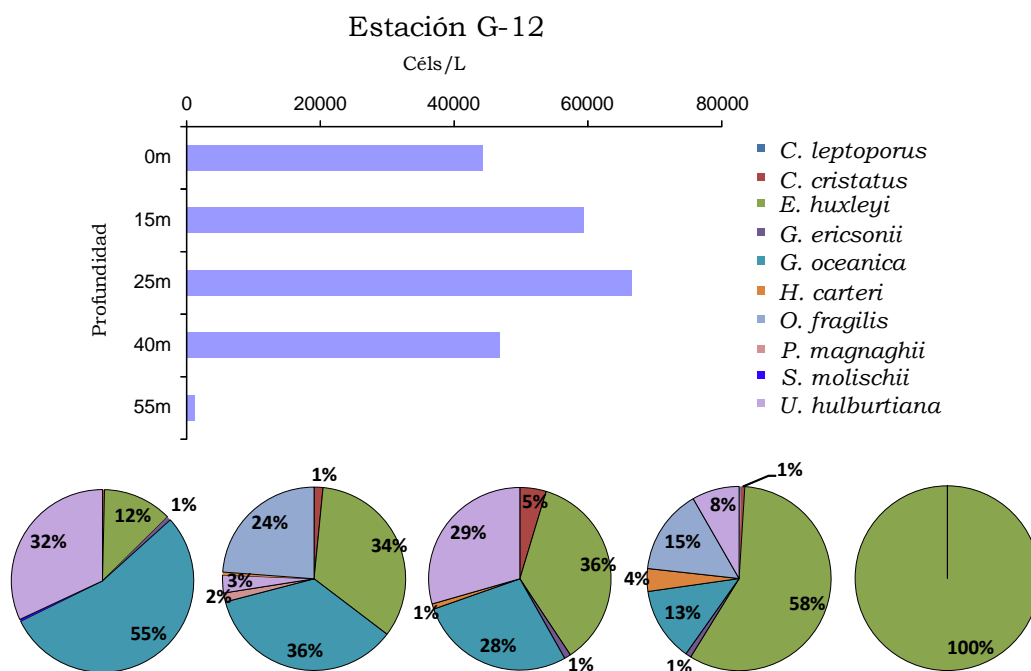


Figura 71. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación G-13 se encontraron cocolitofóridos en todas las profundidades de muestreo, a 15 metros se observó la mayor abundancia de cocolitofóridos (>50 000 céls/L). La especie más abundante en las cuatro últimas profundidades fue *Emiliana huxleyi* y en el nivel superficial la especie dominante fue *Gephyrocapsa oceanica*. El nivel que presentó una menor abundancia de céls/L fue el más profundo a 48 metros y el que mostró mayor riqueza de especies fue el intermedio a 28 metros de profundidad (Fig. 72).

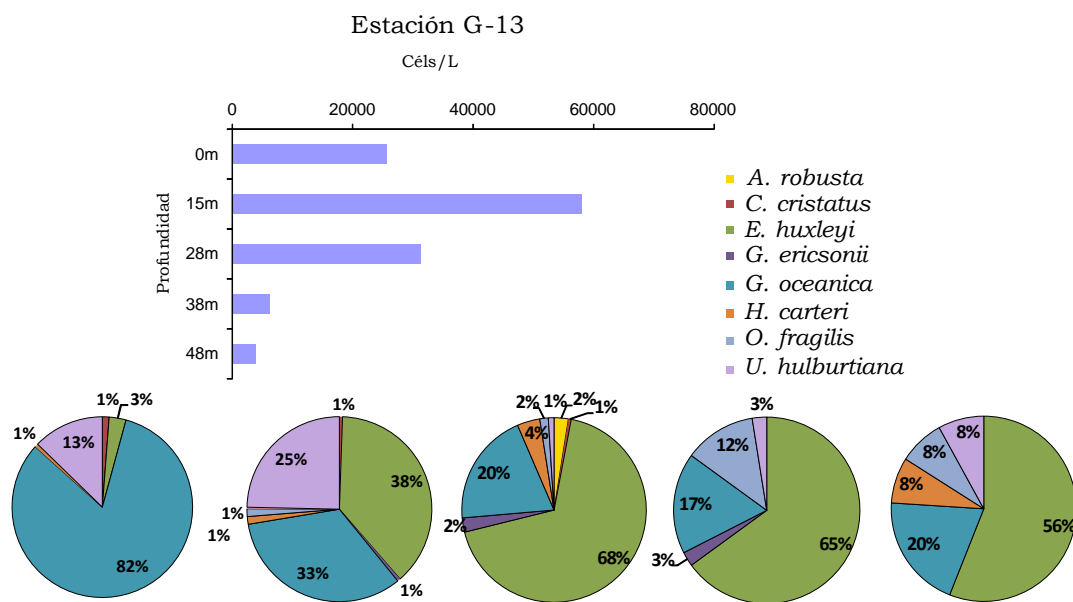


Figura 72. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación G-14 se registraron células de cocolitofóridos en todas las profundidades de muestreo, los niveles más superficiales fueron los que tuvieron mayor abundancia de células por litro y en ambas la especie dominante fue *Gephyrocapsa oceanica*, por el contrario los dos niveles más profundos no registraron más de 10 000 células por litro. A 29 metros se observó la mayor riqueza de especies y en en los últimos tres niveles de muestreo la especie más abundante fue nuevamente *Emiliana huxleyi* (Fig. 73).

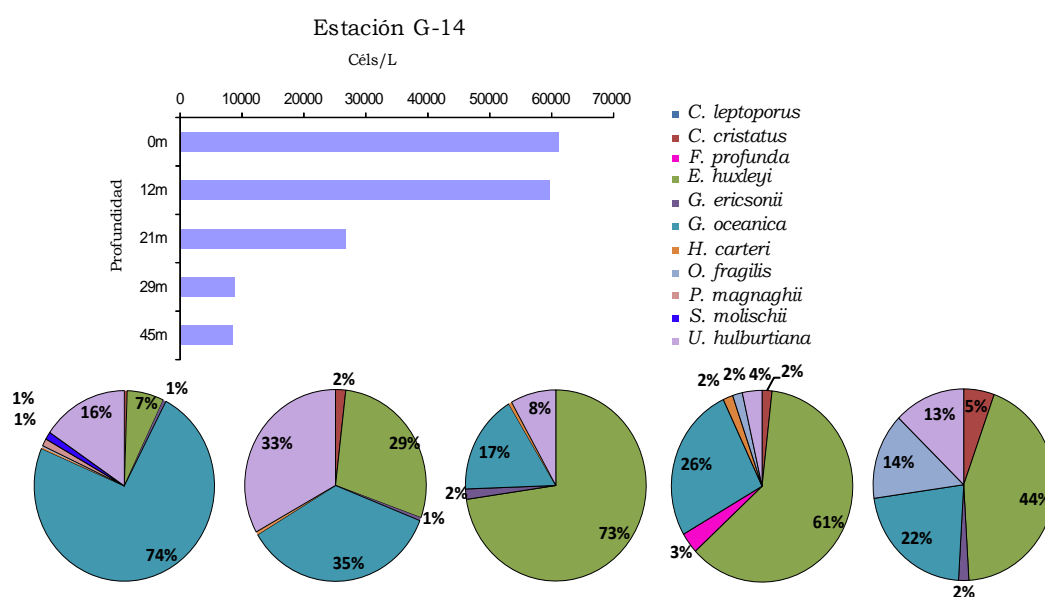


Figura 73. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación MII-16 se encontraron cocolitofóridos solo en las tres primeras profundidades de muestreo (0 m, 20 m y 30 m), a 20 metros se observó la mayor abundancia reportándose así 28 475 células por litro; por el contrario en la tercera profundidad se reportó una abundancia mucho menor de solo 404 células en un litro de agua. Por otra parte las especies con mayor abundancia fueron *Emiliana huxleyi* en las dos primeras profundidades y *Gephyrocapsa oceanica* a 30 metros, en total se identificaron 8 especies en la estación (Fig. 74).

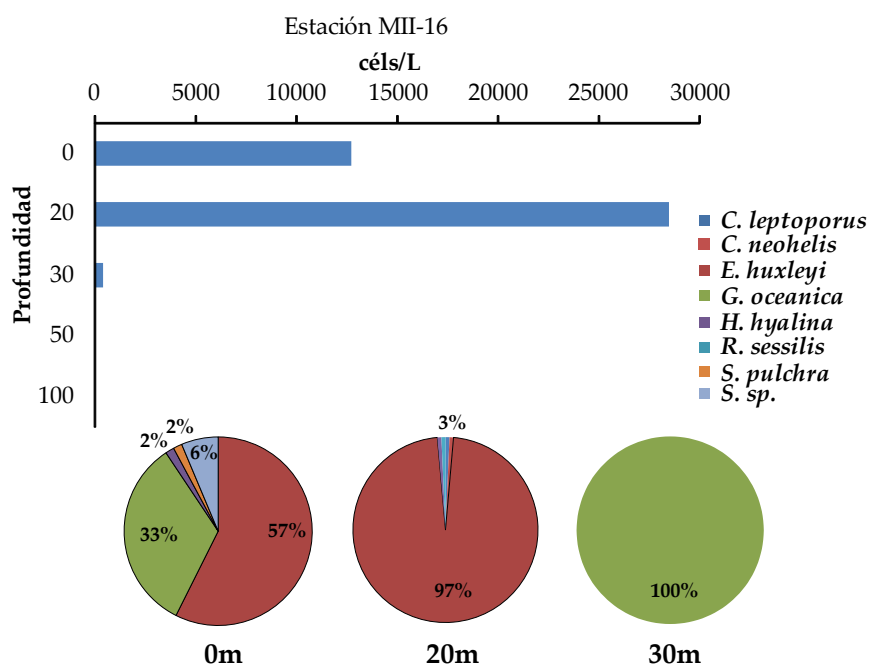


Figura 74. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.



En la estación MII-17 se identificaron cocolitofóridos en cuatro de las cinco profundidades de muestreo, las mayores abundancias se observaron en el agua más superficial a 0 y 10 metros, en esta última profundidad se estimó un aproximado de 47 570 células por litro de agua; la especie con mayor abundancia fue *Reticulofenestra sessilis* a 0 metros y en las demás profundidades en las que se presentaron cocolitofóridos la especie dominante fue *Emiliana huxleyi*, en total se identificaron 10 especies en la estación (Fig. 75).

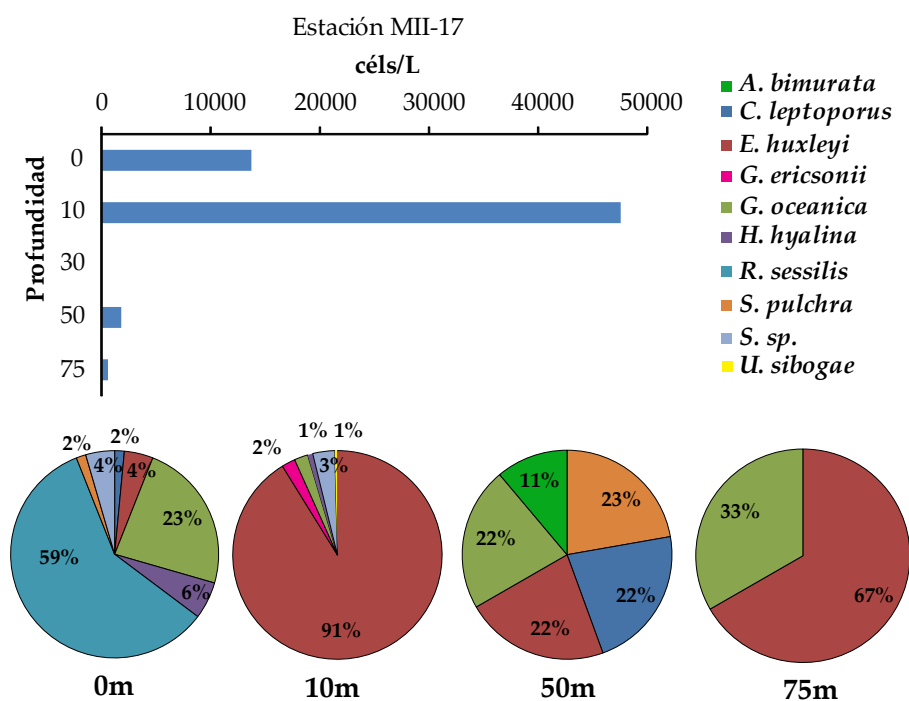


Figura 75. Gráficas de la estación MII-17. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

La estación MII-28 tuvo presencia de cocolitofóridos en todas las profundidades que fueron muestreadas, la mayor abundancia se observó a 30 metros de profundidad con un aproximado de 42 410 células en un litro de agua, esta abundancia estuvo principalmente representada por la especie *Gephyrocapsa oceanica*, el número de especies identificadas en esta estación fue 5 (Fig. 76).

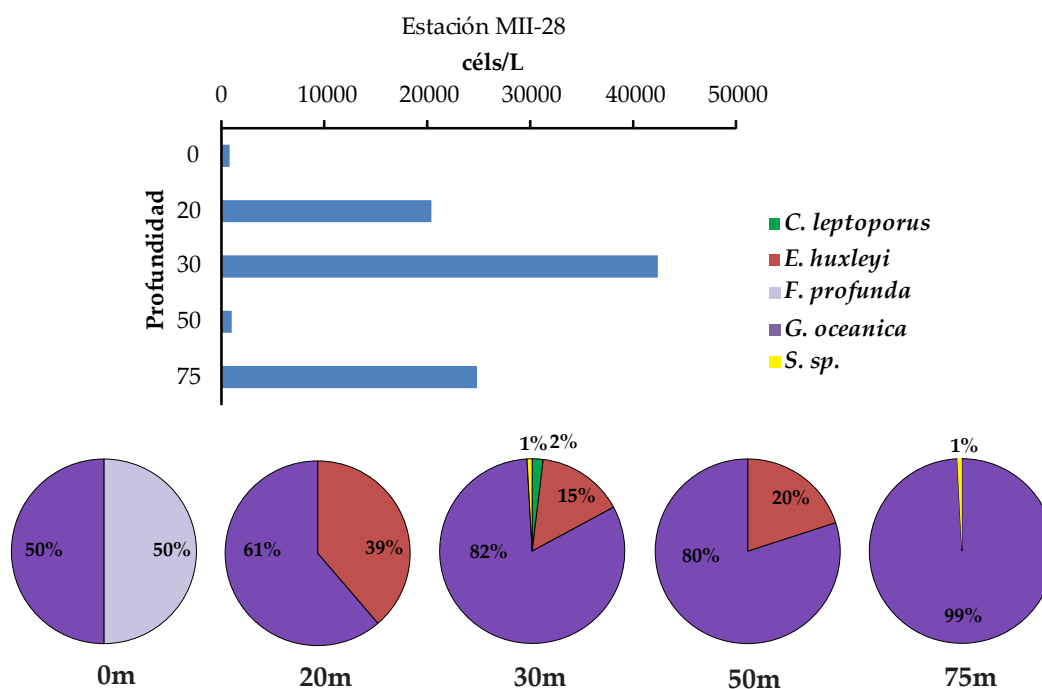


Figura 76. Gráficas de la estación MII-28. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

La estación MII-29 tuvo presencia de cocolitofóridos en las cinco profundidades de muestreo, siendo 30 y 50 metros las profundidades en las que se encontró una mayor abundancia, 32 918 y 31 924 céls/L respectivamente, las especies dominantes en la estación fueron para las profundidades de 0, 30 y 100 metros *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*, a 10 metros la abundancia se representó principalmente por *Alveosphaera bimurata* y a 50 metros *Reticulofenestra sessilis* fue la especie con mayor presencia; el número total de especies identificadas fue 10 (Fig. 77).

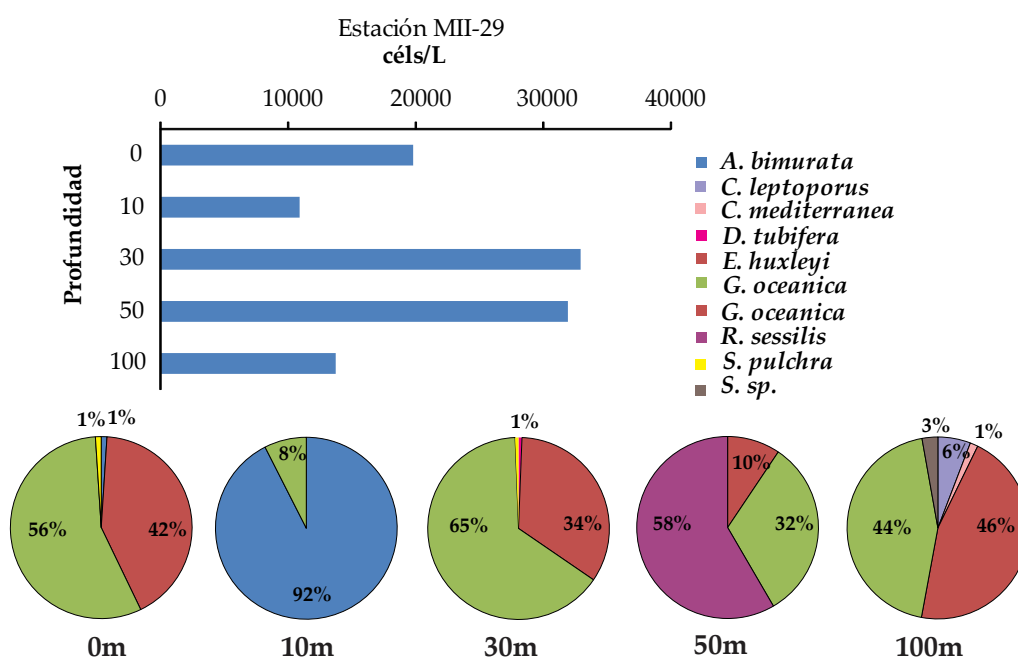


Figura 77. Gráficas de la estación MII-29. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

La estación MII-32 tuvo presencia de cocolitofóridos en todas las profundidades muestreadas, siendo el nivel de superficie (0m) el que presento una mayor abundancia de células por litro. La especie dominante en las cuatro primeras profundidades de muestreo fue *Gephyrocapsa oceanica* y en la última profundidad (75m) la especie con mayor abundancia de células fue *Florisphaera profunda*. En total el número de especies identificadas en la estación fue 6 (Fig. 78).

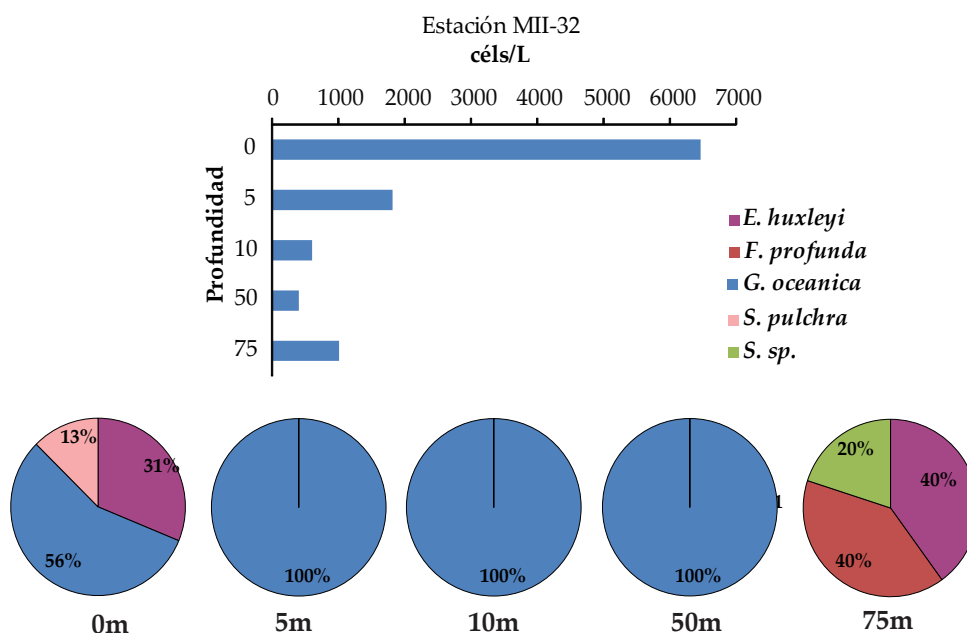


Figura 78. Gráficas de la estación MII-32. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

La estación MII-33 presentó cocolitofóridos en las cuatro profundidades muestreadas, en la segunda, a 5 metros se reportó la mayor abundancia de organismos pertenecientes al grupo de los cocolitofóridos, con un aproximado de 121 576 células por litro, lo cual corresponde a la mayor abundancia reportada a lo largo de todo el estudio del MAREAR II, a 0 y 20 metros de profundidad la especie dominante fue *Gephyrocapsa oceanica*, a 5 metros *Reticulofenestra sessilis* fue la que presento mayor abundancia y a 10 metros *Gephyrocapsa ericsonii*. En total se reportaron para esta estación un total de 7 especies de cocolitofóridos (Fig. 79).

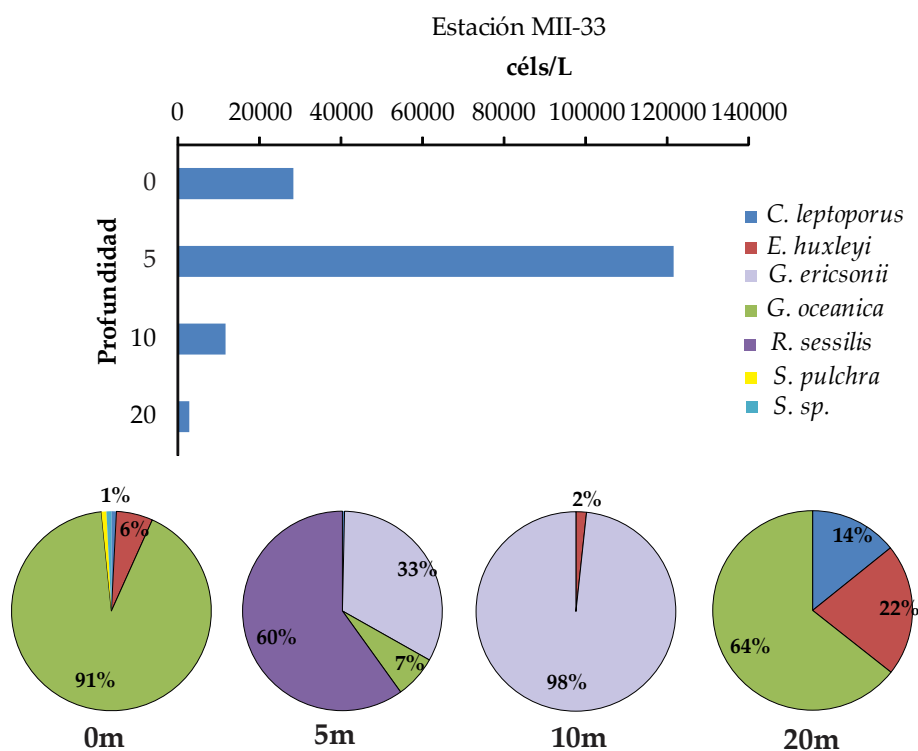


Figura 79. Gráficas de la estación MII-33 Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

La estación MV-37 tuvo presencia de cocolitofóridos en las cuatro profundidades de muestreo, en la segunda profundidad a 5 metros se presentó la mayor abundancia de células por litro alcanzando un número estimado de 30 294 células; en total, 6 especies fueron identificadas en la estación, de las cuales *Gephyrocapsa oceanica* fue la dominante en las cuatro profundidades de la columna de agua, el total de especies identificadas en la estación fue de 6 (Fig. 80).

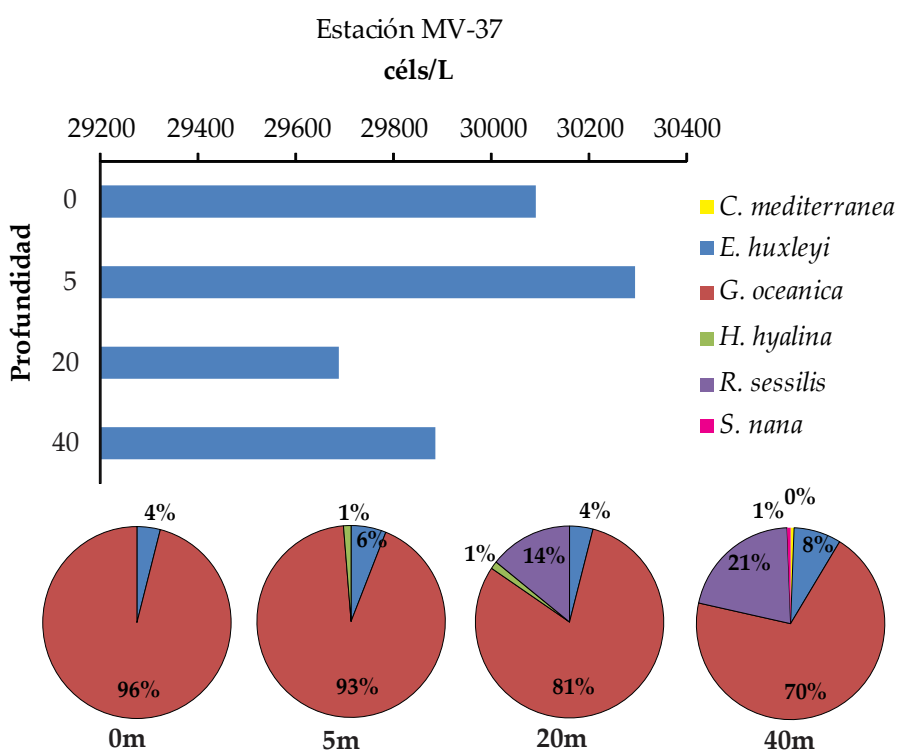


Figura 80. Gráficas de la estación MII-37. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación MV-38 se identificaron especies de cocolitofóridos en todas las profundidades de muestreo, a 30 metros se ubicó la máxima abundancia registrada, la cual alcanzó las 37 968 células por litro, en las tres primeras profundidades la especie que predominó fue *Gephyrocapsa oceanica* y en la última profundidad a 49 metros la única especie presente fue *Reticulofenestra sessilis*, en total se identificaron solo 3 especies en la estación (Fig. 81).

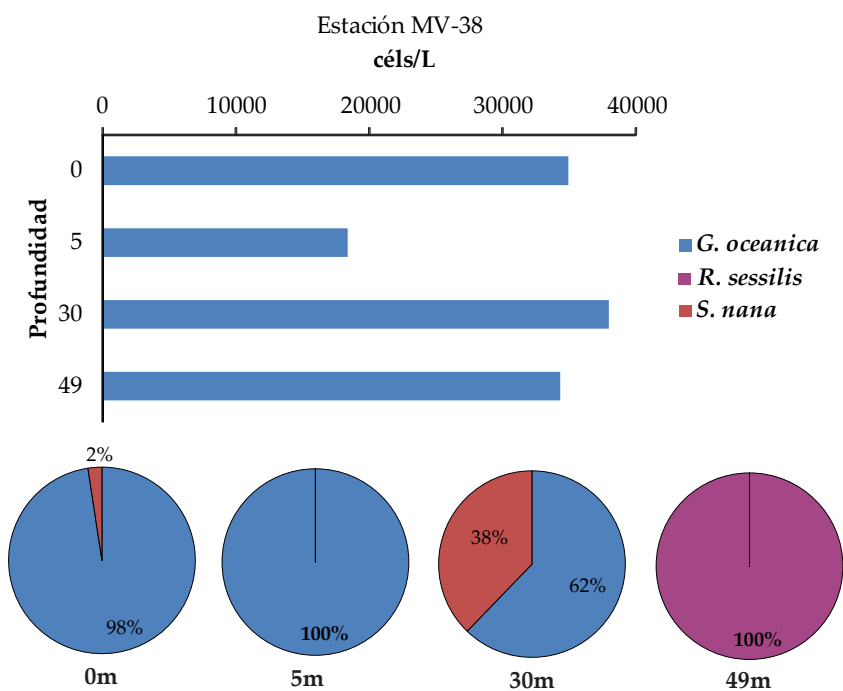


Figura 81. Gráficas de la estación MII-38. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación MV-40 se encontraron cocolitofóridos solo en el nivel superficial, un aproximado de 30 293 células por litro, se identificaron solo dos especies: *Gephyrocapsa ericsonii* la cual fue además la dominante y *Coronosphaera mediterránea* (Fig. 82).

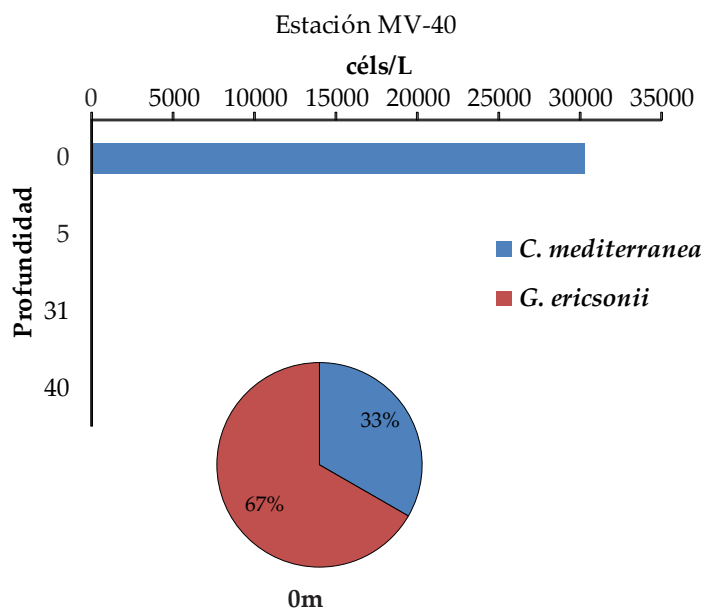


Figura 82. Gráficas de la estación MII-40. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.



En la estación MV-41 se observaron cocolitofóridos en 3 de las cuatro profundidades muestreadas, la abundancia de células por litro se observó homogénea en los tres niveles, superando siempre las 2 900 células por litro y siendo las especies dominantes *Gephyrocapsa oceanica* y *Reticulofenestra sessilis*. En total se identificaron solo 3 especies en la estación (Fig. 83).

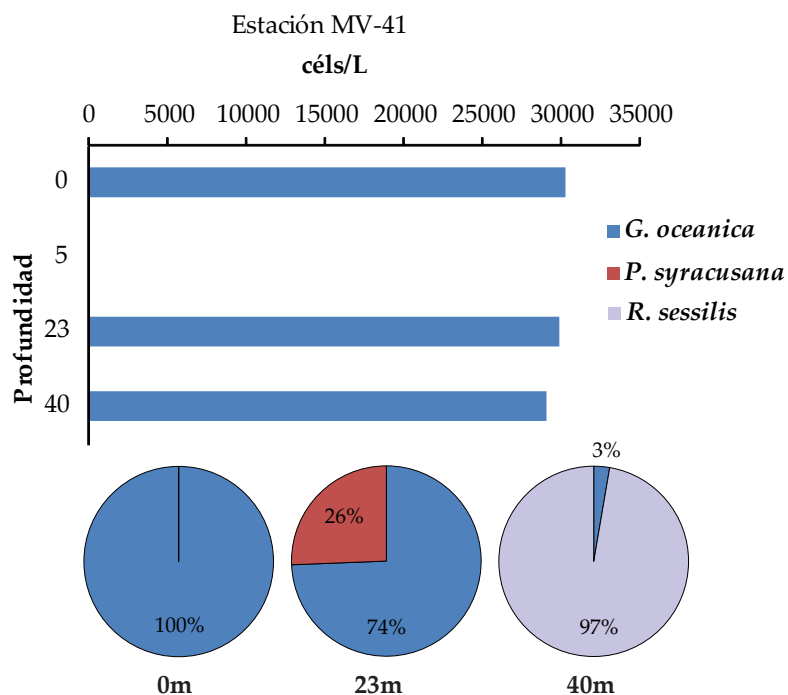


Figura 83. Gráficas de la estación MII-41. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

En la estación MV-43 se encontraron cocolitofóridos en dos de las cuatro profundidades muestreadas (0 y 20 m), en el nivel de superficie la única especie que se encontró fue *Gephyrocapsa oceanica* y a 20 metros la especie que dominó la abundancia fue *Reticulofenestra sessilis*, estas dos especies fueron las únicas identificadas en la estación (Fig. 84).

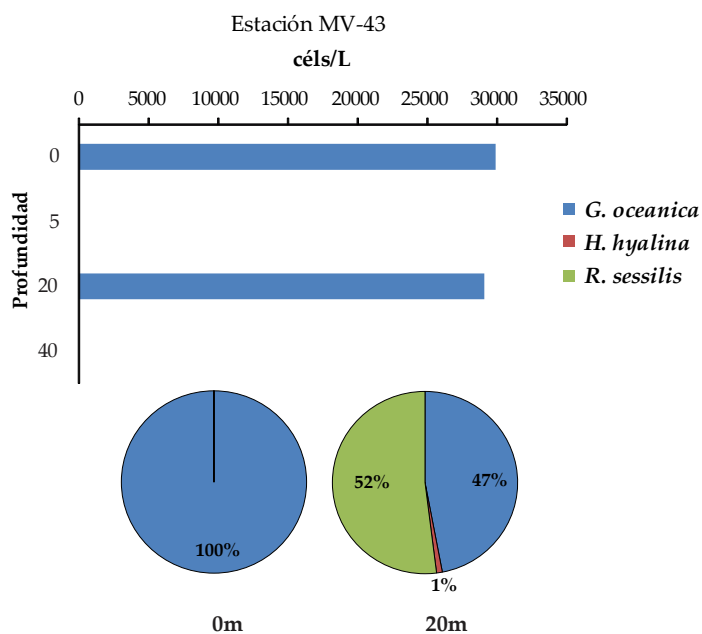


Figura 84. Gráficas de la estación MII-43. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

Por último en la estación MV-44 se observaron cocolitofóridos en 3 profundidades de las cuatro que se muestrearon, siendo en el nivel superficial en donde se encontró la abundancia de células por litro, un aproximado de 30 293. Las especies que dominaron dicha abundancia fueron *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*, en total en la estación se identificaron 4 especies diferentes de cocolitofóridos (Fig.85).

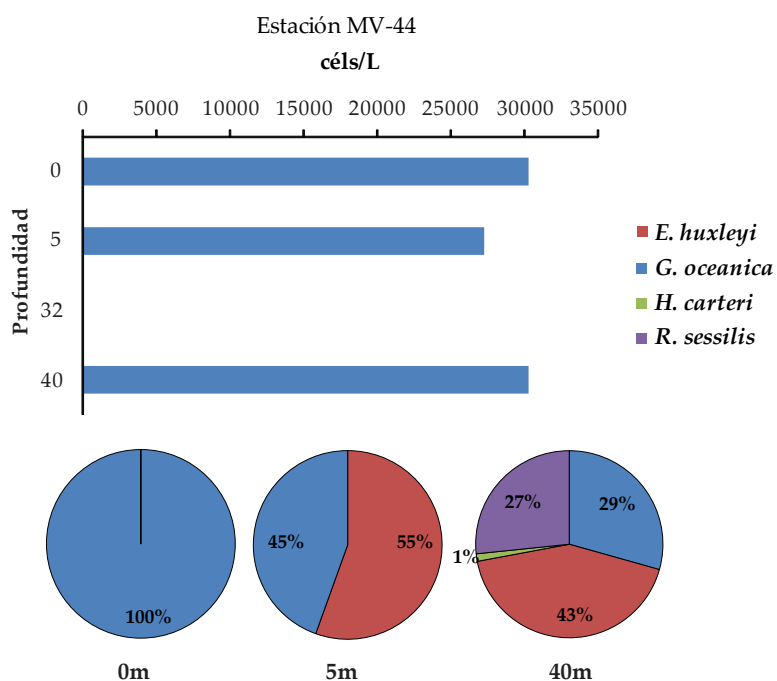


Figura 85. Gráficas de la estación MII-44. Se muestra la abundancia en células por litro de cocolitofóridos en cada profundidad de muestreo, los gráficos pastel indican la proporción que representa cada especie de la abundancia total.

### **Análisis estadísticos**

En el análisis podemos observar que existe una separación de las estaciones de acuerdo a la zona a la que pertenecen, siendo así que las estaciones S, correspondientes a la costa occidental de Baja California se agrupan, las estaciones del Golfo de California, también se observan cercanas entre sí y por último las pertenecientes al Pacífico central se ubican juntas en el análisis (Fig. 86)

Por otra parte los análisis cluster realizados con los datos fisicoquímicos tomados en el Pacífico central en los años 2010 y 2013 muestran agrupaciones de acuerdo a la profundidad. Siendo evidente que en

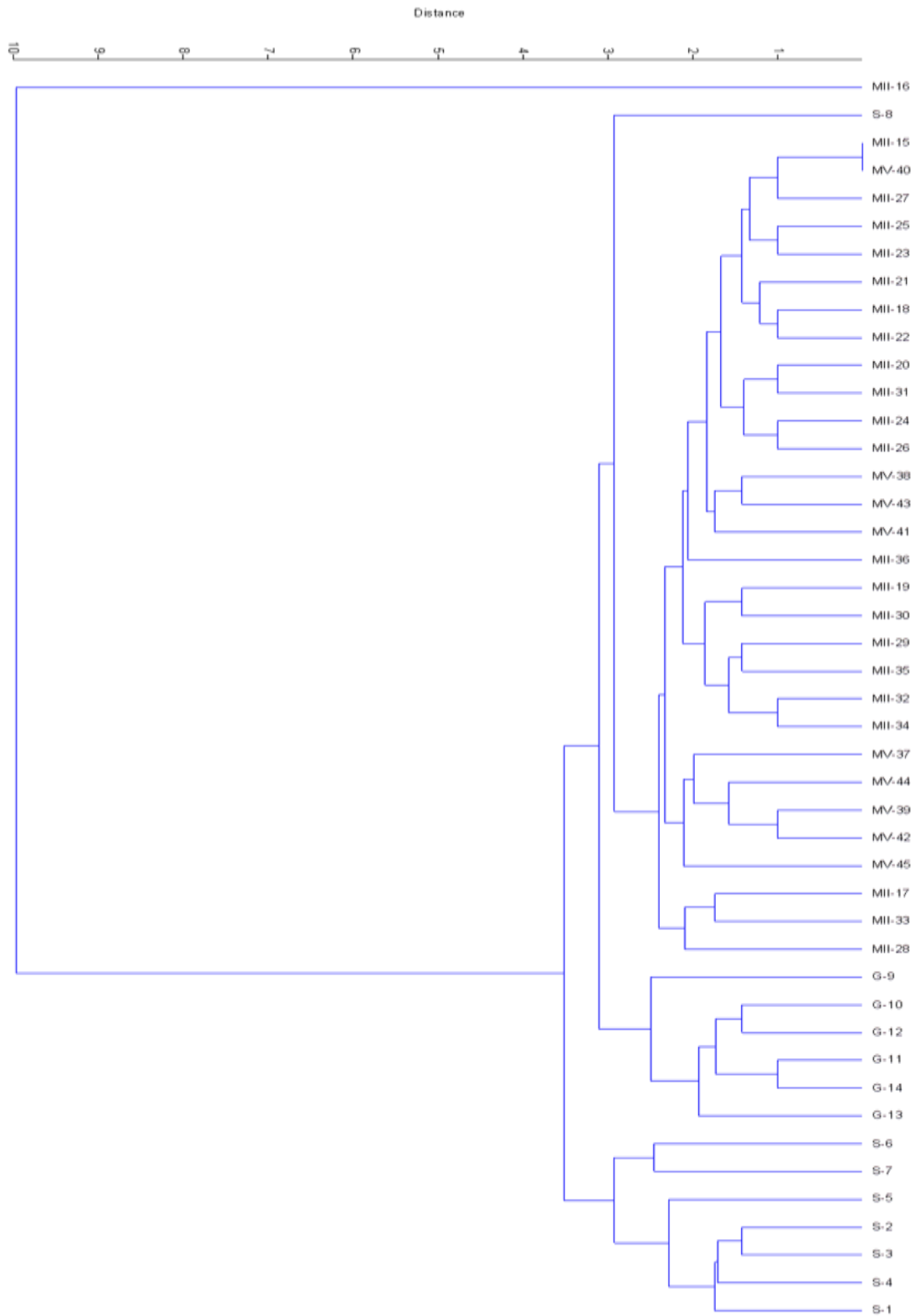


Figura 86. Dendrograma de similitud entre las diferentes estaciones de muestreo de acuerdo a la presencia/ausencia de especies identificadas.

## IX. DISCUSIÓN

### Riqueza y composición

La riqueza y composición de las especies de cocolitofóridos a lo largo del Pacífico mexicano fue bastante heterogénea debido a que aun cuando el estudio abarcó cierta extensión de un mismo océano, las características locales de cada zona de estudio son diversas.

La zona de estudio 1 que corresponde a la costa occidental de la península de Baja California fue una de las que mostraron mayor riqueza de especies; las características oceanográficas de este lugar tales como la Corriente de California y la presencia de surgencias, hacen que sea una zona de alta productividad (Lara-Lara *et al*, 2008), lo cual probablemente genera ambientes adecuados para la proliferación de cocolitofóridos, lo cual coincide con el registro de la riqueza de especies que fue en general alta en comparación con las otras áreas de estudio.

La mayor riqueza de especies de esta zona se observó particularmente en la parte central y sur, las cuales se asocian con una mayor actividad de surgencias (Lara-Lara *et al*, 2008), las cuales suben hacia la superficie nutrientes y agua de temperatura más fría; cabe mencionar que las estaciones más diversas fueron también las más costeras por lo cual se considera un mayor aporte de nutrientes que en las estaciones más oceánicas como es el caso de la estación S-8 que se ubicó también al sur pero alejada de la costa y en la que se observó la menor riqueza de especies.

De lo anterior podemos sugerir que la riqueza de cocolitofóridos en la zona de la costa occidental de la Península es generada por la cantidad de nutrientes presentes y la temperatura templada del agua, cabe destacar que en el año de muestreo se observó la presencia del fenómeno meteorológico ENSO fase “Niña” (Andrade Hernández, 2010) el cual generó una disminución promedio de 0.8°C en la temperatura del agua sobre el promedio de condiciones normales que fue de 27.5 °C (NOAA, 2015).

En la zona 2 (Golfo de California) como ya se mencionó es una cuenca de evaporación con características particulares, las cuales generan ambientes propicios para una elevada diversidad de organismos, una de éstas es la presencia de giros ciclónicos como los reportados en la zona por Godínez *et al.* (2011). Estos giros al igual que las surgencias suben el agua de fondo que trae consigo una elevada concentración de nutrientes y agua de temperatura más fría.

La zona de giros coincide con la alta diversidad de cocolitofóridos reportada (en comparación con las demás zonas de estudio) en donde además se registró una amplia distribución y abundancia de las especies *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica* las cuales ya hemos mencionado están asociadas en ambientes de agua templada (Not *et al.*, 2012) otras especies que estuvieron presentes y mantuvieron una amplia distribución fueron *Ceratolithus cristatus*, *Oolithotus fragilis* y *Umbilicosphaera hulburtiana*, de las cuales aún no se conocen afinidades particulares por alguna característica ambiental.

La zona 3 que corresponde al Pacífico central mexicano se caracteriza por ser un sistema abierto el cual tiene influencia de diversas corrientes como es el caso de la corriente California la cual baja hasta los 15° durante los meses de abril y mayo (tiempo del muestreo) (Wyrcki, 1965; Lynn y Simpson 1987 en Trasviña *et al.*, 2002); además existen en la zona procesos de surgencias (Lavin *et al.*, 2007) y se conoce gran cantidad de aportes fluviales y de agua residual (Lara-Lara, 2008). Aunado a esto el durante el año 2010 se reportó la presencia del fenómeno meteorológico ENSO fase “Niño” el cual generó un aumento promedio de 1.8°C en la temperatura del agua sobre el promedio de condiciones normales y en el 2013 en fase “Niña” con una disminución promedio de 0.5°C de la temperatura normal (NOAA, 2015).

En general la riqueza de especies en la zona es baja en comparación con las dos primeras zonas de estudio y en particular para el año 2013 se observó el menor número de especies sin cambio evidente en la composición.

El análisis cluster realizado con la presencia/ausencia de las especies identificadas confirma que las diferentes zonas de estudio dentro del Pacífico mexicano son diferentes

entre sí ya que podemos ver que las estaciones se separan en tres grandes grupos y esta separación se da de acuerdo a la zona de muestreo, lo cual nos lleva a dilucidar que las características particulares de cada zona generan una composición diferente en cada zona.

### **Abundancia y distribución**

Por otra parte las condiciones heterogéneas de cada zona de estudio generaron también que la abundancia y la distribución de las especies de cocolitofóridos se encontrara diferenciada de varias maneras: latitudinalmente, en la columna de agua, de acuerdo a la cercanía o lejanía a la costa y también de acuerdo al año de muestreo.

Para el caso del Golfo de California se observó que las mayores abundancias de células por litro se registraron en la parte sur del transecto de estudio, lo cual coincide con el giro registrado por Godínez *et al.* (2011), por lo que se sugiere que existe una relación entre el aporte de nutrientes y la abundancia de células de cocolitofóridos.

De la misma forma en algunas estaciones de la zona 3 (2010) como es el caso de Lázaro Cárdenas (Michoacán) y Acapulco (Guerrero) en donde se conocen descargas importantes de aguas residuales que conllevan un gran aporte de nutrientes al océano, se pudieron observar grandes concentraciones de cocolitofóridos, especialmente de las especies *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica* y lo que fue un registro nuevo para México grandes abundancias de la especie *Reticulofenestra sessilis* (Torres-Martínez, 2012).

En cuanto a la distribución vertical la cual se sugiere que está controlada por la estratificación (Hagino *et al.*, 2000) y a diferencia de otros estudios en donde se han reportado organismos por debajo de los 100 metros (Cortés, 2004) no se registró la presencia de cocolitofóridos por debajo de los 75 metros de profundidad, la mayor riqueza y abundancia se observó en los primeros cincuenta metros y no necesariamente en una columna de agua estratificada.

Con respecto al fenómeno ENSO, se observó que para el año 2010 (fase Niño) la abundancia y diversidad de cocolitofóridos fue mayor a la del 2013 (fase Niña), lo cual coincide con las abundancias relativamente altas observadas en un estudio realizado en



Guaymas en los años 1990-1992 (Ziveri, *et al.*, 2000), las cuales se dieron en condiciones de oligotrofia y estratificación, pero no concuerda con las altas densidades y las mayores abundancias obtenidas bajo condiciones de surgencias y de alta productividad de las diferentes zonas del presente estudio.

La respuesta a este tipo de comportamiento está quizás relacionada con la especificidad de los requerimientos por especie del grupo de cocolitofóridos encontrados en cada zona y profundidad, es decir habrán especies tolerantes solo a ciertas temperaturas y a cierta cantidad de nutrientes en la columna de agua y habrán otras que no tengan preferencia por algún valor específico de dichas variables (Not, *et al.*, 2012), además de estas preferencias a nivel de especie, existen también asociaciones entre varias especies (Hagino *et al.*, 2004) que comparten requerimientos específicos, lo cual nos genera una variabilidad tanto en la diversidad como en la abundancia, tal es el caso de *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*, que fueron encontradas en todas las zonas en cualquier profundidad, dichas especies fueron también las que generaron las mayores abundancias de células por litro.

Otras especies que podemos destacar por su abundancia y/o amplia distribución por zona fueron *Reticulofenestra sessilis* en el Pacífico tropical; *Ceratolithus cristatus*, *Oolitothus fragilis* y *Umbilicosphaera hulburtiana* en el Golfo de California y *Calcidiscus leptoporus* en las costas de Baja California, especies relacionadas con aguas templadas (Not, *et al.*, 2012) la presencia de estas especies con diferentes abundancias y/o distribución nos indican que no todos los cocolitofóridos tienen los mismos requerimientos de temperatura, profundidad y/o nutrientes como se podría pensar si tomásemos en cuenta a las especies cosmopolitas, esto también puede corroborarse en análisis cluster en donde se hermanan las especies cosmopolitas en un alto grado de similitud y se separa de las otras que se encontraron bajo condiciones distintas.

En este sentido *Reticulofenestra sessilis* es una especie que representa la complejidad en las afinidades de cada una de las especies, ya que como se ha mencionado está solo presente en asociación con la diatomea *Thalassiosira punctifera* (Young, 2003), de lo cual surgen cuestiones sobre dicha asociación como si ambas especies son beneficiadas en esta

interacción o si *R. sessilis* utiliza a la diatomea como medio de transporte en la columna de agua hacia lugares con temperaturas distintas, con cantidades de nutrientes distintas o si es una forma de protección, si las condiciones en las que habita la diatomea son las mismas que las de los cocolitofóridos o si la diatomea es la beneficiada.

Es por estas razones que aún faltan estudios ecológicos sobre los cocolitofóridos que puedan darnos información más detallada sobre las afinidades entre las especies que habitan en los mares mexicanos.

Es necesario realizar estudios de cocolitofóridos en cultivo para poder controlar variables como nutrientes y temperatura para aproximarse a los requerimientos de cada especie. Asimismo debiera realizarse una serie de tiempo en la que en su medio natural puedan observarse las fluctuaciones de las características ambientales y las de las poblaciones de cocolitofóridos a lo largo del tiempo, lo que también brindaría gran información acerca de estos útiles y maravillosos organismos.

## X. CONCLUSIONES

La riqueza de especies de cocolitofóridos a lo largo de las zonas de muestro a lo largo del Pacífico mexicano estuvo compuesta por 52 especies.

La heterogeneidad de las zonas de muestreo generó una diferencia evidente tanto en la riqueza como en la composición de las especies de cocolitofóridos, siendo así que la zona con mayor riqueza fue la 2 en el Golfo de California y la zona con menor riqueza fue la 3 en el Pacífico central mexicano.

En esta última zona se tomaron muestras en dos años distintos y se observó que la riqueza disminuyó y la composición de especies no se vio modificada

Las mayores abundancias de células por litro de agua se observaron en zonas de aportes de nutrientes, tales como centros de giro, surgencias o desembocaduras de agua residual o fluvial.

Las especies con mayor distribución a lo largo del Pacífico mexicano fueron las denominadas como cosmopolitas: *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica* y otras como *Calcidiscus leptoporus* y *Coronosphaera mediterranea*

Las especies que registraron mayores abundancias fueron nuevamente *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica* en todas las zonas estudiadas. *Umbilicosphaera hulburtiana* en la zona 2 y *Reticulofenestra sessilis* en el Pacífico central.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade-Hernández S. F., (2010). *Composición, abundancia y distribución de los coccolitofóridos (Haptophyceae) de la Costa Occidental de la Península de Baja California (Marzo-abril 2001)*. Tesis, Universidad Michoacana, México, 189 pp.
- Billard, C., (1994). Life cycles. En: Green, J. C. y Leadbeater, B. S. C. (Editores), *The Haptophyte Algae*. Systematics Association Special Volumes, Oxford, 167-186 pp.
- Billard, C. e Inouye, I., (2004). What's new in coccolithophore biology? En: Thierstein, H. R. y Young, J. R. (Editores), *Coccolithophores - From molecular processes to global impact*. Springer, 1-30 pp.
- Bollmann, J., Henderiks, J. y Brabec, B., (2002). Calibration of *Gephyrocapsa* coccolith abundance in Holocene sediments for paleotemperature assessment. *Paleoceanography*, 17(3/7): 1-9.
- Bollmann, J., Cortés, M.Y., Haidar, A. T., Brabec, B., Close, A., Hofmann, R., Palma, S., Tupas, L., Thiersten, H. R. (2001), *Techniques for quantitative analyses of calcareous marine phytoplankton*. *Maryne micropaleontology*. 44: 163-185.
- Bown, P.R., (1998). Triassic. En: Bown, P.R. (Editor), *Calcareous nannofossil biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Publication Series. Chapman y Hall, pp. 29-33.
- Brand, L.E., (1994). Physiological ecology of marine coccolithophores. En: Winter, A. and Siesser, W.G. (Editores), *Coccolithophores*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 39-49.
- Brown, C.W. y Yoder, J.A., (1994). *Coccolithophorid blooms in the global ocean*. *Journal of Geophysical Research*. 99:7467-7482.
- Cros, L., (2002). *Planktic coccolithophores of the NW Mediterranean*. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona. 181.
- De la Lanza, G. E., (2001). *Características físico-químicas de los mares de México*. Temas selectos de biología en México. Instituto de Geografía. México. 152
- De la Lanza, G. E., (2004). *Gran escenario de la zona costera y oceánica de México*. *Ciencias México*. 76:4-13.
- Douglas, R.G., González-Yajimovich, O., Ledesma-Vázquez, J., y Staines-Urías, F. (2007). *Climate forcing, primary production and the distribution of Holocene biogenic sediments in the Gulf of California*. *Quaternary Science Reviews*, 26: 115-129.
- Not, F., Siano, R., Kooistra, W.H.C.F., Simon, N., Vaulot, D. y Probert I. (2012). *Diversity and Ecology of Eukaryotic Marine Phytoplankton*. *Advances in Botanical Research*, 64:1-53.

- Fresnel, J., (1989). *Les Coccolithophorides (Prymnesiophyceae) du litoral: Genres: Cricosphaera, Pleurochrysis, Cruciplacolithus, Hymenomonas et Ochrosphaera. Ultrastructure, cycle biologique, systématique.* Tesis doctoral, Universidad de Caen
- Gardner, K.R. y Hasle, G.R., (1971). *Coccolithophorids of the Gulf of Mexico.* Bulletin of Marine Science, 21: 519-544.
- Hernández-Becerril, D. U., Bravo-Sierra, E. y Ramírez, Y., (2001). *Coccolithophorids from the west coast of Baja California, Mexico.* Hydrobiología, 452: 31-45.
- Hernández-Becerril, D. U., Bravo-Sierra, E., Aké, J. A., (2007), *Phytoplankton on the western coasts of Baja California in two different seasons in 1998.* Scientia Marina, 71: 735-743.
- Inouye, I. y Pienaar, R. N., (1988). *Light and electron microscope observations of the type species of Syracosphaera, S. pulchra (Prymnesiophyceae).* British Phycological Journal, 23: 205-217.
- Jordan, R. W. y Chamberlain, A. H. L., (1997). *Biodiversity among haptophyte algae.* Biodiversity and Conservation, 6: 131-152.
- Jordan, R. W. y Young, J. R., (1990). *Proposed changes to the classification system of living Coccolithophorids.* International Nannoplankton Association Newsletter, 12(1): 15-18.
- Kahn, A. y Aubry, M.P., (2012). *New species of the coccolithophore Florisphaera Okada and Honjo 1973.* Micropaleontology, 58 (3): 209-215.
- Klaveness, D., (1973). *The microanatomy of Calyptrosphaera sphaeroidea, with some supplementary observations on the motile stage of Coccolithus pelagicus.* Norwegian Journal of Botany, 20: 151-162.
- Lara-Lara, J.R., (2008). *Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en Capital natural de México: Conocimiento actual de la biodiversidad.* Conabio, México. 1: 109-134.
- Lavin, M. F., Castro, R., Beier., Godínez, V. M., Amador, A. y P. Guest. (2009). *SST, termohalina structure, and circulation in the southern Gulf of California in a June 2004 during the north American monsoon experiment.* Journal of Geophysical Research, 114
- Manton, I. y Leedale, G.F., (1969). *Observations on the microanatomy of Coccolithus pelagicus and Cricosphaera carterae, with special reference to the origin and nature of coccoliths and scales.* Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 49: 1-16.
- McIntyre, A. y Bé, A.W.H., (1967). *Modern Coccolithophoridae of the Atlantic Ocean - I. Placoliths and Cyrtholiths.* Deep-Sea Research and Oceanographic Abstracts, 14: 561-597.
- Mejía-Molina, A., Flores, J. A., Bárcena, M. A., Sierro, F. J., Grousset, F. (2006). *Respuesta de los Cocolitofóridos a los cambios atmosféricos y oceanográficos durante el Periodo Húmedo Africano del Holoceno en el Atlántico.* Geogaceta, 99-102 pp.

- Mohan, R., P. Mergulhao, L., Guptha, M.V.S., Rajakumar, A., Thamban, M., AnilKumar, N., Sudhakar, M. y Ravindra Rasik. (2008). *Ecology of Coccolithophores in the Indian sector of the Southern Ocean*. *Marine Micropaleontology*, 67: 30-47.
- Okada, H. & Honjo, S., (1973). *The distribution of oceanic coccolithophorids in the Pacific*. *Deep-Sea Research*, 20: 355-374.
- Okada, H. y McIntyre, A., (1979). *Seasonal distribution of modern coccolithophores in the Western North Atlantic Ocean*. *Marine Biology*, 54: 319-328.
- Probert, I., Houdan, A., (2004). *The laboratory culture of coccolithophores*. En *Coccolithophores from molecular processes to Global Impact*. Springer, 217-249 pp.
- Tappan, H. (1980). Haptophyta, Coccolithophores, and other calcareous nannoplankton. En: Tappan, H. (Editor) (1981). *The paleobiology of plants protists*, San Francisco California, 1028.
- Thierstein, H. R. y Young, J. R. (Editores). (2004). *Coccolithophores - From molecular processes to global impact*. Springer, 570 pp.
- Thunell, R. C. (1998). *Seasonal and annual variability in particle fluxes in a Gulf of California: A response to climate forcing*. *Deep-Sea Research*, 45: 2059-2083.
- Trasviña, C. A., Lluch, C. D., Filonov, A., Gallegos, A. (1999), El Pacífico Tropical Mexicano y "El Niño". En: Magaña, V., (Editor), *Impacto del "Niño" en México*. Cap. 3.
- Trasviña C.A. y Andrade C.A. (2002). La circulación costera del Pacífico Tropical Oriental, con énfasis en la Alberca Cálida Mexicana (ACM). En: *Circulación oceánica y climatología tropical en México y Colombia. Diálogo entre Pares 1*. Corcas Editores, 9-37 pp.
- Westbroek, P., Young, J.R. y Linschooten, K. (1989). *Coccolith production (Biomineralization) in the marine alga Emiliana Huxleyi*. *Journal Protozoology*, 36 (4):368-373
- Winter, A., Jordan, R. W., Roth, P. H. (1994). *Biogeography of living coccolithophores in ocean waters*: En Winter, A., Siesser, W.G., (Editores), *Coccolithophores*. Cambridge University Press, 161-177 pp.
- Wyrтки, K. (1965). *Surface currents of the eastern equatorial Pacific Ocean*. *Inter Am. Trop. Tuna Comm.* 9: 269-304.
- Wyrтки, K. (1966). *Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean*. *Oceanog. Mar. Biol.*, 4: 33-68.

Young, J. R., Ziveri, P. (2002). *Calculation of coccolith volume and its use in calibration of carbonate flux estimates*. Deep Sea Res. Part II: Topical Studies in Oceanography, 47: 9-11.

Young, J. R., Geisen, M. L., Kleijne, A., Sprengel, C., Probert, I., Ostergaard, J.B. (2003). *A guide to extant coccolithophore taxonomy*. Druckstudio Digital Concept. Bremerhaven, Alemania, 121.

Ziveri, P. y Thunell, R.C. (2000). *Coccolithophore export production in Guaymas Basin, Gulf of California: response to climate forcing*. Deep-Sea Research, 47:2073-2100.