



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE
COCOLITOFÓRIDOS PLANCTÓNICOS EN LA BAHÍA
DE CAMPECHE EN JUNIO 2002 Y FEBRERO 2004**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
BIOLOGÍA MARINA

PRESENTA:

JOSÉ ALEJANDRO GARCÍA RESÉNDIZ

TUTOR PRINCIPAL:

DR. DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRIL
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

COMITÉ TUTOR:

DR. DAVID ALBERTO SALAS DE LEÓN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

DR. JAVIER ALDECO RAMÍREZ
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA (UAM X)

DRA. KARINA ESQUEDA LARA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN SOBRE EL CAMBIO
GLOBAL DRA. ROSALBA ALONSO RODRÍGUEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR UNIDAD MAZATLÁN

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., DICIEMBRE, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Biblioteca Central

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM



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.

A



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE
COCOLITOFÓRIDOS PLANCTÓNICOS EN LA
BAHÍA DE CAMPECHE EN JUNIO 2002 Y
FEBRERO 2004**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**
Biología Marina

**PRESENTA:
JOSÉ ALEJANDRO GARCÍA RESÉNDIZ**

TUTOR PRINCIPAL:
DR. DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRIL
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
COMITÉ TUTOR:
DR. DAVID ALBERTO SALAS DE LEÓN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
DR. JAVIER ALDECO RAMÍREZ
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA (UAM X)
DRA. KARINA ESQUEDA LARA
CENTRO DE INVESTIGACION SOBRE EL CAMBIO GLOBAL
DRA. ROSALBA ALONSO RODRÍGUEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR UNIDAD MAZATLÁN

MÉXICO, CD. MX., DICIEMBRE, 2024

DEDICATORIA

A mi propia familia, mi esposa Alelí y mi hija Alexa por todo el amor y apoyo que me han dado a lo largo de todos estos años.

A mi familia materna por estar siempre.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM por darme la oportunidad de terminar este trabajo.

Al programa de becas en el proyecto ICML/UNAM-CONACYT G-27777B (Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica en el Sur del Golfo de México).

Al Dr. David Uriel por ser mi director de tesis y por su paciencia para dar termino a este trabajo.

Al Dr. David Salas de León por su amabilidad e infinita paciencia además de ayudarme a obtener el procesamiento de datos de CTD

A la Dra. Karina Esqueda Lara por sus acertadas observaciones para este trabajo y sobre todo por su amistad

A la Dra. Rosalba Alonso Rodríguez por sus observaciones a este trabajo.

Al Dr. Javier Aldeco Ramírez por su amistad y sus observaciones a este trabajo

Al Dr. Francisco Varona Cordero por sus atinadas observaciones al mostrarme las algunas de las nuevas herramientas para el análisis de datos.

En honor a la memoria de la Dra. Marta Signoret por sus enseñanzas, consejos y sus revisiones previas a este trabajo.

Al Dr. Sergio Licea Duran por sus observaciones previas a este trabajo.

Al Dr. Javier Carmona Jiménez por sus puntos de vista y correcciones previas a este trabajo.

Tripulación del B/O Justo Sierra por su apoyo para la obtención de las muestras para este trabajo y por su amabilidad que hizo más ameno el trabajo en el buque.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I	17
1 INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO II	18
2. GENERALIDADES SOBRE LOS COCOLITOFÓRIDOS	18
2.1. Distribución espacial	19
2.2 Clasificación.....	20
2.3 Estudio de comunidades	22
CAPÍTULO III	23
3. ANTECEDENTES	23
CAPÍTULO IV	25
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	25
CAPÍTULO V	29
5. OBJETIVOS	29
5.1 GENERAL.....	29
5.2 PARTICULARES	29
CAPÍTULO VI	30
6. MÉTODOS Y MATERIALES.....	30
6.1 TRABAJO DE CAMPO	30
6.2 TRABAJO DE LABORATORIO	30
6.3 TRABAJO DE GABINETE.....	31
CAPITULO VII.....	33
7. RESULTADOS	33
7.1 VARIABLES OCEANOGRÁFICAS.....	33
7.2 COMPOSICION DE ESPECIES (PROMEBIO VI)	36
7.2.1 Temporada de lluvias.....	36
7.2.1.1 Zona oceánica- Cañón de Campeche.....	37
7.2.1.2 Zona Grijalva-Usumacinta.....	37
7.2.1.3 Zona de Coatzacoalcos	37

7.3 DIVERSIDAD	38
7.4 ABUNDANCIA Y VARIABLES AMBIENTALES	41
7.4.1 Zona oceánica	41
7.4.2 Zona Grijalva-Usumacinta	48
7.4.3 Zona Coatzacoalcos	50
7.5 ABUNDANCIA TOTAL POR ESTACIÓN	53
7.5.1 Zona Oceánica	53
7.5.2 Zona de Grijalva-Usumacinta	53
7.5.3 Zona de Coatzacoalcos	53
7.6 DOMINANCIA	55
7.6.1 ABUNDANCIAS RELATIVAS	56
7.6.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	57
7.6.3 DISTRIBUCIÓN VERTICAL.....	58
7.6.3.1 Zona oceánica	58
7.6.3.2 Zona Grijalva-Usumacinta.....	58
7.6.3.3 Zona Coatzacoalcos	58
7.7. COMPOSICIÓN PROMEBIO VIII	59
7.7.1. Época de “Nortes”	59
7.7.1.1 Zona oceánica-Cañón de Campeche.....	60
7.7.1.2. Zona Grijalva-Usumacinta.....	60
7.7.1.3. Zona de Coatzacoalcos	60
7.7.2 DIVERSIDAD.....	60
7.7.2.1 ABUNDANCIA Y VARIABLES AMBIENTALES	64
7.7.2.1.1 Zona Oceánica	64
7.7.2.1.2 Zona Grijalva-Usumacinta.....	69
7.7.2.3 Zona Coatzacoalcos	72
7.7.3 ABUNDANCIA TOTAL POR ESTACIÓN	74
7.7.3.1 Zona oceanica	74
7.7.3.2 Zona de Grijalva-Usumacinta.....	74
7.7.3.3 Zona de Coatzacoalcos	74
7.7.4 DOMINANCIA.....	75
7.7.4.1 ABUNDANCIAS RELATIVAS	77

7.7.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	77
7.7.6 DISTRIBUCIÓN VERTICAL.....	78
7.7.6.1 Zona oceánica	78
7.7.6.2 Zona Grijalva-Usumacinta.....	79
7.7.6.3 Zona Coatzacoalcos	79
7.8 ESPECIES DOMINANTES, SECUNDARIAS Y RELEVANTES	79
7.8.1 <i>Emiliania. huxleyi</i>	79
7.8.2 <i>Gephyrocapsa oceanica</i>	80
7.8.3 <i>Florisphaera profunda</i>	81
7.8.4 <i>Syracosphaera sp.</i>	81
7.8.5 <i>Syracosphaera pulchra</i>	82
7.8.6 <i>Umbellosphaera tenuis</i>	83
7.8.7 <i>Discosphaera tubifera</i>	84
7.8.8 <i>Rhabdosphaera clavigera</i>	84
7.8.9 <i>Umbilicosphaera sibogae</i>	85
7.9 CORRELACIÓN DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES (T°, SAL, σT , Chl) Y LOS COCOLITOFÓRIDOS.	86
7.9.1 Lluvias (PROMEBIO VI)	86
7.9.2 “Nortes” (PROMEBIO VIII).....	88
CAPITULO VIII.....	90
8. DISCUSIÓN	90
8.1 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD.....	90
8.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL	91
8.3 DISTRIBUCIÓN VERTICAL	92
8.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD APLICADOS.....	93
8.5 VARIABLES AMBIENTALES	94
8.5.1 Correlación entre variables	95
8.5.1.1 Lluvias (PROMEBIO VI).....	95
8.5.1.2 “Nortes” (PROMEBIO VIII).....	96
CAPITULO IX	98
CONCLUSIONES.....	98

REFERENCIAS	99
ANEXOS.....	105

Índice de tablas

Tabla I Principales grupos taxonómicos dentro de las Haptofitas con características de heterococolitofóridos, tomada de Billard e Inouye (2004), basada en Young y Bown (1997), Edvarsen et al., (2000), Kleijne et al., (2001) y Young et al., (2003).	21
Tabla II. Posiciones de las estaciones usadas en este estudio (Salas de León 2023).....	28
Tabla III Composición de la comunidad de cocolitofóridos (presencia-ausencia). en la Campaña PROMEBIO VI	36
Tabla IV Parámetros de la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México – PROMEBIO VI	39
Tabla V Abundancias totales (cél l ⁻¹) por estación durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VI	54
Tabla VI Abundancias absolutas y relativas (%) por estación durante la campaña oceanográfica. PROMEBIO VI	56
Tabla VII Composición de la comunidad de cocolitofóridos (presencia - ausencia) en la campaña PROMEBIO VIII.....	59
Tabla VIII Parámetros de la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México PROMEBIO VIII	61
Tabla IX Abundancias totales (cél l ⁻¹) por estación durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VIII	75
Tabla X Abundancias absolutas y relativas (%) por estación durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VIII	77
Tabla XI Lista de especies de cocolitofóridos encontrada en PROMEBIO VI (lluvias)	105
Tabla XII Lista de especies de cocolitofóridos encontrada en PROMEBIO VIII (“Nortes”)	107

Índice de figuras

Figura 1. Corrientes del golfo de México y Bahía de Campeche (Moreles-Vázquez 2021)	25
Figura 2. Localización del Golfo de México y de la Bahía de Campeche, batimetría en metros (Díaz Flores, 2004).	26
Figura 3. Ubicación de las estaciones donde se tomaron los datos y muestras analizadas en este estudio durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VI (12 al 26 de junio de 2002), cuadros amarillos, y PROMEBIO VIII (10 al 21 de febrero de 2004), círculos rojos (Sala ..	28
Figura 4. Masas de agua registradas durante los muestreos PROMEBIO VI (círculos azules) y PROMEBIO VIII (círculos rojos)	33
Figura 5. Perfiles acumulativos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (‰) y densidad relativa o sigma (kg/m^3) registrados durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VI (junio de 2002)	34
Figura 6. Perfiles acumulativos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (‰) y densidad relativa o sigma-t (kg/m^3) registrados durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VIII (febrero de 2004)	35
Figura 7. Est. 25 Variables ambientales T ($^{\circ}\text{C}$), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l^{-1})	41
Figura 8. Est. 26 Variables ambientales T ($^{\circ}\text{C}$), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l^{-1})	42
Figura 9. Est. 33 Variables ambientales T ($^{\circ}\text{C}$), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l^{-1})	43
Figura 10. Est. 35 Variables ambientales T ($^{\circ}\text{C}$), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l^{-1})	44
Figura 11. Est. 42a Variables ambientales T ($^{\circ}\text{C}$), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l^{-1})	45
Figura 12. Est. 43 Variables ambientales T ($^{\circ}\text{C}$), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l^{-1})	46

Figura 13. Est. 52 Variables ambientales T (°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	47
Figura 14. Estación 132 Abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	48
Figura 15. Estación 140 Abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	49
Figura 16. Estación 193 Abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	50
Figura 17. Estación 204 Abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	51
Figura 18. Estación 216 Abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	52
Figura 19. Abundancia total y por especie (cél l ⁻¹), y por estación. Campaña Oceanográfica PROMEBIO VI	55
Figura 20. Distribución espacial de especies durante la campaña Oceanográfica PROMEBIO VI (lluvias) y dendrograma del índice de Jaccard. Zona oceánica (ZO), zona costera Coatzacoalcos (CZT) y zona Grijalva-Usumacinta (GU)	57
Figura 21. Est. 12 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	64
Figura 22. Est. 13 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	65
Figura 23. Est. 19 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	66
Figura 24. Est. 20 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	67
Figura 25. Est. 27 Variables ambientales T(°C), S (‰) nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	68
Figura 26. Est. 57 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	69
Figura 27. Est. 58 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	70

Figura 28. Estación 59 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	71
Figura 29. Est. 69 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	72
Figura 30. Est. 85 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (µM) abundancia total y por especie (cél l ⁻¹).....	73
Figura 31. Abundancia total y por especie (cél l ⁻¹), y por estación. Campaña Oceanográfica PROMEBIO VIII	76
Figura 32. Distribución espacial de especies durante la campaña Oceanográfica PROMEBIO VIII ("Nortes") y dendrograma del índice de Jaccard. Zona oceánica (ZO), zona costera Coatzacoalcos (CZT) y zona Grijalva-Usumacinta (GU)	78
Figura 33. Gráfica de Correlación de Pearson vs la abundancia total encontrada en PROMEBIO VI: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una correlación positiva fuerte, mientras que valores cercanos a -1 y <0.05 indican correlación negativa fuerte, los y valores cerca	87
Figura 34. Gráfica de Correlación de Pearson vs las especies encontradas en PROMEBIO VI: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una correlación positiva fuerte, mientras que valores cercanos a -1 y <0.05 indican correlación negativa fuerte, los y valores cercanos a	87
Figura 35. Gráfica de Correlación de Pearson y la abundancia total encontrada en PROMEBIO VIII: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una correlación positiva fuerte, mientras que valores cercanos a -1 y <0.05 indican correlación negativa fuerte, los y valores cercanos a 0 reflejan baja correlación.	89
Figura 36. Gráfica de Correlación de Pearson y las especies encontradas en PROMEBIO VIII: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una valoración positiva, valores cercanos a 1 y <0.05 indican valoración negativa, y valores cercanos a 0 reflejan baja correlación.	89
Figura 37. Gráficas de los índices de diversidad H'n, J y Dominancia por estación PROMEBIO VI	109

Figura 38. Gráficas de los índices de diversidad H' , J y Dominancia por estación PROMEBIO

VIII	109
Figura 39 <i>Emiliana huxleyi</i>	110
Figura 40 <i>Gephyrocapsa oceanica</i>	110
Figura 41 <i>Gephyrocapsa ericsonii</i>	110
Figura 42 <i>Discosphaera tubifera</i>	111
Figura 43 <i>Umbellosphaera irregularis</i>	111
Figura 44 <i>Umbellosphaera tenuis</i>	111
Figura 45 <i>Syracosphaera mediterránea</i>	112
Figura 46 <i>Syracosphaera halldalii</i>	112
Figura 47 <i>Syracosphaera</i> sp	112
Figura 48 <i>Syracosphaera</i> sp	113
Figura 49 <i>Syracosphaera</i> sp	113
Figura 50 <i>Syracosphaera prolongata</i>	113
Figura 51 <i>Rabdosphaera clavigera</i>	114
Figura 52 <i>Rabdosphaera clavigera</i>	114
Figura 53 <i>Florisphaera profunda</i>	114
Figura 54 <i>Umbilicosphaera sibogae</i>	115
Figura 55 <i>Umbilicosphaera foliosa</i>	115
Figura 56 <i>Syracolithus cristatus</i>	115
Figura 57 <i>Alisphaera gaudii</i>	116
Figura 58 <i>Alisphaera gaudii</i> (fase polycrater)	116
Figura 59 <i>Polycrater galapagensis</i>	116
Figura 60 <i>Michaelsarsia elegans</i>	117
Figura 61 <i>Michaelsarsia elegans</i>	117
Figura 62 <i>Calciopappus</i> sp.....	117

Figura 63 Helicosphaera pavimentum.....	118
Figura 64 Helicosphaera carterii	118
Figura 65 Pontosphaera discopora	118
Figura 66. Calcidiscus leptoporus	119
Figura 67. No identificada	119

RESUMEN

Se estudió la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México analizando las diferencias en su distribución espacial y vertical en dos épocas del año, así como la influencia de factores oceanográficos y fluviales. Los muestreos se realizaron durante los cruceros PROMEBIO VI (junio 2002) y PROMEBIO VIII (febrero 2004) en tres zonas de estudio: Cañón de Campeche (zona Oceánica), Grijalva-Usumacinta (zona costera) y Coatzacoalcos (zona costera). En junio se identificaron 21 especies y 6 géneros en 58 muestras recolectadas en 12 estaciones entre las profundidades de 5 a 80 m, y una estación hasta los 100 m de profundidad. En febrero se identificaron 16 especies y 3 géneros en 77 muestras recolectadas en 10 estaciones entre las profundidades de 5 a 200 m, las profundidades disminuyeron en las estaciones frente a las zonas costeras. En junio se encontró una mayor diversidad de especies, pero una menor abundancia de organismos que variaron de 0 hasta 1.6×10^4 cél l⁻¹. Por otro lado, en febrero se encontró una menor diversidad, pero una mayor abundancia de células desde 0 hasta 4.9×10^4 cél l⁻¹. Las condiciones oceanográficas y las masas de agua influyeron en la distribución vertical y horizontal de los organismos al igual que las aportaciones de los ríos en las zonas costeras. Las especies que sobresalen son *E. huxleyi* y *G. oceanica* por su presencia y abundancia en las dos campañas, mientras que la especie *F. profunda*, sobresale para confirmar su presencia en aguas profundas.

ABSTRACT

The structure of the coccolithophore community in the southern Gulf of Mexico was studied, analyzing the differences in their spatial and vertical distribution during two seasons of the year, as well as the influence of oceanographic conditions and river factors. Sampling was conducted during the PROMEBIO VI (June 2002) and PROMEBIO VIII (February 2004) cruises in three study areas: Campeche Canyon (oceanic zone), Grijalva-Usumacinta (coastal zone), and Coatzacoalcos (coastal zone). In June, 21 species and 6 genera were identified in 58 samples collected from 12 stations ranging in depth from 5 to 80 m, with one station reaching a depth of 100 m. In February, 16 species and 3 genera were identified in 77 samples collected from 10 stations ranging in depth from 5 to 200 m, with decreasing depths near the coastal zones. June exhibited greater species diversity but lower organism abundance, ranging from 0 to 1.6×10^4 cells l^{-1} , while February showed lower species diversity but higher organism abundance, ranging from 0 to 4.9×10^4 cells l^{-1} . Oceanographic conditions and water masses influenced the vertical and horizontal distribution of organisms, as well as river contributions in coastal areas. *E. huxleyi* and *G. oceanica* stand out for their presence and abundance in both campaigns, while *F. profunda* is noteworthy for confirming its presence in deep waters.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

El fitoplancton es la base de la trama trófica del ambiente marino y cumple diversas funciones dentro del sistema pelágico. Es el responsable del 90% de la producción de la materia orgánica y sintetiza alimento utilizando luz solar además de otros nutrientes para efectuar la fotosíntesis (Simpson y Sharples, 2012). En la columna de agua se ubica dentro de la capa eufótica donde hay más captación de luz.

Dentro del fitoplancton se encuentran diversos grupos taxonómicos como diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, cianofitas y cocolitofóridos (Vajravelu *et al.*, 2017).

Los cocolitofóridos planctónicos son el grupo más importante de la comunidad fitoplanctónica que conforma el nanoplancton calcáreo, su tamaño es de 2 μm a 20 μm incluso un poco más grandes. Se caracterizan por su capacidad para formar estructuras calcáreas denominadas cocolitos. Estos organismos son autótrofos y cosmopolitas, dominan numéricamente la comunidad fitoplanctónica de zonas oceánicas de aguas templadas y tropicales. Son considerados en la actualidad como uno de los principales productores de sedimentos calcáreos involucrados en el ciclo del carbono atmosférico y desempeñan un papel fundamental en la biogeoquímica marina, (Winter, 1994; Young *et al.*, 2005; Balch, 2018).

Su distribución y abundancia son indicadores clave de cambios ambientales, lo que los convierte en organismos de gran importancia para estudios de oceanografía, ecología marina e indicadores paleontológicos y paleoclimáticos (Winter & Siesser, 1994; Taylor *et al.*, 2017).

Los cocolitofóridos han sido objeto de estudio desde el siglo XIX en otros países del mundo, principalmente en los de zonas de aguas frías y templadas. Existen pocos trabajos de investigación publicados que aborden este tema en los mares mexicanos. De lo anterior se deriva una necesidad de realizar investigaciones que favorezcan y aporten información de estos organismos.

CAPÍTULO II

2. GENERALIDADES SOBRE LOS COCOLITOFÓRIDOS

Los cocolitofóridos son organismos unicelulares planctónicos fotosintéticos que se encuentran dentro de la división *Haptophyta* (*Prymnesiophyta*) (Edvarsen *et al.*, 2000; Billard & Inouye 2004,) y son unos de los principales productores primarios en los mares del mundo. Su tamaño oscila, generalmente, entre 5 μm y 30 μm , aunque algunos sobrepasan esta talla. Tienen clorofilas a y c, además de algunos otros pigmentos accesorios como β -carotenos, fucoxantina, diatoxantina y diadinoxantina, por lo que su absorción de luz no parece ser muy diferente a las diatomeas, dinoflagelados y crisofitas (Heimdal, 1997). Se caracterizan por dos flagelos similares, un tercer apéndice llamado haptoneuma, dos cloroplastos de color marrón dorado y escamas corporales orgánicas que sirven para la identificación de las especies (Pienaar, 1994; Eikrem, *et al.*, 2020).

Los cocolitofóridos se dividen en dos grandes grupos: Holococolitofóridos y Heterococolitofóridos (Young & Bown 1997). En los primeros, la cobertura celular está compuesta de cocolitos de carbonato de calcio del mismo tamaño y forma (placolitos), mientras que, en los segundos, tiene cocolitos de diferente forma (murolitos) (Cros, 2002). En conjunto, sus cocolitos forman la cocosfera que suele estar constituida por un solo tipo de cocolito, no obstante, algunas especies y géneros tienen diferentes tipos de cocolitos en alguna fase de su ciclo de vida. (Cros, 2002). La observación de cocosferas combinadas es rara, lo que se interpreta como una fase de transición en el ciclo de vida del estado haploide-diploide. Billard (1994) sugiere que los holococolitofóridos son la fase diploide y los heterococolitofóridos son la fase haploide. Tradicionalmente, la combinación de dos diferentes tipos de cocolitos en una cocosfera se ha interpretado como especies separadas. Se han dado numerosos ejemplos de combinación de cocosferas, indicando que son fases alternadas del ciclo de vida de especies individuales, lo que a partir de estos datos se deduce como la asociación de especies involucrando a una especie de holococolitofóridos y una de heterococolitofóridos. Entre los reportes se han dado casos de la combinación de tres tipos de cocolitos (Cros *et al.*, 2000) y ese fenómeno es el probable resultado de una variación no-genotípica del grado de calcificación de la fase de Holococolitofóridos.

Con respecto a la abundancia de cocolitofóridos estos llegan a generar blooms en zonas de aguas templadas y subpolares que alcanzan cantidades de 1.0×10^8 cél l⁻¹ (Taylor *et al.*, 2017).

Mientras que las abundancias más altas reportadas en los mares mexicanos son de 1.2×10^5 en costas del Pacífico (Torres-Martínez, 2012).

A partir de lo anterior y con la finalidad de facilitar el entendimiento de este estudio, se tomaron en cuenta las cocolitoféridas encontradas como especies separadas con el fin de facilitar el conteo y evitar discordancia entre dos organismos diferentes que son en sí una sola especie.

2.1. Distribución espacial

Los cocolitoféridos se encuentran en todos los mares del planeta como componentes comunes de los hábitats costeros y oceánicos, y la mayoría de los géneros tienen representantes en el plancton marino (Brand, 1994; Eikrem *et al.*, 2020).

Se encuentran conjuntos diferenciados en las zonas biogeográficas subárticas, templadas, subtropicales, tropicales y subantárticas, en gran medida asociados con los principales sistemas de corrientes oceánicas. La diversidad de especies generalmente aumenta desde las regiones polares a las subtropicales-tropicales, donde las zonificaciones verticales diferenciadas a menudo están relacionadas con la estratificación (permanente) y la penetración profunda de la luz en las aguas superficiales oligotróficas. La mayoría de las especies están restringidas a una zona fótica superior (0-80 m) y algunas a una zona fótica inferior (120-220 m). La zona intermedia (80-120 m) puede contener especies de los conjuntos superiores e inferiores. Los holococolitoféridos a menudo se encuentran en relación con la estratificación (estacional) de las aguas superficiales (Cros y Estrada, 2013).

Emiliania huxleyi y *Gephyrocapsa oceanica* tienden a ser muy abundantes en aguas ricas en nutrientes en el borde de los giros subtropicales, dentro de zonas de surgencias ecuatoriales y fuera de la plataforma continental. *Emiliania huxleyi* tiende a ser más abundante en aguas frías, mientras que *G. oceanica*, en aguas cálidas. En aguas bien estratificadas de giros centrales esas dos especies están presentes, pero con una baja abundancia, mientras que otras especies dominan la comunidad (Brand, 1994).

Los patrones estacionales reflejan la distribución geográfica de los cocolitoféridos. En invierno, cuando hay mezcla vertical en las aguas de océano abierto se observan florecimientos de especies cosmopolitas como *E. huxleyi*, en tanto que, las especies tropicales son

completamente raras. Sin embargo, durante la estratificación en la época de lluvias, las demás especies tropicales son dominantes y *E. huxleyi* es rara. En aguas costeras, *E. huxleyi* es más abundante durante la estratificación de la temporada de lluvias (Brand, 1994; Taylor *et al.*, 2017).

Los cocolitofóridos tienen una amplia distribución, se les encuentra desde las regiones templadas hasta las tropicales del mundo. En zonas subtropicales, las especies *Emiliania huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica* tienden a ser abundantes en aguas mezcladas ricas de nutrientes por surgencias, pero la primera es más abundante en aguas frías, mientras que la segunda lo es en aguas cálidas. Sin embargo, cuando las aguas presentan estratificación ambas especies están presentes, pero con una abundancia baja (Brand, 1994).

Las especies de cocolitofóridos presentan diferente distribución en la columna de agua cuando ésta está estratificada. Algunas especies se presentan exclusivamente en la zona eufótica, pero otras, como *Florisphaera profunda*, viven mayormente entre las capas de 100 y 200 m. Profundidades en las que los organismos podrían tener dificultad para realizar fotosíntesis por los niveles tan bajos de intensidad de luz que reciben, lo que hace pensar que especies con dicha distribución pudieran ser mixotrófos (Brand, 1994; Taylor *et al.*, 2017; Balch, 2018).

2.2 Clasificación

Los cocolitofóridos son difíciles de clasificar como testifican los numerosos cambios en la literatura que este grupo ha experimentado en su taxonomía. No obstante, el saber todas las limitaciones que involucra la morfología es el principal carácter para determinar la clasificación de los cocolitofóridos. Distintos tipos de cocolitos han sido reconocidos y con base en ellos se han determinado especies, géneros y se han formado conceptos de familia (Jordan *et al.*, 1995).

La clasificación taxonómica del grupo ha cambiado a través del tiempo, sin embargo, para la identificación de las especies en este trabajo, se utilizaron las propuestas de Cros (2001), Young y Bown (1997), Edvarsen *et al.*, (2000), se consideran de las más apropiadas por ser las más constantes. Para el nivel de familias los publicados por Jordan y Green (1994) y especialmente el de Jordan y Kleijene (1994) son los más

aceptados universalmente ya que la clasificación de las familias ha cambiado poco en los últimos años (Cros, 2001). La clasificación utilizada es la publicada por Young *et al.*, (2003) y Billard e Inouye (2004) (Tabla I).

Tabla I Principales grupos taxonómicos dentro de las Haptofitas con características de heterococolitofóridos, tomada de Billard e Inouye (2004), basada en Young y Bown (1997), Edvarsen et al., (2000), Kleijne et al., (2001) y Young et al., (2003).

DIVISIÓN:	<i>Haptofita</i>
CLASE:	<i>Prymnesioficeae</i>
Orden:	<i>Isochrysidales</i>
	Familia <i>Noelarhabdaceae</i> (<i>Emiliania</i> °, <i>Gephyrocapsa</i> °)
<i>Zygodiscales</i>	Familia <i>Helicosphaeraceae</i> (<i>Helicosphaera</i> *)
	Familia <i>Pontosphaeraceae</i> (<i>Pontosphaera</i>)
<i>Syracosphaerales</i>	Familia <i>Calciosoleniaceae</i>
	Familia <i>Syracosphaeraceae</i> (<i>Coronosphaera</i> *, <i>Syracosphaera</i> *)
	Familia <i>Rabdosphaeraceae</i> (<i>Acanthoica</i> *, <i>Algirosphaera</i> *)
	Familia <i>incertae sedis</i> (<i>Alisphaera</i> **, <i>Canistrolithus</i> **))
<i>Coccolithales</i>	Familia <i>Coccolithaceae</i> (<i>Coccolithus</i> *, <i>Cruciplacolithus</i>)
	Familia <i>Calcidiscaceae</i> (<i>Calcidiscus</i> *, <i>Umbilicosphaera</i>)
	Familia <i>Pleurochysidaceae</i> (<i>Pleurochrysis</i> °)
	Familia <i>Hymenomonadaceae</i> (<i>Hymenomonas</i> °, <i>Ochrosphaera</i> °, <i>Jomolithus</i>)
	Familia <i>Papposphaeraceae</i> (<i>Pappamonas</i> *, <i>Papposphaera</i> *, <i>Wigwamma</i>)
	Familia <i>Ceratolithaceae</i> (<i>Ceratolihus</i> ****)
	Orden <i>incerte sedis</i>
	Familia <i>Braarudosphaeraceae</i> (<i>Braarudosphaera</i>)

° Etapa alterna no calcificada
 * Etapa alterna con holococolitos
 ** Etapa alterna con cocolitos aragoníticos
 ****etapa alterna con nanolitos

2.3 Estudio de comunidades

Para el estudio de comunidades se hace un inventario de las especies que se desean estudiar. A veces suele ser difícil averiguar el nombre científico de un organismo, más se sabe que pertenece a un determinado grupo y así la adopción de tipos biológicos como unidad de referencia ayuda cuando no se pueden llevar las identificaciones hasta el nivel deseable. De esta manera la comunidad no aparece caracterizada por una lista de especies, sino por un sistema de tipos biológicos, cada uno con indicación de su importancia relativa. Se dice así que, la comunidad se expresa por su estructura y esta es una característica importante para su estudio (Margalef, 1980).

La comunidad es un nivel de organización que incluye a todas las poblaciones existentes en un área determinada y un tiempo dado de manera convencional, donde los factores bióticos y abióticos interactúan dando lugar al ecosistema, pero aún con esta interrelación cada comunidad puede ser relativamente independiente de otra, en la que cada una efectúa una tarea en las que se encuentran los productores, consumidores y descomponedores organizados en una compleja red (Margalef, 1980), y se nota un comportamiento diverso a lo largo del tiempo y el espacio observándose cambios, presencia, ausencia o persistencia en las comunidades, son estas condiciones oceanográficas en las que, en gran medida, dictan este comportamiento.

Para poder entender el comportamiento y complejidad de la ecología de los organismos, se han hecho diferentes estudios a través del tiempo, sin embargo, al ser tan amplia la cantidad de organismos existentes, en muchos de ellos, apenas inicia su estudio en nuestro país. La diversidad de especies en este estudio está enfocado a las diferentes especies de cocolifóridos encontrados en las zonas de estudio.

CAPÍTULO III

3. ANTECEDENTES

La Bahía de Campeche, ubicada en el suroeste del Golfo de México, es una región de alta productividad biológica debido a la interacción de corrientes oceánicas, aportes de ríos y procesos de surgencia (Signoret *et al.*, 2006). Esta zona ha sido objeto de estudios oceanográficos que han descrito la variabilidad estacional y espacial de su comunidad fitoplanctónica (Flores-Coto *et al.*, 1993), aunque los estudios específicos sobre cocolitofóridos son escasos. A continuación, se mencionan algunos trabajos.

Gaarder y Hasle en 1971 efectuaron un trabajo pionero sobre florística y sistemática de este grupo y determinaron 33 especies de cocolitofóridos en el Golfo de México, de las cuales destacan *Coccolithus huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica* por su abundancia en algunas estaciones neríticas, mientras que *Ceratolithus cristatus* Kamptner y *Discosphaera tubifera* Murray et Blackman fueron encontradas en todas las muestras examinadas. Zamudio (1998) realizó un estudio de la variación espaciotemporal del fitoplancton frente a las costas de Tamaulipas, donde encontró dominancia de dinoflagelados y cocolitofóridos. De estos últimos, determinó 13 especies, 9 géneros y aparte otros 9 taxones que no fueron determinados con una mayor abundancia de *Calcidiscus leptoporus*.

Para la década del 2000, García-Reséndiz (2003) identificó 31 especies de cocolitofóridos para la Bahía de Campeche, de los cuales, 7 son nuevos registros para la zona. *E. huxleyi* y *G. oceanica* destacan en abundancia frente a la zona de descarga de los ríos Grijalva-Usumancinta, mientras que, Hernández-Becerril *et al.*, (2008) estudiaron la composición de las especies del fitoplancton en el sur del Golfo de México durante abril de 2000 y observaron una fuerte heterogeneidad entre las estaciones. Estos autores reportaron 180 especies, de las cuales 114 son diatomeas, 32 dinoflagelados, 32 cocolitofóridos y 2 silicoflagelados. Se observó que los cocolitofóridos y las diatomeas nanoplanctónicas fueron los grupos dominantes. De ellos, las especies más abundantes, fueron las formas nanoplanctónicas: dos cocolitofóridos, *Emiliania huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*, las diatomeas pennadas *Nitzschia bicaudata*, *N. bifurcata* y *N. leehyi*, y especies de diatomeas céntricas *Thalassiosira*.

Para la década del 2010, Baumann y Boeckel (2013) realizaron un estudio sobre la

distribución de los cocolitofóridos vivos en la parte superior de la columna de agua en el Golfo de México subtropical. Estos autores analizaron 52 muestras de plancton de 6 estaciones recolectadas en marzo de 2006. Las muestras permanentes de cocolitofóridos variaron desde cero en muestras de aguas profundas (200 m) hasta alrededor de 2.3×10^4 cél l⁻¹ a 4.65×10^4 cél l⁻¹ en aguas de profundidad intermedia. De los 39 taxones identificados, solo 9 especies aportan abundancia de células de más de 1000 cél l⁻¹ y comprenden más del 5% de las comunidades en al menos una muestra. *Emiliania huxleyi* fue la especie más abundante en todas las estaciones con concentraciones de hasta 2.27×10^4 cél l⁻¹. En todas las estaciones se encontró una sucesión vertical de especies de cocolitofóridos. *Umbellosphaera tenuis* (tipo IV), *Discosphaera tubifera*, *Rhabdosphaera clavigera* y como componente menor, especies del género *Syracosphaera*, las cuales estuvieron principalmente restringidas a capas superficiales de agua (<50 m), todas adaptadas a concentraciones bajas de nutrientes. La asociación en la zona fótica profunda (50–150 m de profundidad) estuvo compuesta principalmente por *Florisphaera profunda*, *Gladiolithus flabellatus* y *Algirosphaera robusta*, lo que indica una tolerancia a la menor disponibilidad de luz. Por lo tanto, la distribución vertical de todos los taxones de cocolitofóridos, excepto las especies portadoras de placolitos, en particular *E. huxleyi*, estuvo probablemente controlada por la temperatura del agua de la zona fótica superior y la estratificación de la columna de agua.

En cuanto a otros organismos nanoplanctónicos no calcáreos, se cuenta con el trabajo realizado por Aldeco *et al.*, (2009) durante el cual observó un giro anticiclónico, una corriente ciclónica frente a la plataforma continental y un frente térmico asociado que se presenta en la frontera común. A lo largo de este frente observaron gran abundancia de la cianobacteria formadora de filamentos *Trichodesmium* sp. Lenes *et al.*, (2012) usaron un modelo numérico para calcular la deposición regional de aerosoles de polvo mineral procedentes del Sahara, entre mayo y octubre de 1999 el cual compararon con mediciones efectuadas en Miami para estimar la fertilización con hierro en el este del Golfo de México y sus efectos en la producción de fitoplancton.

Para la década en curso, Rodríguez- Álvarez y Oudrhiri (2021) usaron un radar bioestático para medir el cambio en la rugosidad de la superficie del mar en el Golfo de México, inducido por una tormenta de polvo del Sahara en 2020, y encontraron que la disminución de la rugosidad de la superficie del océano correlacionada con la tormenta de polvo representa un indicador clave de la presencia de fitoplancton.

CAPÍTULO IV

4. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México se ubica entre los 18° y los 30° N y los 82° y 98° W, es una cuenca con dos comunicaciones o aberturas una hacia el mar Caribe por el Canal de Yucatán y otra con el Océano Atlántico por el Estrecho de Florida (Fig.1).

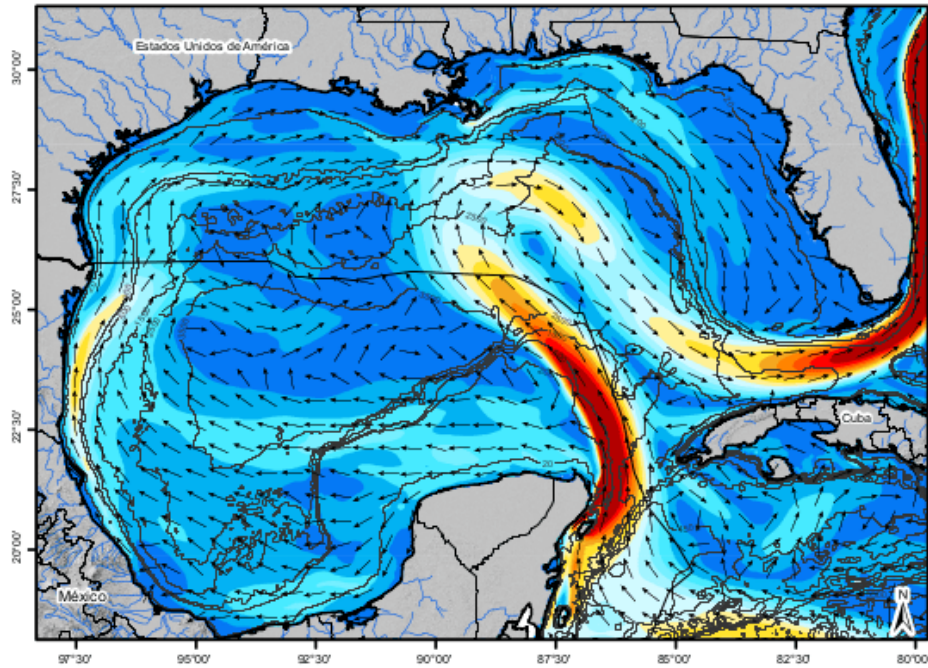


Figura 1. Corrientes del golfo de México y Bahía de Campeche (Moreles-Vázquez 2021)

En él se han identificado diversas masas de agua que se enlistan a continuación de acuerdo con Aldeco *et al.*, (2009): estas masas de agua superficiales y subsuperficiales en el golfo se pueden clasificar (se han conservado las siglas en inglés) como Agua Común del Golfo (GCW: $T \sim 22.5^{\circ}\text{C}$ y $36.3 \leq S \leq 36.4$) (Vidal *et al.*, 1994) se forma localmente, mientras que el Agua Tropical Superficial del Caribe (CTSW: $T > 28^{\circ}\text{C}$ y $S > 36.4$) se forma fuera del golfo y fluye hacia el golfo en la capa superficial de la Corriente de Yucatán. Debajo de esta masa de agua se encuentra el Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (CSUW: $22.2 < T < 26^{\circ}\text{C}$ y $36.4 < S < 36.7$) (Schroeder *et al.*, 1974). El CTSW incrementa su temperatura y salinidad conforme se desplaza hacia el oeste del Banco de Campeche (Nowlin, 1972; Schroeder *et al.*, 1974; Furnas y Smayda, 1987). Agua Superficial del Caribe (CSWr: $22^{\circ}\text{C} < T < 28^{\circ}\text{C}$, $S < 36.7$), y Agua Subsuperficial Subtropical del Atlántico Norte (NASUW: $20 < T < 25$, $S > 36.8$).

Dentro del Golfo de México se ubica la Bahía de Campeche situada entre los 18° y los 21° N y los 92° y 95° W (Fig.2) con profundidades que llegan a los 2800 m. Tiene un régimen estacional que presenta tres épocas climáticas: una temporada de lluvias de junio a octubre, una temporada de “Nortes” de noviembre a abril y una época de secas de mayo a junio (Fuentes-Yaco *et al.*, 2001; Tápanes y González-Coya, 1980). Tiene una circulación predominantemente ciclónica que es evidente durante el otoño (Nowlin, 1972), cuando se desarrolla llega a ocupar el 75% de la bahía (Vásquez-de-la-Cerda, 1993). Esta circulación se origina por las corrientes que genera el gran giro anticiclónico que se desprende de la Corriente de Lazo (Monreal Gómez y Salas de León, 1990).

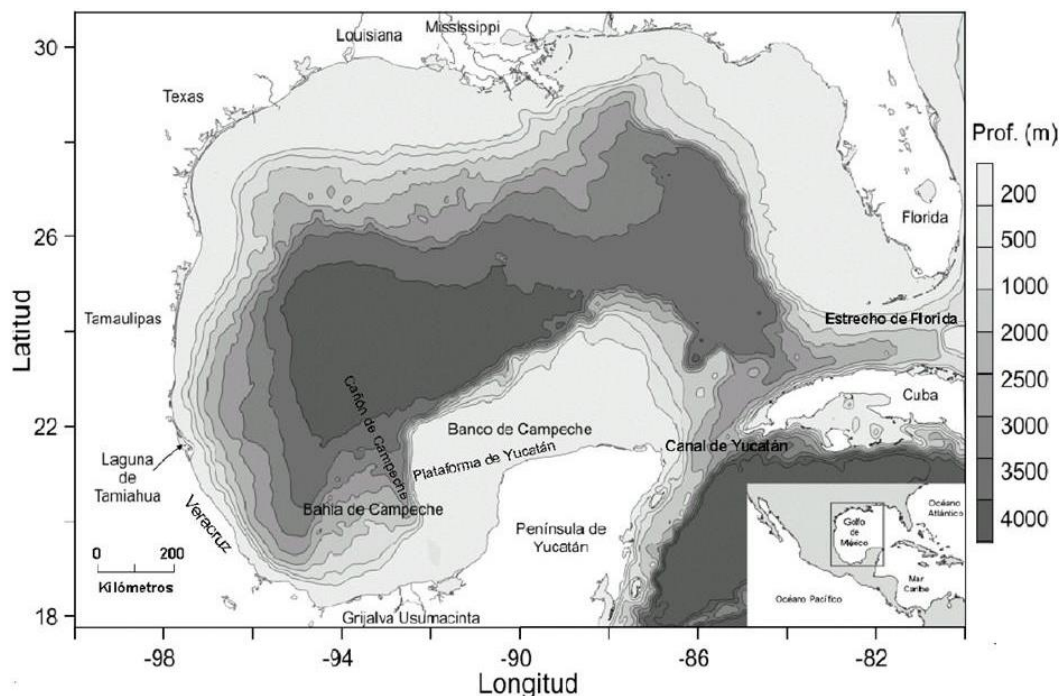


Figura 2. Localización del Golfo de México y de la Bahía de Campeche, batimetría en metros (Díaz Flores, 2004).

Los datos sinópticos y los mapas de topografía de altura dinámica obtenidos por Nowlin (1972) ponen en evidencia la presencia del giro ciclónico durante el mes de agosto. Respecto a su formación, se propone que se dio como resultado de la formación del gran giro anticiclónico. También se considera que su formación se debió a la interacción del agua con el Banco de Campeche, ya que esta corriente debe conservar su momento angular (Díaz-Flores *et al.*, 2017). Monreal-Gómez y Salas de León (1990), encontraron que la formación del giro estaba asociado a las variaciones de las masas de agua que entraba a través del Canal de Yucatán y la geometría de la bahía.

La plataforma continental en el sur del Golfo de México es amplia, y se ensancha más al llegar a la Bahía de Campeche frente a la Península de Yucatán donde la pendiente es muy suave. A la bahía desembocan los ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, el sistema Grijalva-Usumacinta y el Candelaria que desemboca en la Laguna de Términos, en conjunto llegan a representar más del 50% de la descarga fluvial de México, lo que influye en el patrón de corrientes de la Bahía de Campeche (Monreal-Gómez y Salas de León, 1990), la salinidad y la temperatura de las aguas costeras. Además, aportan gran cantidad de nutrimentos de tipo alóctono que llevan materiales en suspensión y forman pronunciados frentes o ergoclinas, las cuales son aprovechadas por diversos organismos como las microalgas planctónicas (Hernández-Becerril *et al.*, 2008). Una característica fisiográfica importante de la Bahía de Campeche es el Cañón de Campeche. El Cañón de Campeche está ubicado entre los 20° 12' N y 21° 36' N, y 92° 24' W y 93° 24' W, en el Sur del Golfo de México (Fig. 1), en el lado occidental de la península de Yucatán (Mendoza y Ortiz Pérez, 2000). Su forma condiciona la dinámica e hidrografía de las aguas del cañón e influye en la distribución y abundancia de organismos fitoplanctónicos (Hernández-Becerril *et al.*, 2012).

Con el fin de obtener información oceanográfica y biológica del sur del Golfo de México se creó el proyecto PROMEBIO (Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica) el cual contempló como parte de su área de estudio a la Bahía de Campeche.

Para ello, se participó en dos de los cruceros realizados: PROMEBIO VI el cual se realizó durante el mes de junio 2002 en la temporada climática de lluvias y PROMEBIO VIII (Fig. 3), que se efectuó en febrero 2004 correspondiente a los “Nortes”, ambas en el B/O “Justo Sierra” de la UNAM.

El área de estudio incluyó tres zonas de muestreo: frente a la descarga del río Coatzacoalcos, frente a la descarga del sistema Grijalva-Usumacinta y en la zona del Cañón de Campeche. La tabla II muestra las posiciones, fecha, hora y profundidad de las estaciones.

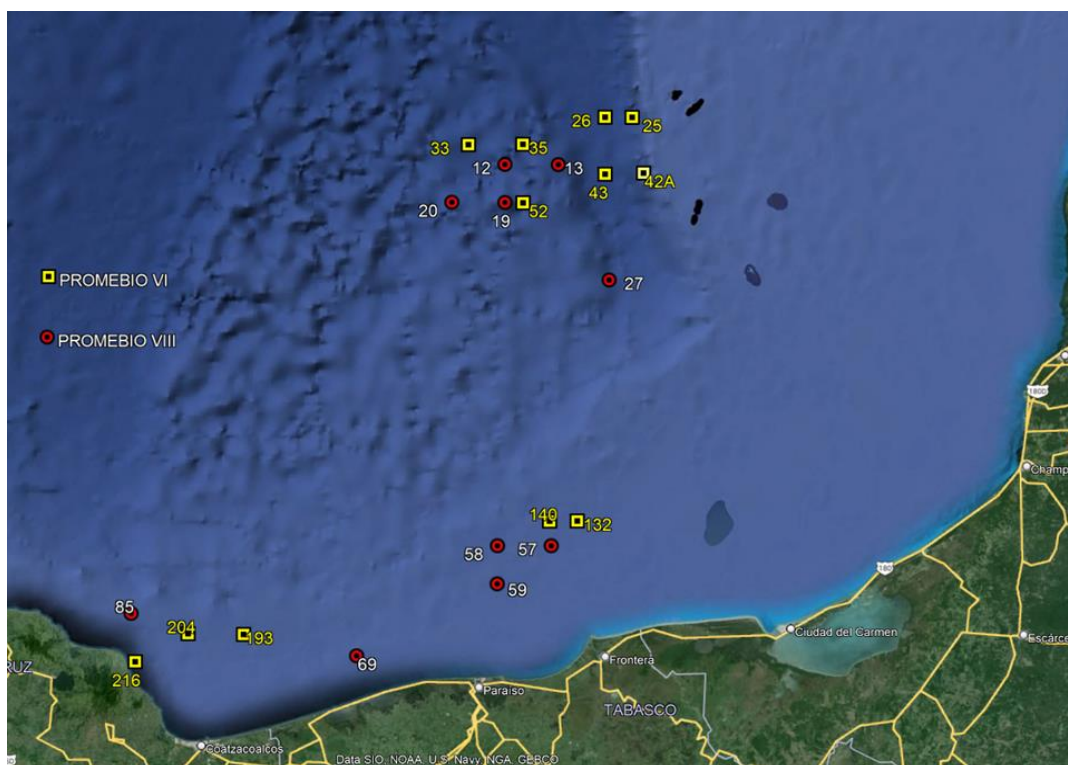


Figura 3. Ubicación de las estaciones donde se tomaron los datos y muestras analizadas en este estudio durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VI (12 al 26 de junio de 2002), cuadros amarillos, y PROMEBIO VIII (10 al 21 de febrero de 2004), círculos rojos (Sala de León 2023)

Tabla II. Posiciones de las estaciones usadas en este estudio (Salas de León 2023)

PROMEBIO VI			PROMEBIO VIII		
Estación	Longitud	Latitud	Estación	Longitud	Latitud
25	-92.500882	20.874492	12	-93.081994	20.667260
26	-92.625050	20.874617	13	-92.838617	20.667214
33	-93.249793	20.750489	19	-93.081546	20.501832
35	-92.999613	20.754847	20	-93.322756	20.501940
42a	-92.450000	20.631833	27	-92.608024	20.167544
43	-92.625667	20.626500	57	-92.868111	19.018695
52	-92.999147	20.500720	58	-93.110079	19.018215
132	-92.751367	19.125388	59	-93.110662	18.853270
140	-92.875878	19.125217	69	-93.740476	18.538207
193	-94.249508	18.625793	85	-94.758974	18.709844
204	-94.499942	18.625957			
216	-94.737865	18.500258			

CAPÍTULO V

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- Determinar la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en términos de composición, diversidad, abundancia y distribución en la Bahía de Campeche en dos cruceros oceanográficos (junio, 2002 y febrero, 2004).

5.2 PARTICULARES

- Identificar las especies de cocolitofóridos encontrados.
- Calcular la abundancia por especie encontrada en la zona.
- Comparar la distribución vertical y horizontal de las diferentes especies de cocolitofóridos encontrados en la zona.
- Determinar la relación entre las variables ambientales como temperatura, salinidad, densidad, clorofila *a* y los cocolitofóridos para hacer una descripción de la ecología de estos organismos.

CAPÍTULO VI

6. MÉTODOS Y MATERIALES

6.1 TRABAJO DE CAMPO

Para determinar la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en términos de composición, abundancia y diversidad en la Bahía de Campeche, se obtuvieron muestras de 4 litros a partir de botellas Niskin de 30 litros a profundidades variables durante la época de lluvias (PROMEBIO VI) y “Nortes” (PROMEBIO VIII).

En temporada de lluvias (PROMEBIO VI) las muestras obtenidas fueron de: 5, 20, 40, 60 y 80 m de profundidad y en temporada de “Nortes” (PROMEBIO VIII) de: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 180 y 200 m. Cada muestra se filtró con ayuda de una bomba de vacío en filtros de membrana de celulosa Millipore de 47 mm de diámetro y 0.45 μm de poro, al terminar se enjuagó cada filtro con 10 ml de agua destilada para eliminar el exceso de sales sin agregar ningún fijador. Así, el material “preservable” se conservó de manera adecuada y se guardaron las muestras en cajas de Petri (Cortés *et al.*, 2001).

Con el fin de describir la relación de estos organismos con las condiciones ambientales se tomaron muestras discretas para determinar nutrientes como N-NO₃, N-NH₄ y P-PO₄, se registraron las variables de temperatura, salinidad y densidad en la columna de agua con un CTD Neil Brown Mark-IIIB, además, se hicieron estimaciones de clorofila “a” *in situ* en tiempo real a partir de la fluorescencia con un perfilador PNF 300 de la marca Biospherical.

6.2 TRABAJO DE LABORATORIO

De los filtros obtenidos para análisis de los cocolitofóridos se hicieron preparaciones permanentes recortando un área aproximada de 1 cm², la cual se montó en un portaobjetos y agregó aceite de inmersión ZEISS 518 C ne = 1,518 (23°C) DIN 58 884 ISO 8036/1 hasta cubrir a los organismos y transparentar el filtro. Posteriormente, se colocó un cubreobjetos para protegerlos (Cortés *et al.*, 2001).

Las preparaciones se observaron en un microscopio óptico OLYMPUS BX40 con el objetivo 40x para conteo por grupos y con el objetivo 100x para la determinación de géneros y especies.

También se hicieron preparaciones metalizadas de cada filtro en oro-paladio para observaciones en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-35. En ambos casos se tomaron fotografías de las diferentes especies de cocolitofóridos observadas.

En el microscopio óptico se observaron 20 campos al azar en cada una de las laminillas permanentes con el objetivo 40x y se efectuó el conteo por especies. El microscopio electrónico de barrido se empleó para la determinación y confirmación de géneros y especies encontrados.

6.3 TRABAJO DE GABINETE

Los datos del CTD se procesaron en el laboratorio de Oceanografía Física del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México y se obtuvieron gráficas de los perfiles en la columna de agua relativos a temperatura, salinidad y anomalía de la densidad potencial o Sigma t (σ_t).

Los datos continuos de clorofila *a* se procesaron en el laboratorio de Plancton y Bioenergética de Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, obteniéndose estimaciones gráficas de los máximos de clorofila *a* en la columna de agua. El procesamiento de muestras para nutrientes se realizó en el Laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La determinación de las especies se realizó por medio de las observaciones directas de las preparaciones y fotografías, apoyándose con literatura especializada principalmente en Jordan y Kleijne (1994), Heimdal (1997), Cros (2001).

Para determinar el número aproximado de organismos por litro se usó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Número de células}}{\text{Litro}} = \left(\frac{ZF}{V} \right)$$

Donde:

V = Volumen filtrado

Z = Número de organismos observados de cada especie

$$F = \text{Razón de área} = \frac{\text{Área total del filtro}}{\text{Área total contada}} = \frac{1450 \text{ mm}^2}{3.938 \text{ mm}^2} = 368$$

Ejemplo:

$$\frac{\text{Numero de células}}{\text{Litro}} = \left(\frac{2 \times 368}{4 \text{ litros filtrados}} \right) = 184 \text{ cél l}^{-1}$$

Este procedimiento se efectuó con cada una de las especies identificadas y se obtuvo la abundancia total de cada especie encontrada, así como la distribución vertical por estación. Para establecer que tan parecidas son las zonas muestreadas en cuanto a diversidad de cocolitofóridos se utilizaron los índices de Similitud de Sørensen ($\log_2$), de diversidad de Shannon-Wiener, de equitabilidad de Jaccard y de dominancia y se aplicó en el programa estadístico PAST.

CAPITULO VII

7. RESULTADOS

7.1 VARIABLES OCEANOGRÁFICAS

La temperatura del agua superficial en la región del Cañón de Campeche durante este estudio osciló entre 26 y 29 °C y se presentó la termoclina a una profundidad aproximada de 40 m. La salinidad se mantuvo constante en la zona oceánica alrededor de los 36 ‰, pero en las zonas de descargas de los ríos Grijalva-Usumacinta y Coatzacoalcos la salinidad fue menor debido al aporte de agua dulce de estos ríos, especialmente durante la temporada de “Nortes” (PROMEBIO VIII) cuando todavía se puede ver el efecto de la descarga del sistema de ríos Grijalva-Usumacinta, cuya descarga máxima es en octubre (Riverón-Ensástiga, 2008) La pérdida de calor se reflejó en las diferencias de temperatura entre los datos de temperatura durante la campaña PROMEBIO VI (lluvias) y PROMEBIO VIII (“Nortes”) en el diagrama T-S (Fig.3).

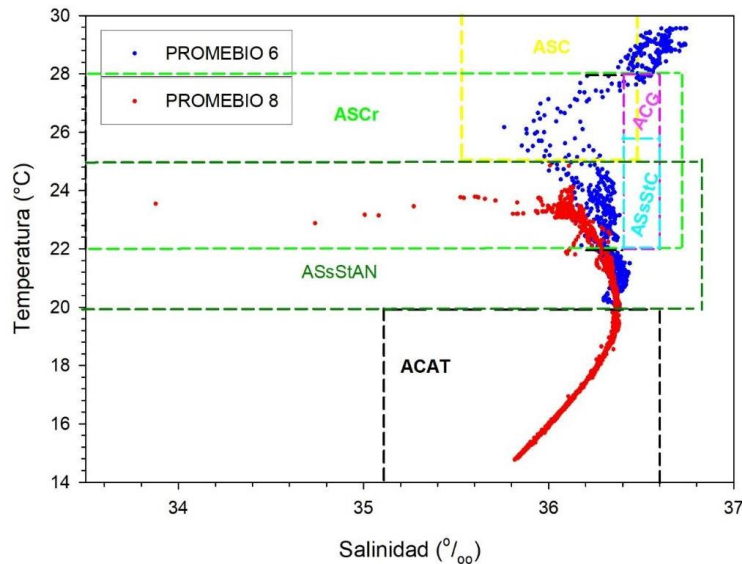


Figura 4. Masas de agua registradas durante los muestreos PROMEBIO VI (círculos azules) y PROMEBIO VIII (círculos rojos) (Salas de León 2023)

Masas de Agua	Salinidad ‰	Temperatura °C
Agua Superficial del Caribe ASC	$S < 36.7$	$22 < T < 28$
Agua Tropical Superficial del Caribe ASCr	$S > 36.4$	$T > 28$
Agua Común del Golfo ACG	$36.4 < S < 36.7$	$22.2 < T < 26$
Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe ASsStC	$36.3 \leq S \leq 36.4$	$T \sim 22.5$
Agua Subsuperficial Subtropical del Atlántico Norte ASsStAN	$S > 36.8$	$20 < T < 25$
Agua Tropical del Atlántico Central ACAT		

Durante la temporada de lluvias, la termoclina, la haloclina y la pycnoclina se encontraron a 40 m de profundidad (Fig. 4). La salinidad mostró un patrón vertical complejo con aumentos y descensos de la salinidad resultado del movimiento vertical inducido por procesos de evaporación que resultaron en un aumento de la salinidad superficial. Este efecto no fue visible en la densidad relativa o sigma-t debido a que el efecto de la temperatura sobre la densidad fue mayor que el de la salinidad.

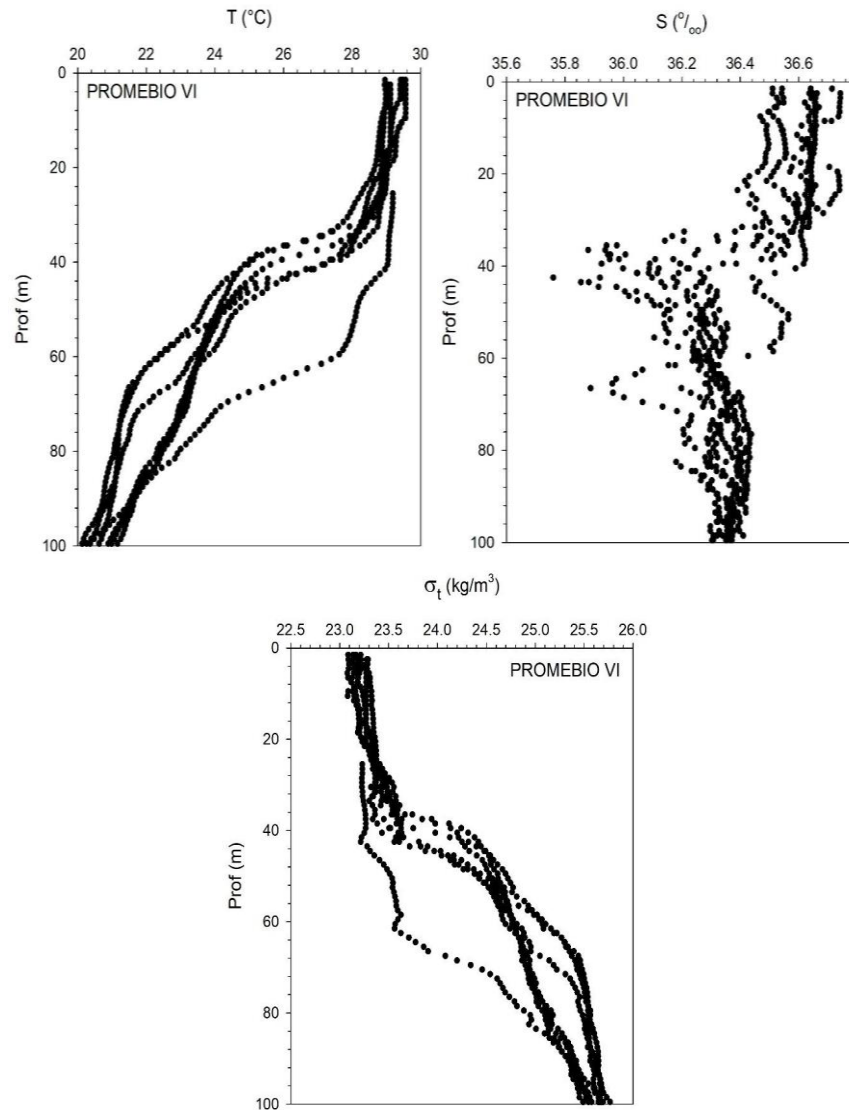


Figura 5. Perfiles acumulativos de temperatura (°C), salinidad (‰) y densidad relativa o sigma (kg/m³) registrados durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VI (junio de 2002)

Durante el invierno, la termoclina, la haloclina y la piconclina en promedio se situaron en los 60 m de profundidad (Fig.5). En este caso fue evidente el efecto de la mezcla vertical y la profundización de las clinas inducidas por el efecto de las tormentas tropicales localmente conocidas como “Nortes”.

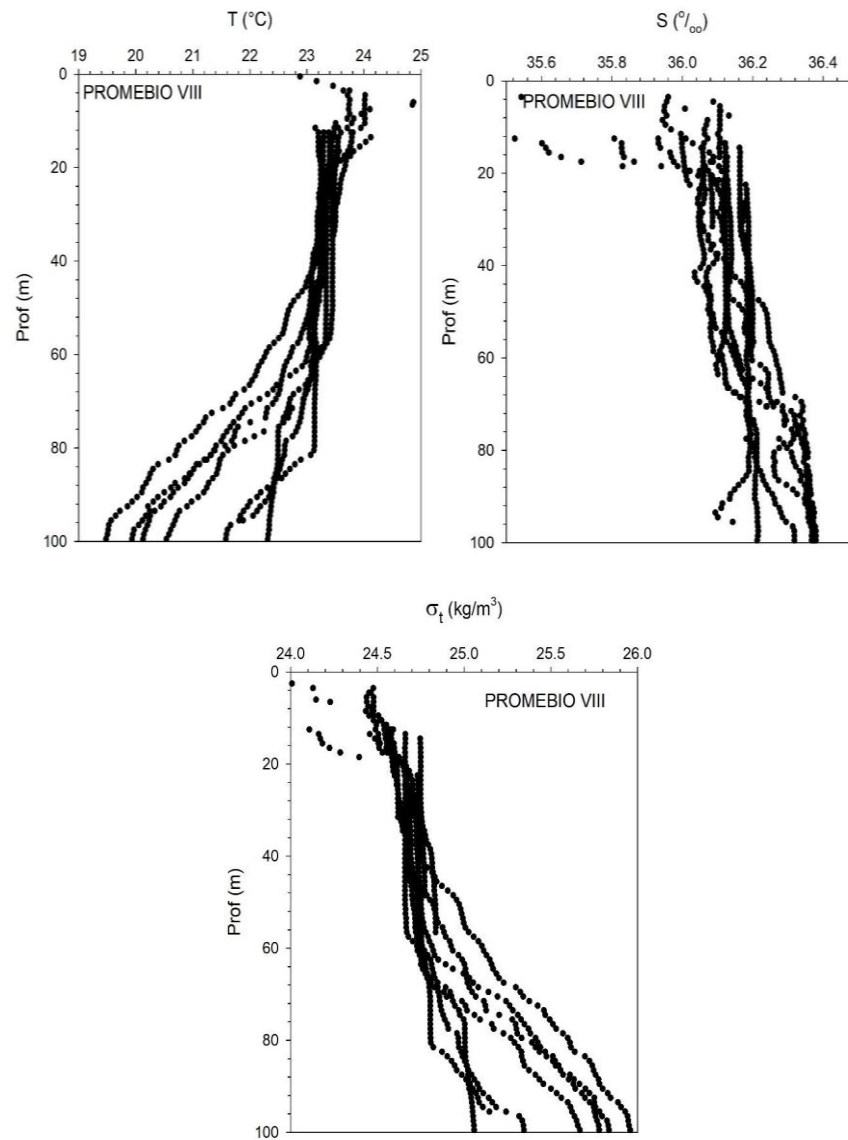


Figura 6. Perfiles acumulativos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (‰) y densidad relativa o sigma-t (kg/m^3) registrados durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VIII (febrero de 2004)

Nota: Las escalas de la temperatura, salinidad y densidad fueron acortadas para visualizar mejor los cambios verticales.

7.2 COMPOSICION DE ESPECIES (PROMEBIO VI)

Se encontraron 23 especies y 6 géneros en total durante ambas campañas.

7.2.1 Temporada de lluvias

Se identificaron 21 especies y 6 géneros en 58 muestras recolectadas de 12 estaciones (Tabla III), entre las profundidades de 5 a 80 m, a excepción de la estación 140 cuya muestra se tomó a los 100 m de profundidad.

Tabla III Composición de la comunidad de cocolitofóridos (presencia-ausencia), en la Campaña PROMEBIO VI

Especie	Estación										
	2	26	33	42a	43	52	132	140	193	204	216
<i>E. huxleyi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>G. oceanica</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Syracosphaera</i> sp.	X			X		X	X	X	X	X	X
<i>R. clavigera</i>	X	X	X	X		X		X	X	X	
<i>D. tubifera</i>			X	X		X		X	X		
<i>F. profunda</i>		X		X			X		X	X	
<i>S. pulcra</i>	X	X	X	X		X				X	X
<i>U. tenuis</i>				X		X	X	X	X	X	
<i>U. irregularis</i>		X	X	X		X					
<i>Syracolithus</i> sp.		X					X	X			
<i>H. carteri</i>	X		X				X	X	X	X	
<i>H. hyalina</i>				X		X			X		X
<i>M. elegans</i>	X					X	X			X	
<i>C. pelagicus</i>							X	X			X
<i>Coronosphaera</i> sp.							X	X	X		
<i>U. sibogae</i>							X	X	X		
<i>Algirosphaera</i> sp.								X			
<i>C. cristatus</i>						X					X
<i>P. discopora</i>					X	X					
<i>C. leptoporus</i>		X									X
<i>Corisphaera</i> sp.			X					X			
<i>A. brasiliensis</i>									X		
<i>B. bigelowi</i>										X	
<i>H. perplexus</i>	X										
<i>Poritectolithus</i> sp.								X			
<i>R. xiphos</i>	X										
<i>S. apstenii</i>							X				

7.2.1.1 Zona oceánica- Cañón de Campeche

En la zona oceánica – Cañón de Campeche, se tomaron 35 muestras en 7 estaciones (25, 26, 33, 35, 42, 43 y 52), en las cuales se determinaron 19 taxones, incluyendo 16 especies y 3 géneros. La estación 42a presentó el mayor número de taxones con 10 especies identificadas, mientras que la estación 43 tuvo una ausencia casi total de organismos en todas las profundidades muestreadas.

La estación 52 destacó con un máximo total de 12 taxones, de los cuales 10 especies se determinaron a los 80 m. Cabe destacar que se encontraron cocolitofóridos en casi todas las estaciones oceánicas, excepto en la estación 26 en aguas superficiales a los 5 m.

7.2.1.2 Zona Grijalva-Usumacinta

En la zona Grijalva-Usumacinta se tomaron 11 muestras en 2 estaciones (140 y 132), en las cuales se determinaron 16 taxones, incluyendo 12 especies y 4 géneros. La estación 132 presentó 8 taxones a 65 m y la estación 140 presentó 9 taxones a 35 m.

7.2.1.3 Zona de Coatzacoalcos

En la zona de Coatzacoalcos se tomaron 14 muestras en 3 estaciones (193, 204 y 216), en las cuales se determinaron 18 taxones, que incluyen 17 especies y 1 género. La estación 193 sobresale con 8 taxones a 5 m y 7 taxones a 50 m.

7.3 DIVERSIDAD

La diversidad ecológica en el fitoplancton marino se refiere a la variedad de especies de fitoplancton que se encuentran en un área determinada y a las diferencias en su abundancia y distribución espacial. La diversidad en este estudio se estimó a través de diferentes índices, como el índice de Shannon-Wiener, Pielou y de dominancia que toman en cuenta tanto la riqueza de especies como la equitatividad en su distribución (Tabla IV). Estos índices se aplicaron por estación de muestreo utilizando el programa estadístico PAST.

El número de especies por estación de muestreo varió desde un mínimo de 3 especies encontradas en la estación 43 hasta un máximo de 14 especies en la estación 140. Se obtuvo un aumento en la diversidad en las estaciones 52, 132, 140 y 193. En la zona oceánica, se identificaron 8 especies y 1 género en la estación 25, 7 especies y 1 género en la estación 26, 7 especies en la estación 33, 7 especies en la estación 35, 10 especies en la estación 42a, 3 especies en la estación 43, y 5 especies y un género en la estación 52.

Tabla IV Parámetros de la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México – PROMEBIO VI

Est.	Prof.	N. especies	Cel/l	Índice de diversidad			T°	S ‰	Especie más abundante	Especie que resalta
				H'n	J	Domin				
25	5	4	5428	0.37	0.19	0.90	28.98	36.63	<i>E. huxleyi</i>	<i>R. xiphos</i>
	20	1	1564	0.00	0.00	1.00	28.85	36.64	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
	45	4	5152	1.12	0.56	0.58	25.53	35.92	<i>E. huxleyi</i>	<i>M. elegans</i>
	60	4	2484	1.45	0.72	0.48	22.24	36.25	<i>E. huxleyi</i>	<i>M. elegans</i>
	80	4	1932	1.22	0.61	0.55	21.04	36.41	<i>E. huxleyi</i>	<i>H. perplexus</i>
26	5	0	0	0.00	0.00	0.00	29.02	36.518	ninguna	ninguna
	20	1	368	0.00	0.00	1.00	28.64	36.43	<i>R. clavijera</i>	<i>R. clavijera</i>
	40	3	644	1.38	0.87	0.43	24.97	36.12	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
	60	4	736	1.55	0.78	0.44	22.32	36.24	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracolithus sp.</i>
	80	5	11040	0.87	0.37	0.72	21.17	36.43	<i>E. huxleyi</i>	<i>F. profunda</i>
33	5	6	3404	2.02	0.78	0.30	29.12	36.6557	<i>E. huxleyi</i>	<i>Corisphaera sp.</i>
	20	5	3496	1.41	0.61	0.53	29.02	36.7376	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. irregularis</i>
	40	7	4600	1.81	0.65	0.42	27.14	35.9988	<i>E. huxleyi</i>	<i>R. clavijera</i>
	60	4	2300	1.52	0.76	0.43	23.68	36.2581	<i>E. huxleyi</i>	<i>H. carteri</i>
	80	3	1380	0.70	0.44	0.76	22.42	36.3692	<i>E. huxleyi</i>	<i>S. pulcra</i>
35	5	2	460	0.97	0.97	0.52	29.53	36.67	<i>E. huxleyi</i>	<i>D. tubifera</i>
	20	1	736	0.00	0	1.00	29.02	36.61	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>
	40	4	1012	1.69	0.84	0.37	24.86	36.22	<i>E. huxleyi</i>	<i>H. carteri</i>
	60	4	736	1.75	0.88	0.34	23.57	36.30	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>
	80	6	1656	1.99	0.77	0.35	22.44	36.32	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>
42a	5	3	2024	0.53	0.34	0.83			<i>E. huxleyi</i>	<i>D. tubifera</i>
	20	4	2760	0.77	0.38	0.76			<i>E. huxleyi</i>	<i>S. pulcra</i>
	35	7	12972	2.06	0.73	0.34	29.07	36.62	<i>E. huxleyi</i>	<i>H. hyalina</i>
	60	3	2024	0.70	0.44	0.76	25.37	35.89	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera sp.</i>
	80	5	15916	1.29	0.56	0.52	22.90	36.29	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. tenius</i>
43	5	0	0	0.00	0.00	0.00	29.40	36.52	Ninguna	Ninguna
	20	2	276	0.92	0.92	0.55	28.91	36.51	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>
	40	2	276	0.92	0.92	0.55	27.20	36.29	<i>E. huxleyi</i>	<i>P. discopora</i>
	65	1	92	0.00	0.00	1.00	22.85	36.28	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>
	80	1	184	1.00	1.00	0.50	21.29	36.40	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>

Tabla IV. Parámetros de la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México – PROMEBIO VI (continuación)

Est.	Prof.	No. Especies	Cél/L	Índice de diversidad			T°	S ‰	Especie más abundante	Especie que resalta
				H'n	J	Domin				
52	5	5	5060	1.93	0.83	0.31	30	36.7	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syacosphaera</i> sp.
	20	8	15640	2.58	0.86	0.19	29	36.6	<i>G. oceanica</i>	<i>C. cristatus</i>
	40	6	13432	2.23	0.86	0.27	26	36.1	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. tenius</i>
	60	8	3772	2.71	0.90	0.18	24	36.3	<i>E. huxleyi</i>	<i>P. discopora</i>
	80	10	3128	3.14	0.94	0.13	22	36.4	<i>E. huxleyi</i>	<i>M. elegans</i>
132	5	5	2852	1.70	0.73	0.37			<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
	25	5	3680	1.97	0.85	0.28			<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracolithus</i> sp.
	50	6	5796	1.72	0.66	0.37			<i>E. huxleyi</i>	<i>H. carteri</i>
	65	8	7820	2.17	0.72	0.28			<i>G. oceanica</i>	<i>C. pelagicus</i>
140	5	6	2668	1.99	0.77	0.31			<i>G. oceanica</i>	<i>C. pelagicus</i>
	35	9	3864	2.64	0.83	0.2			<i>G. oceanica</i>	<i>Corisphaera</i> sp.
	45	5	4048	1.59	0.69	0.42			<i>E. huxleyi</i>	<i>Poritectolithus</i> sp.
	60	5	4692	1.07	0.46	0.62			<i>E. huxleyi</i>	<i>Algirosphaera</i> sp.
	100	7	2852	2.33	0.83	0.24			<i>G. oceanica</i>	<i>U. sibogae</i>
193	5	8	10212	1.78	0.59	0.38			<i>G. oceanica</i>	<i>A. brasiliensis</i>
	15	4	11592	0.85	0.42	0.72			<i>G. oceanica</i>	<i>E. huxleyi</i>
	30	6	15824	1.44	0.56	0.51			<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
	50	7	3956	1.65	0.59	0.46			<i>E. huxleyi</i>	<i>H. hyalina</i>
	80	5	1840	1.74	0.75	0.4			<i>E. huxleyi</i>	<i>F. profunda</i>
204	5	5	2024	1.79	0.77	0.39			<i>E. huxleyi</i>	<i>H. carteri</i>
	20	5	3864	1.50	0.64	0.47			<i>E. huxleyi</i>	<i>R. clavigera</i>
	45	5	4140	1.36	0.59	0.49			<i>E. huxleyi</i>	<i>B. brasiliensis</i>
	60	6	4692	1.72	0.66	0.42			<i>E. huxleyi</i>	<i>M. elegans</i>
	80	3	1012	1.54	0.97	0.35			<i>E. huxleyi</i>	<i>F. profunda</i>
216	5	4	5980	0.58	0.29	0.83			<i>E. huxleyi</i>	<i>C. leptoporus</i>
	10	2	460	0.72	0.72	0.68			<i>E. huxleyi</i>	<i>C. pelagicus</i>
	18	4	16744	0.42	0.21	0.88			<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>
	34	3	2484	0.46	0.29	0.86			<i>E. huxleyi</i>	<i>C. cristatus</i>

7.4 ABUNDANCIA Y VARIABLES AMBIENTALES

La abundancia de cocolitofóridos de manera general fue baja que fueron desde cero hasta 1.6×10^4 cél l⁻¹ en época de lluvias y desde cero hasta 4.9×10^4 cél l⁻¹ en invierno o “Nortes” como en la mayoría de las zonas subtropicales

7.4.1 Zona oceánica

En la estación 25 (Fig. 6), de la zona oceánica, la especie más abundante en todas las profundidades fue *E. huxleyi*, destacando su presencia a 5 m y 45 m, a los 20 m fue la única especie presente. Se observaron dos picos de abundancia en las aguas superficiales, con una concentración de 5.4×10^3 cél l⁻¹ a 5 m y de 5.1×10^3 cél l⁻¹ a 45 m. La segunda especie más abundante fue *S. pulchra*, con una concentración de 1×10^3 cél l⁻¹ a 45 m, mientras que las demás especies presentes mostraron una representación mínima.

Los intervalos de temperatura oscilaron entre 29 °C a 5 m y se mantuvieron hasta los 40 m donde se presentó la termoclina, posteriormente, la temperatura fue disminuyendo hasta los 21 °C a los 80 m. Los picos de N-NO₄ coinciden con los máximos de abundancia mientras que en los mínimos coincidieron el P-PO₄, N-NO₃ y N-NO₄ a los 80 m de profundidad.

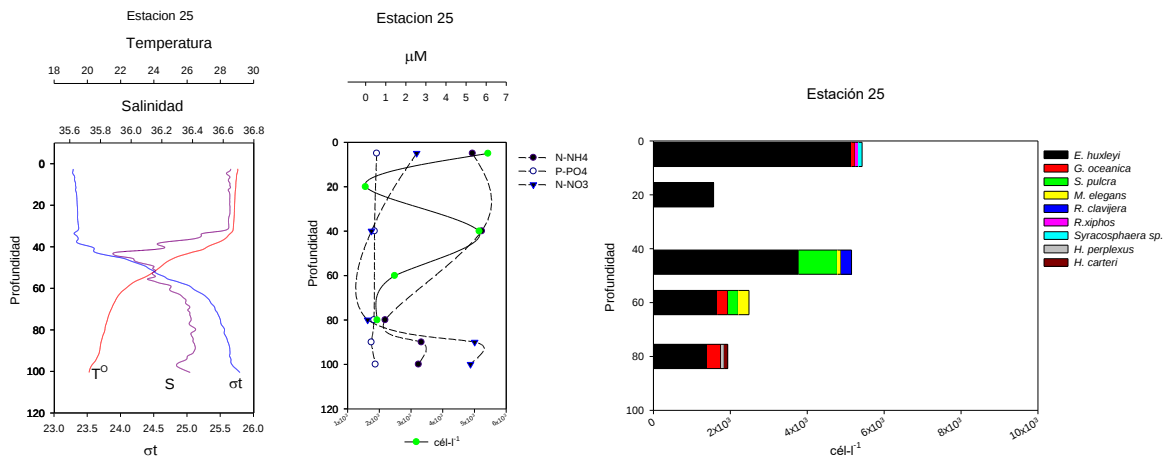


Figura 7. Est. 25 Variables ambientales T (°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 26 (Fig. 7.5) el mayor pico de abundancia fue a los 80 m, predominó *E. huxleyi* con 9.2×10^3 cél l⁻¹ seguida de *F. profunda* la cual fue representativa de estar a estas profundidades (Fig. 7).

Por otro lado, en los 5, 20, 40 y 60 m la cantidad de cél l⁻¹ fue casi 0. La temperatura superficial fue de 29 °C desde los 5 m hasta las 40 m donde se presentó la termoclina y disminuyó hasta los 21.1 °C a los 80 m que fue la profundidad donde se observó la mayor abundancia de cél l⁻¹. Resalta que el máximo de abundancia coincide con el máximo de nitritos a 80 m siendo el único nutriente que tiene esta característica.

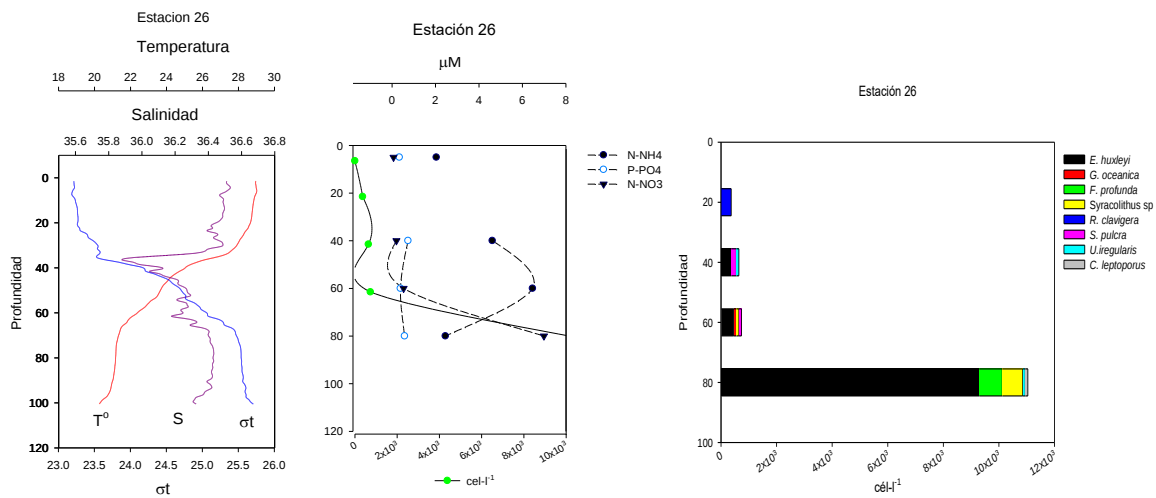


Figura 8. Est. 26 Variables ambientales T (°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 33 (Fig. 8), la abundancia de organismos fue baja, comenzando a aumentar a partir de los 5 m y alcanzando su pico máximo a los 40 m, para luego disminuir de nuevo a los 80 m. La especie predominante fue *E. huxleyi* presente en todas las profundidades con su mayor abundancia a los 40 m con 2.8×10^3 cél l⁻¹. A los 5 m, *D. tubifera* presentó una cantidad similar a la de *E. huxleyi*, con 1.2×10^3 cél l⁻¹.

Sin embargo, su presencia fue insignificamente mayor y poco significativa a los 40 m. Lo anterior coincide con *S. pulchra* que también estuvo presente en todas las profundidades, con poca relevancia, pero su presencia fue poco significativa.

Los rangos de temperatura en la estación 33 fueron de los 29 °C a los 5 m manteniéndose constante hasta los 40 m. La mayor cantidad de especies para la estación y mayor cantidad de cél l⁻¹ coincidió con la termoclina (40 m) para posteriormente disminuir hasta los 22 °C en los 80 m.

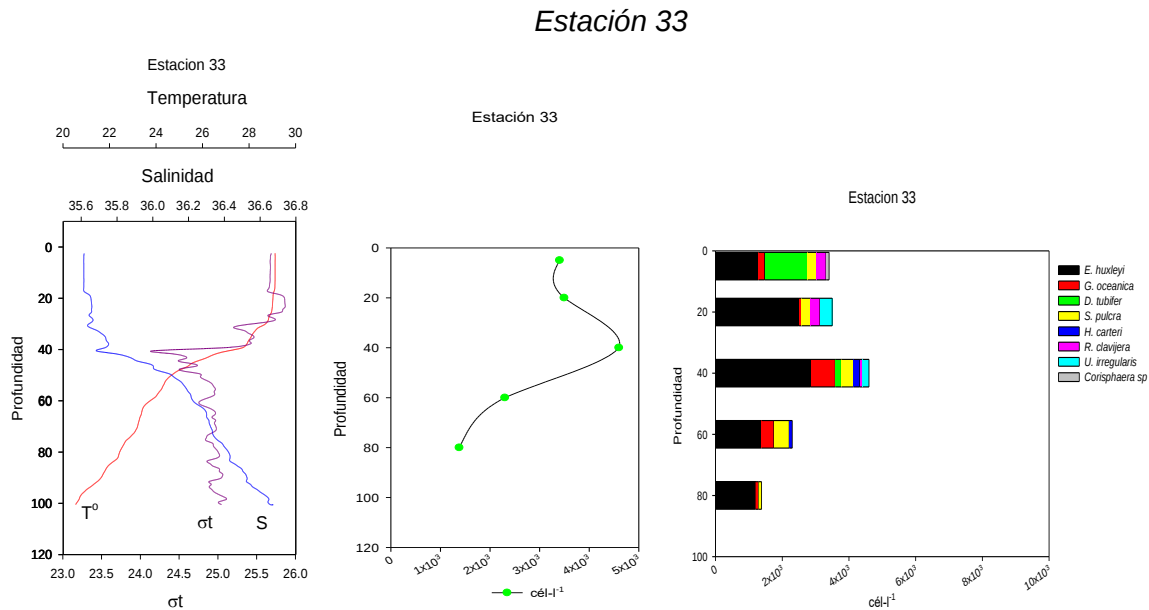


Figura 9. Est. 33 Variables ambientales T (°C), S (‰), nutri abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 35 (Fig. 9), se observó una baja abundancia de organismos, de las cuales, *E. huxleyi* fue la especie presente en todas las profundidades con cantidades mínimas de células, alcanzó un máximo de 9.2×10^2 cél l⁻¹ a 80 m y un mínimo de 184 cél l⁻¹ a 60 m. Otras especies como *G. oceanica*, *S. pulchra* y *M. elegans* estuvieron presentes, pero su contribución a la abundancia fue baja.

Las temperaturas se mantuvieron estables en 29.5 °C desde los 5 m hasta los 40 m donde se presentó la termoclina para luego disminuir gradualmente hasta llegar a los 22 °C a los 80 m, donde se encontró la mayor cantidad de células y especies. El máximo de cél l⁻¹ coincidió con el máximo de amonio a los 80 m.

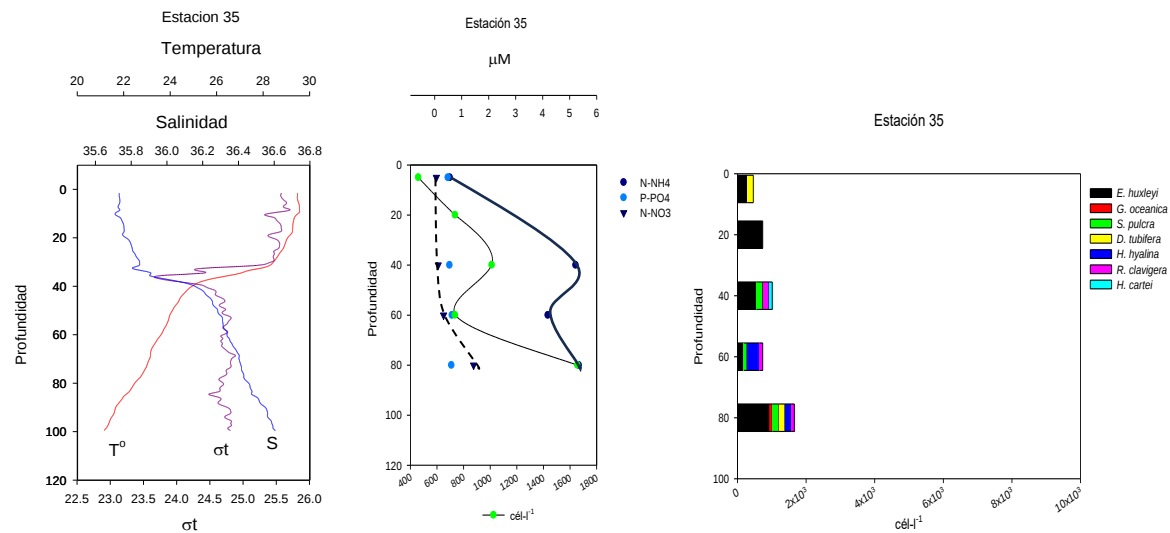


Figura 10. Est. 35 Variables ambientales T (°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 42a (Fig. 10) la abundancia se alternó a lo largo de la columna de agua siendo *E. huxleyi* y *G. oceanica* las que estuvieron presentes en todas las profundidades. A los 5 m, la abundancia fue baja, pero aumentó a medida que descendió la profundidad, alcanzó un primer pico a los 35 m donde se encentraron la mayor riqueza de especies, con un total de 7 especies y una abundancia total de 1.2×10^4 cél l⁻¹, donde *E. huxleyi* contribuyó con 6.9×10^3 cél l⁻¹ y las demás especies con el resto. Se observó un segundo pico a los 80 m con una aportación de *E. huxleyi* de 1.1×10^4 cél l⁻¹ la cual es la mayor abundancia individual de la estación, seguida de *G. oceanica* de 2.9×10^3 cél l⁻¹ y como especie secundaria *F. profunda* con 1.7×10^3 cél l⁻¹.

La temperatura en la superficie fue de 29 °C y se mantuvo constante hasta 40 m donde se presentó una primera termoclina y coincidió con la mayor riqueza de especies. A los 60 m se observó una segunda termoclina o termoclina secundaria, donde la abundancia disminuyó de manera abrupta. A los 80 m se ubicó la mayor abundancia de la estación donde apareció *F. profunda*, junto con otras 4 especies.

A los 35 m coincidió el amonio con el primer pico de abundancia y a los 80 m se repitió la situación y se encontró el máximo de los nitritos.

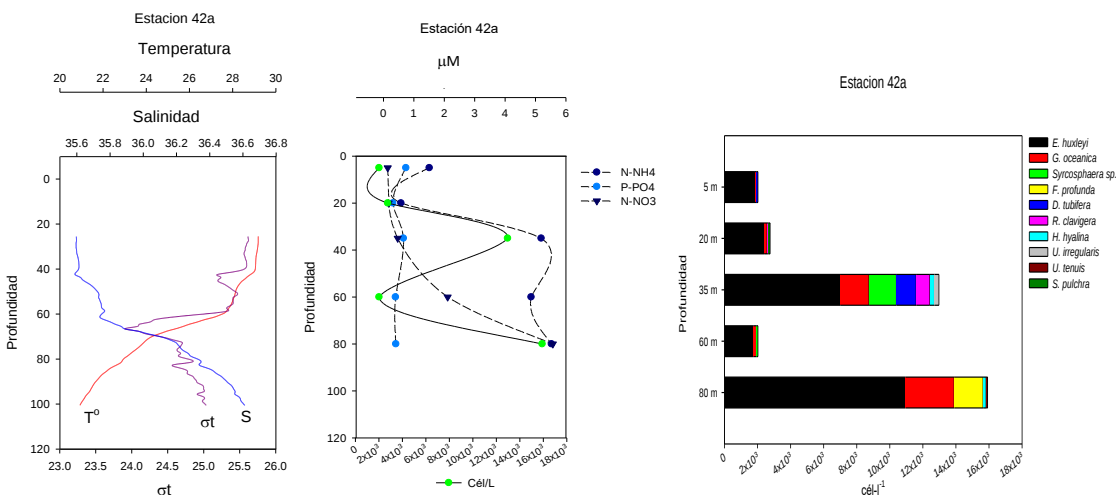


Figura 11. Est. 42a Variables ambientales T (°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 43 (Fig. 11) se observó una escasa presencia de organismos, solo hubo presencia de tres especies: *E. huxleyi*, *G. oceanica* y *P. discopora*.

La temperatura a 5 m fue de 29 °C y se mantuvo homogénea hasta los 40 m donde se encontró la termoclina, posteriormente descendió hasta los 22 °C a los 80 m. Los nutrientes estuvieron muy bajos en esta estación en comparación a las otras estaciones.

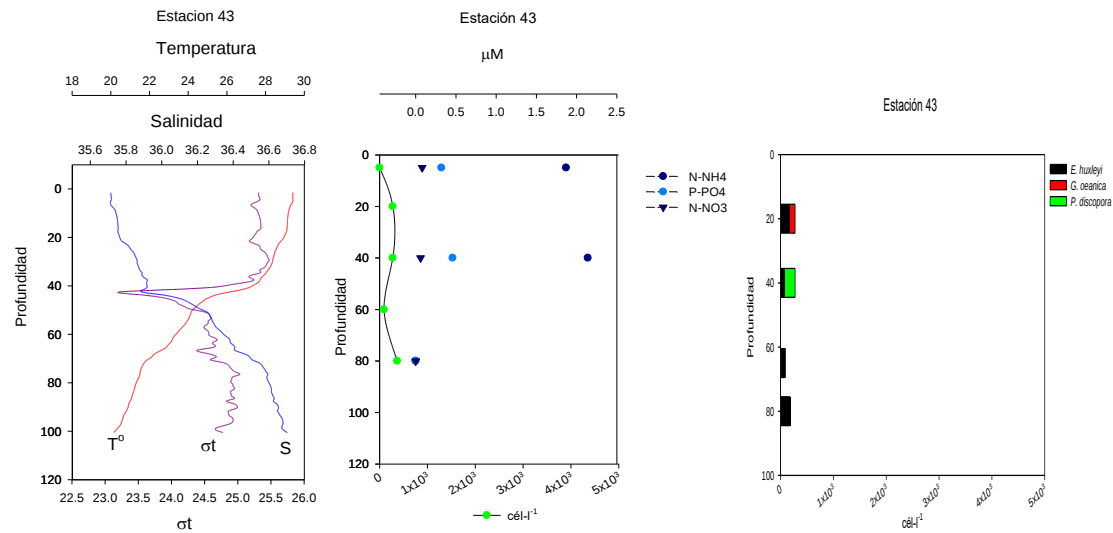


Figura 12. Est. 43 Variables ambientales T ($^{\circ}C$), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie ($cél\ l^{-1}$).

La estación 52 (Fig. 12) presentó una abundancia máxima a los 20 m, con una mayor heterogeneidad en cuanto a las especies presentes. *G. oceanica* fue la más abundante con 4×10^3 cél l⁻¹ seguida de *E. huxleyi* con 3.8×10^3 cél l⁻¹. Otras especies como *R. clavigera*, *U. tubifera* y *Syracosphaera* sp., también estuvieron presentes, siendo esta última la que estuvo en menor cantidad en todas las profundidades.

Se observó otro pico en abundancia a los 40 m y de nuevo destacaron *E. huxleyi* y *G. oceánica*, que fueron las más numerosas, junto con especies secundarias como *Syracosphaera* sp., *R. clavigera* y *D. tubifera*. A los 80 m se presentó la menor abundancia de toda la estación, pero con la mayor cantidad de especies, en total 10.

En cuanto a la temperatura ésta fue de 29 °C, y se mantuvo homogénea desde la superficie hasta los 40 m donde se encontró la termoclina, posteriormente descendió hasta los 22 °C a los 80 m. En cuanto a los nutrientes, se observó que el pico máximo de riqueza con 10 especies a los 80 m cuyo registro coincidió con los máximos de amonio y nitritos.

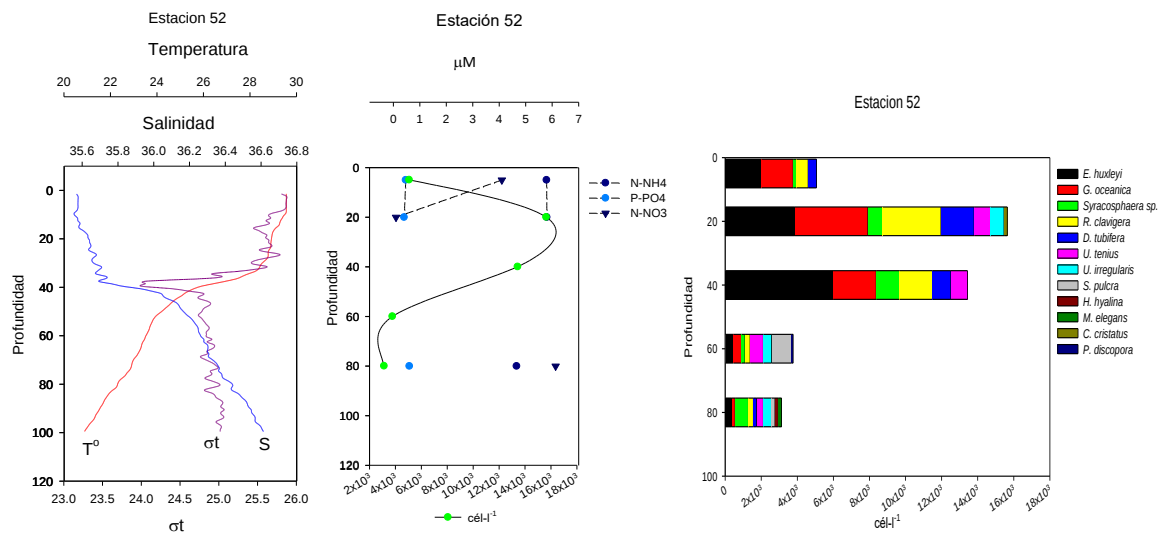


Figura 13. Est. 52 Variables ambientales T (°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

7.4.2 Zona Grijalva-Usumacinta

En la estación 132 (Fig. 13), se observó un aumento progresivo de la abundancia desde la superficie hasta alcanzar el pico máximo a los 65 m de profundidad. *E. huxleyi*, *G. oceanica* y *Syracosphaera* sp. estuvieron presentes en todas las profundidades, siendo *G. oceanica* la que más abunda a los 65 m con 2.8×10^3 cél l⁻¹, seguida de *E. huxleyi* con 2.6×10^3 cél l⁻¹, y *F. profunda* como especies secundaria. *Syracosphaera* sp. tuvo abundancias muy bajas, pero constantes a lo largo de la columna de agua.

A 50 m de profundidad, se observa un comportamiento similar en la abundancia, se observó que *E. huxleyi* y *G. oceánica* fueron las especies más numerosas. Cabe destacar que esta estación se distinguió por presentar una de las mayores riquezas de especies, con un total de 12 especies encontradas.

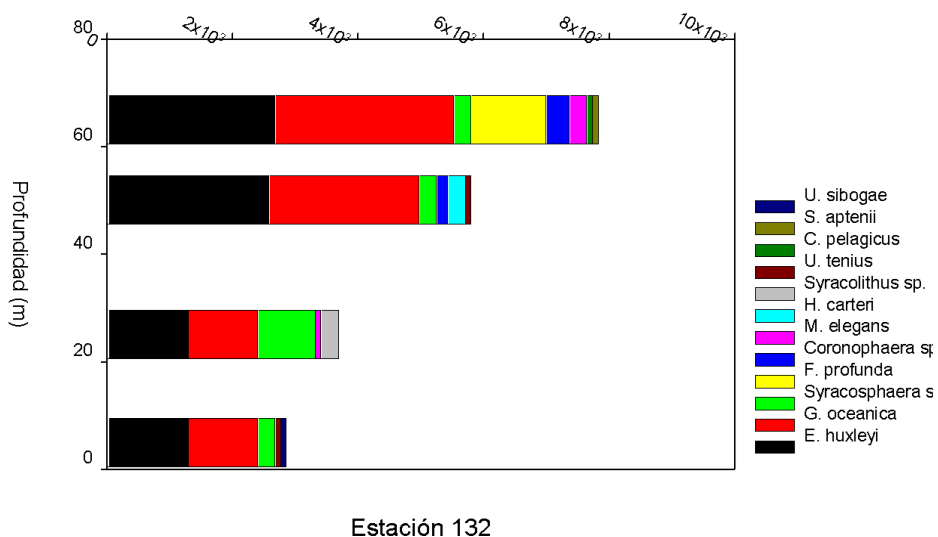


Figura 14. Estación 132 Abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 140 (Fig. 14), la distribución de la abundancia fue relativamente homogénea con un aumento progresivo desde la superficie hasta los 60 m, seguido de una disminución a los 80 m. A los 60 m, se observa una mayor abundancia de *E. huxleyi* con 3.5×10^3 cél l⁻¹, seguida de *G. oceánica* con 8.2×10^2 cél l⁻¹. A los 35 metros, se encontró la mayor riqueza de la estación con 9 especies y una abundancia total de 3.8×10^3 cél l⁻¹.

A los 100 m, aunque la abundancia es mínima, se encontraron 7 especies diferentes, lo que convirtió a esta estación en la que presenta la mayor diversidad de especies, con un total de 14, a pesar de su baja abundancia.

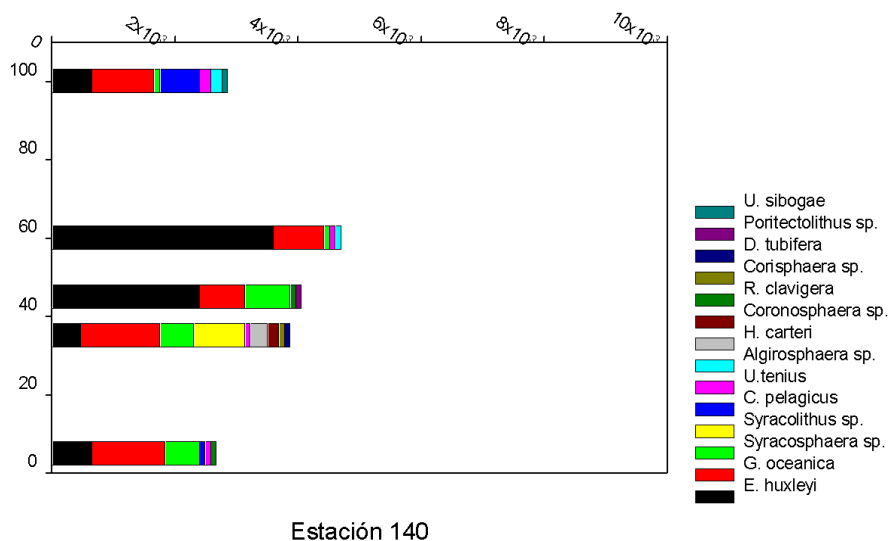


Figura 15. Estación 140 Abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

7.4.3 Zona Coatzacoalcos

En la estación 193 (Fig. 15), se observó una abundancia significativamente mayor en comparación con las demás estaciones. La abundancia inició desde la superficie a 5 m, y aumentó gradualmente hasta los 30 m donde se alcanzó el máximo. *E. huxleyi* y *G. oceanica* fueron las que más abundan en estas profundidades, aunque estuvieron presentes en todas las muestras al igual que *Syracosphaera* sp. y *U. tenuis*.

Destacó el hecho de que a 5 y 15 m *G. oceanica* presentaron una mayor abundancia que *E. huxleyi*, además de que *F. profunda* tuvo mayor abundancia en los 80 m de profundidad. En esta estación se encontró un total de 12 taxones a lo largo de la columna de agua, lo que la convirtió la segunda estación con mayor número de especies presentes.

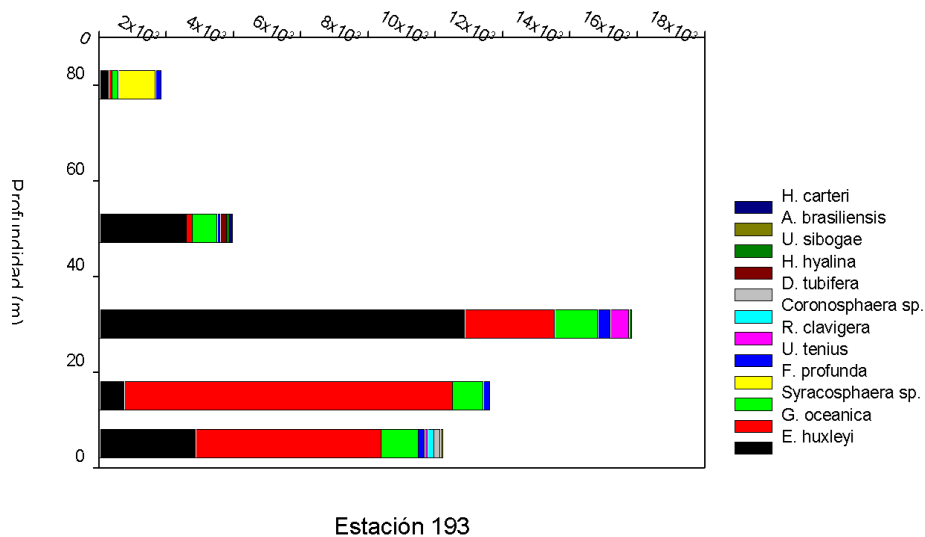


Figura 16. Estación 193 Abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 204 (Fig. 16), se observó un incremento gradual en la abundancia desde la superficie a los 5 m de profundidad, hasta alcanzar su máximo a los 60 m.

En este punto, se encontró un máximo de abundancia con *E. huxleyi* como la especie más cuantiosa con una cantidad de 2.8×10^3 cél l⁻¹. Se destaca que *E. huxleyi* estuvo presente en todas las profundidades muestreadas. Por otro lado, se registraron dos taxones secundarios en esta estación, *Syracosphaera sp*, que estuvo presente a los 20 y 45 m de profundidad y *F. profunda*, que se encontró en los 60 y 80 m.

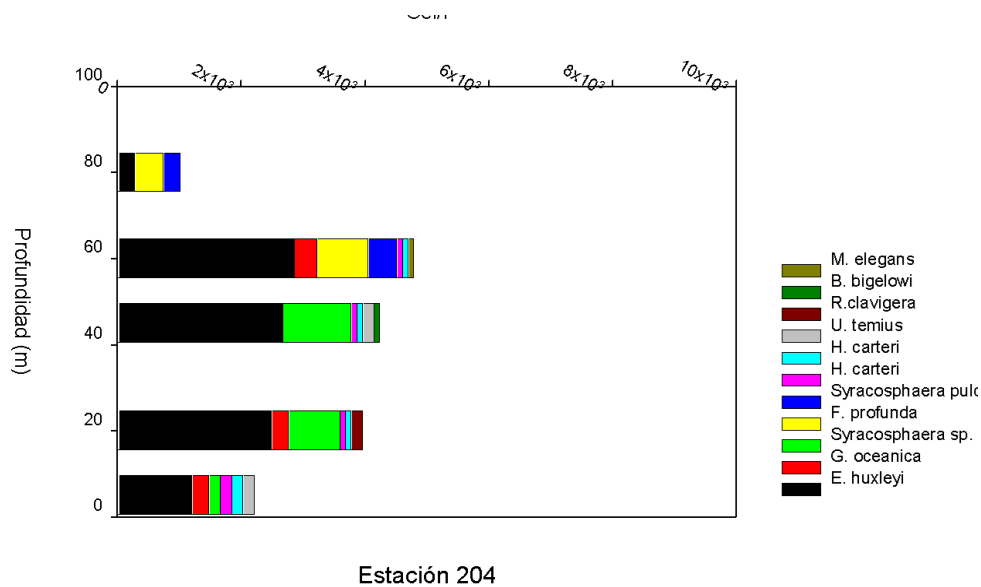


Figura 17. Estación 204 Abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 216 (Fig. 17), se observó una alternancia de picos de abundancia, siendo *E. huxleyi* la especie predominante en todas las profundidades.

El primer pico se presentó a los 5 m de profundidad con una cantidad de $5.9 \times 10^3 \text{ cél l}^{-1}$. El que el segundo pico se encuentra a los 18 m con una cantidad mayor de $1.6 \times 10^4 \text{ cél l}^{-1}$. En cuanto a las demás especies presentes, ninguna de ellas fue significativa en cuanto a su abundancia.

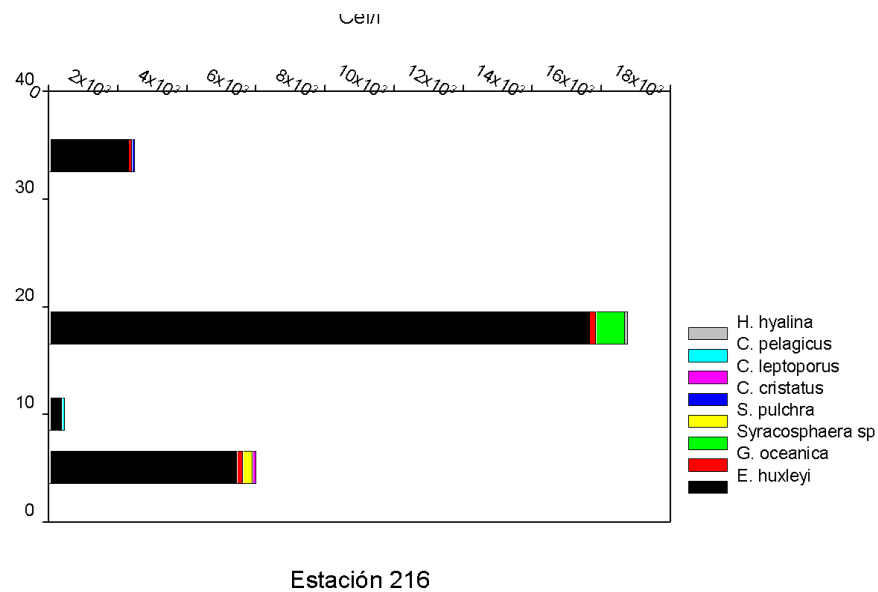


Figura 18. Estación 216 Abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

7.5 ABUNDANCIA TOTAL POR ESTACIÓN

7.5.1 Zona Oceánica

Se observaron abundancias totales de 4.1×10^4 cél l⁻¹ como máximo en la estación 52 y de 823 cél l⁻¹ como mínimo en la estación 43. *E. huxleyi* tuvo una presencia constante, sus abundancias fueron de 2.4×10^4 en la estación 42a a tan solo 552 cél l⁻¹ sin embargo en la estación 43, *G. oceanica* fue la segunda especie más cuantiosa en la zona encontrando 8.8×10^3 cél l⁻¹ en la estación 52 a solo de 92 cél l⁻¹ en las estaciones 26, 35, y 43.

Resaltaron *R. clavigera* con 6.2×10^3 cél l⁻¹ y *Syracosphaera* sp. con 3.3×10^3 en la estación 52 que a pesar de ser mínimas sus abundancias sobresalen por sobre el resto de las demás especies donde su abundancia se consideró despreciable (Tabla V).

7.5.2 Zona de Grijalva-Usumacinta

Se observaron abundancias totales de 2×10^4 cél l⁻¹ en la estación 132 y de 1.8×10^4 cél l⁻¹ en la estación 140. *E. huxleyi* fue la especie más abundante con 7.8×10^3 cél l⁻¹ en la estación 132 y 7.7×10^3 cél l⁻¹ y en la estación 140. En ambas estaciones, *G. oceánica* ocupó el segundo lugar con 7.4×10^3 cél l⁻¹ y 5×10^3 cél l⁻¹, respectivamente, y destacó la presencia de *Syracosphaera* sp. como especie secundaria con 1.7×10^3 en la E. 132 y 2×10^3 en la E.140.

7.5.3 Zona de Coatzacoalcos

La estación 204 tuvo 1.57×10^4 cél l⁻¹, siendo la más baja de la zona, seguida de la estación 216 con 2.5×10^4 cél l⁻¹ y por último la estación 193 con 4.3×10^4 cél l⁻¹ siendo esta ultima la que más organismos se contaron. De este total destacó el hecho de que, por única vez en todo el muestreo, en la estación 193 *G. oceanica* fue un poco más abundante con 1.8×10^4 cél l⁻¹ que *E. huxleyi* con 1.7×10^4 cél l⁻¹; mientras que en la estación 204 *E. huxleyi* alcanzó una abundancia de 9.4×10^3 cél l⁻¹ y *Syracosphaera* sp. fue la que le siguió con 2×10^3 cél l⁻¹ y *G. oceanica* tuvo cantidades despreciables.

En la estación 216 *E. huxleyi* con 2.4×10^4 cél l⁻¹ fue la única especie que sobresalió, pero de manera general siguió manteniéndose la baja abundancia de organismos.

Tabla V Abundancias totales (cél l⁻¹) por estación durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VI

		Estaciones											
		25	26	33	35	42a	43	52	132	140	193	204	216
1	<i>E. huxleyi</i>	13524	10120	9200	2668	23920	552	12696	7820	7728	17296	9476	23736
2	<i>G. oceanica</i>	736	92	1472	92	5152	92	8832	7452	5060	18216	920	460
3	<i>Syracosphaera</i> sp.	92	0	0	0	1748	0	3220	1748	2024	4232	2116	828
4	<i>R. clavigera</i>	276	368	644	368	920	0	6256	0	184	644	184	0
5	<i>D. tubifera</i>	0	0	1472	368	1288	0	3496	0	92	184	0	0
6	<i>F. profunda</i>	0	828	0	0	1748	0	0	1196	0	1104	1288	0
7	<i>S. pulchra</i>	1288	276	1472	460	92	0	1288	0	0	0	736	276
8	<i>U. tenuis</i>	0	0	0	0	92	0	2944	184	460	1012	368	0
9	<i>U. irregularis</i>	0	184	552	0	276	0	1656	0	0	0	0	0
10	<i>Syracolithus</i> sp.	0	828	0	0	0	0	0	276	828	0	0	0
11	<i>H. carteri</i>	92	0	276	92	0	0	0	276	276	92	460	0
12	<i>H. hyalina</i>	0	0	0	552	460	0	184	0	0	184	0	92
13	<i>M. elegans</i>	368	0	0	0	0	0	184	368	0	0	92	0
14	<i>C. pelagicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	92	736	0	0	92
15	<i>Coronosphaera</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	552	184	184	0	0
16	<i>U. sibogae</i>	0	0	0	0	0	0	0	92	92	184	0	0
17	<i>Algirosphaera</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	276	0	0	0
18	<i>C. cristatus</i>	0	0	0	0	0	0	184	0	0	0	0	92
19	<i>P. discopora</i>	0	0	0	0	0	184	92	0	0	0	0	0
20	<i>C. leptoporus</i>	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
21	<i>Corisphaera</i> sp.	0	0	92	0	0	0	0	0	92	0	0	0
22	<i>A. brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0
23	<i>B. bigelowi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0
24	<i>H. perplexus</i>	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	<i>Poritectolithus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0
26	<i>R. xiphos</i>	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	<i>S. apstenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0
TOTAL		16560	12788	15180	4600	35696	828	41032	20148	18124	43424	15732	25668

7.6 DOMINANCIA

De todos los taxones determinados en esta campaña, *E. huxleyi*, fue la especie dominante y más frecuente, ya que apareció en todas las estaciones, aún en la estación 43 donde la presencia de cocolitofóridos fue casi nula. *G. oceánica* fue la segunda especie que más dominó con densidades variables, pues estuvo presente en todas las estaciones.

Entre las especies secundarias, que fueron medianamente frecuentes son *Syracosphaera* sp., *R. clavigera*, *D. tubifera*, *F. profunda*, *S. pulchra* y *U. tenuis*. (Fig. 18)

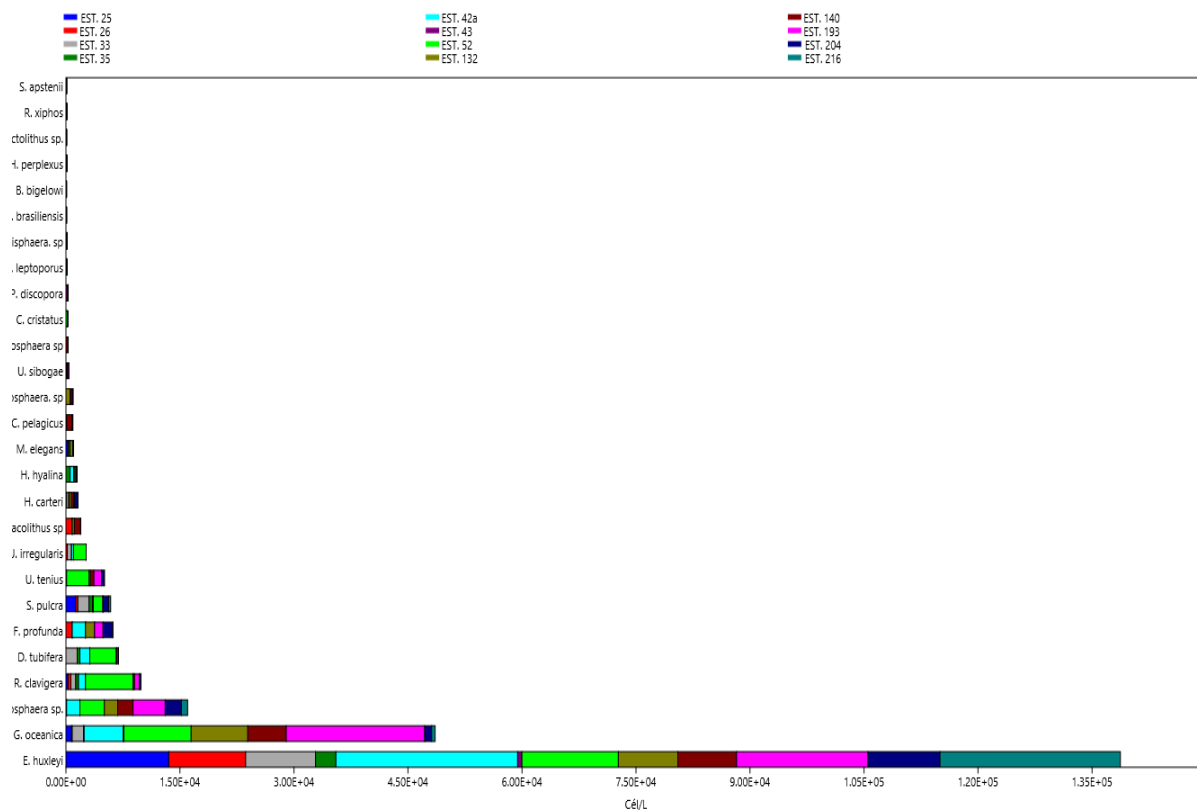


Figura 19. Abundancia total y por especie (cél l⁻¹), y por estación. Campaña Oceanográfica PROMEBIO VI

7.6.1 ABUNDANCIAS RELATIVAS

Del total de muestras revisadas *E. huxleyi* tuvo un 56% de frecuencia por lo que fue la especie más común en la campaña, seguida de *G. oceanica* con un 19%. También estuvo la presencia de especies secundarias como *Syracosphaera* sp. (6%), *R. clavigera* (4%), *D. tubifera* (3%), *S. pulchra* (2%), *F. profunda* (2%) y *U. tenuis* (2%). Las cantidades del resto de las especies no fueron significativas. En 8 estaciones (25, 26, 33, 35, 42^a, 43, 204 y 216) *E. huxleyi* tuvo una frecuencia mayor que el promedio, entre 58% y 92%, mientras que en otras 4 estaciones (52, 132, 140 y 193) fue inferior al 43% llegando hasta el 31%.

Por parte de *G. oceanica* en ninguna de las estaciones paso del 30% pero aun así fue suficiente para tener el 19% del conteo total. Las abundancias relativas por estación siguieron la misma tendencia, de las cuales fueron *E. huxleyi* y *G. oceánica* las que más abundaron. (Tabla VI)

Tabla VI Abundancias absolutas y relativas (%) por estación durante la campaña oceanográfica. PROMEBIO VI

ABUNDANCIAS RELATIVAS PROMEBIO VI (INVIERNO)																										
	EST. 25		EST. 26		EST. 33		EST. 35		EST. 42a		EST. 43		EST. 52		EST. 132		EST. 140		EST. 193		EST. 204		EST. 216		TOTAL	
<i>E. huxleyi</i>	13524	82%	10120	79%	9200	61%	2668	58%	23920	67%	552	67%	12696	31%	7820	39%	7728	43%	17296	40%	9476	60%	23736	92%	138736	56%
<i>G. oceanica</i>	736	4%	92	1%	1472	10%	92	2%	5152	14%	92	11%	8832	22%	7452	37%	5060	28%	18216	42%	920	6%	460	2%	48576	19%
<i>Syracosphaera</i> sp.	92	1%	0	0%	0	0%	0	0%	1748	5%	0	0%	3220	8%	1748	9%	2024	11%	4232	10%	2116	13%	828	3%	16008	6%
<i>R. clavigera</i>	276	2%	368	3%	644	4%	368	8%	920	3%	0	0%	6256	15%	0	0%	184	1%	644	1%	184	1%	0	0%	9844	4%
<i>F. profunda</i>	0	0%	828	6%	0	0%	0	0%	1748	5%	0	0%	0	0%	1196	6%	0	0%	1104	3%	1288	8%	0	0%	6164	2%
<i>S. pulchra</i>	1288	8%	276	2%	1472	10%	460	10%	92	0%	0	0%	1288	3%	0	0%	0	0%	0	0%	736	5%	276	1%	5888	2%
<i>U. tenuis</i>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	92	0%	0	0%	2944	7%	184	1%	460	3%	1012	2%	368	2%	0	0%	5060	2%

7.6.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

La distribución de las especies varió según la zona de estudio, aunque algunas especies se superpusieron en dos o tres zonas: zona oceánica (ZO), zona costera Coatzacoalcos (CZT) y zona Grijalva-Usumacinta (GU) en las que fue posible determinar 27 taxones, de los cuales: se determinaron 27 taxones. De estos, 5 se encontraron únicamente en la zona oceánica, mientras que 3 taxones se registraron en la zona Grijalva-Usumacinta y otros 3 en la zona Coatzacoalcos.

Algunas especies se distribuyeron en dos zonas, incluyendo 2 taxones que se encontraron en la ZO y GU, 3 en la ZO y CZT, y 1 en GU y CZT (Fig. 19). Sin embargo, estas especies no fueron significativas en los conteos. Por otro lado, nueve especies se observaron en las tres zonas y se consideraron las más representativas del estudio, a excepción de *M. elegans*.

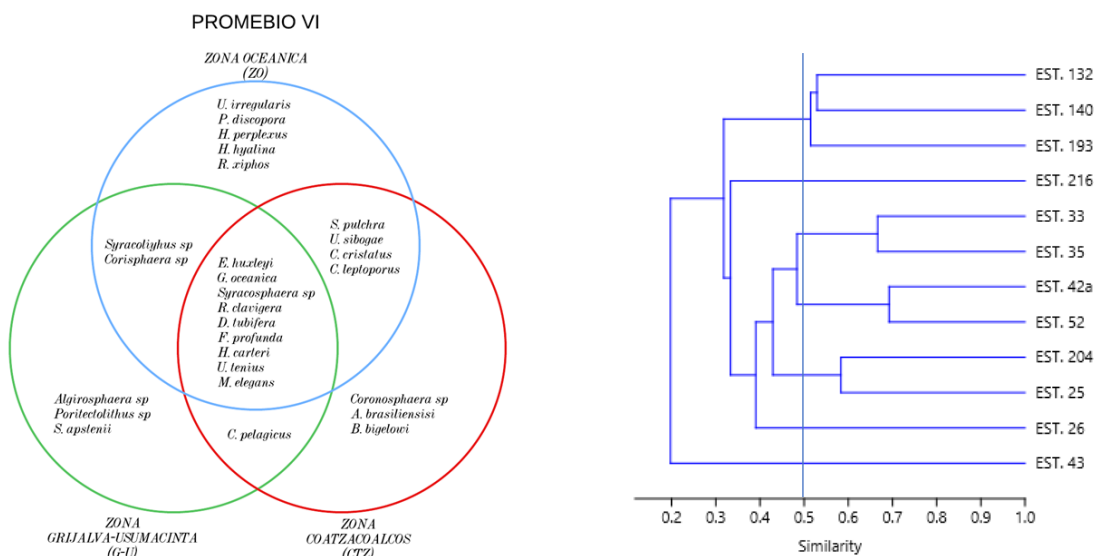


Figura 20. Distribución espacial de especies durante la campaña Oceanográfica PROMEBIO VI (lluvias) y dendrograma del índice de Jaccard. Zona oceánica (ZO), zona costera Coatzacoalcos (CZT) y zona Grijalva-Usumacinta (GU)

7.6.3 DISTRIBUCIÓN VERTICAL

7.6.3.1 Zona oceánica

La distribución vertical tuvo una heterogeneidad con alternancia de “densidades celulares” en la columna de agua. En la estación 25 a 5 m de profundidad, hubo una mayor densidad, de células, que disminuyó a los 20 m, para después casi igualarse a los 45 m y seguir disminuyendo gradualmente.

En general, se observó un comportamiento similar en las demás estaciones oceánicas donde se encontraron las mayores densidades de organismos entre los 20 y 80 m de profundidad. Sin embargo, en las estaciones 26, 33 y 35, las menores densidades se registraron en la subsuperficie.

Por otro lado, se destaca la estación 42a, la cual presentó la mayor densidad de todas las estaciones a una profundidad de 80 m. En contraste, la estación 43 fue la que tuvo una densidad casi nula en comparación con las demás estaciones.

7.6.3.2 Zona Grijalva-Usumacinta

La menor densidad de organismos se encontró en las aguas superficiales, aumentando gradualmente hasta alcanzar la mayor abundancia alrededor de los 60 m de profundidad. Ambas estaciones fueron muy parecidas en cuanto a la abundancia y riqueza de especies.

7.6.3.3 Zona Coatzacoalcos

Por último, en la zona de Coatzacoalcos se registraron abundancias crecientes conforme se desciende en la columna de agua, siendo la estación 204 la que tuvo su máximo a los 60 m de profundidad, mientras que en la estación 193 el máximo estuvo a los 30 m y en la estación 216 a los 18 m las mayores abundancias se registraron en aguas intermedias.

7.7. COMPOSICIÓN PROMEBIO VIII

7.7.1. Época de “Nortes”

Se identificaron 16 especies y 3 géneros en 77 muestras recolectadas de 10 estaciones (Tabla VII), entre las profundidades de 5 a 200 m de las cuales variaron las profundidades en las estaciones frente a los ríos.

Tabla VII Composición de la comunidad de cocolitofóridos (presencia - ausencia) en la campaña PROMEBIO VIII

Especie	Estación									
	12	13	19	20	27	57	58	59	69	85
1 <i>E. huxleyi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 <i>G. oceanica</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X
3 <i>Syracosphaera</i> sp.	X	X		X	X	X	X	X		X
4 <i>U. sibogae</i>	X	X				X	X	X	X	X
5 <i>F. profunda</i>	X	X	X	X	X		X			
6 <i>U. tenuis</i>		X		X			X	X		
7 <i>U. irregularis</i>	X	X	X	X	X		X	X		
8 <i>C. pelagicus</i>		X				X	X	X		
9 <i>H. carteri</i>	X			X		X	X			
10 <i>C. cristatus</i>	X	X		X	X		X	X		X
11 <i>C. murrayi</i>						X	X	X		
12 <i>R. clavigera</i>						X	X	X		
13 <i>H. hyalina</i>								X	X	X
14 <i>D. tubifera</i>	X			X		X				
15 <i>B. bigelowi</i>							X			
16 <i>Algirosphaera</i> sp.						X				
17 <i>C. leptoporus</i>							X			
18 <i>Syphonosphaera</i> sp.	X									
19 <i>T. latericoides</i>						X				

7.7.1.1 Zona oceánica-Cañón de Campeche

En la zona oceánica–Cañón de Campeche, se tomaron 51 muestras en 5 estaciones (12, 13, 19, 20, y 27), en las cuales se determinaron 12 taxones, incluyendo 10 especies y 2 géneros. Se encontraron cocolitofóridos en todas las estaciones oceánicas excepto en aguas superficiales de la estación 27 de los 5 hasta los 60 m. y a partir de los 70 m hasta los 180 m se encontraron 6 especies en las que destacaron *E. huxleyi*. Resalta la estación 13 en aguas superficiales a los 5 m con 6 especies y 1 género contrastando con la estación 20 con un total de 8 taxones encontrados a los 100 m de las cuales son 7 especies y 1 género. En la estación 19 prácticamente tuvo la ausencia de organismos desde los 5 m hasta los 200 m. con 3 especies presentes.

7.7.1.2. Zona Grijalva-Usumacinta

Se tomaron 17 muestras en 3 estaciones (57, 58, y 59) en las cuales se determinaron 18 taxones, incluyendo 16 especies y 2 géneros. La estación 58 presentó 14 taxones de los cuales 13 fueron especies y un género, en esta zona la mayoría de los taxones se encontraron en aguas superficiales y en las muestras más profundas.

7.7.1.3. Zona de Coatzacoalcos

Se tomaron 9 muestras en 2 estaciones (69 y 85) en las cuales se determinaron 6 taxones, que incluyen 5 especies y 1 género. En las 2 estaciones resaltó el hecho de la poca diversidad, pero la abundancia de *E. huxleyi*.

7.7.2 DIVERSIDAD

La diversidad ecológica en el fitoplancton marino se refirió a la variedad de especies de fitoplancton que se encontraron en un área determinada y a las diferencias en su abundancia y distribución espacial. Dicho parámetro se calculó en este estudio a través de diferentes índices, como el de Shannon-Wiener, Pielou y de dominancia que toman en cuenta tanto la riqueza de especies como la equitatividad en su distribución (Tabla VIII). Estos indicadores se aplicaron por estación utilizando el programa estadístico PAST.

Tabla VIII Parámetros de la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México
PROMEBIO VIII

Est.	Prof.	N especies	Cél l ⁻¹	Índice de diversidad			T°	S ‰	Especie más abundante	Especie que resalta
				H'n	J	Domin.				
12	10	4	4692	0.51	0.26	0.85	23.54	36.02	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i> *
12	20	3	9844	0.41	0.26	0.88	23.35	36.08	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
12	40	6	8188	1.07	0.41	0.61	23.33	36.12	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
12	50	6	12604	0.87	0.34	0.74	23.04	36.19	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
12	60	4	16376	0.45	0.22	0.86	22.70	36.20	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
12	80	5	5336	1.52	0.65	0.46	21.37	36.32	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
12	100	3	1472	1.48	0.93	0.38	19.86	36.39	<i>E. huxleyi</i>	<i>F. profunda</i>
12	120	6	3036	2.38	0.92	0.21	18.60	36.33	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
12	150	4	736	1.81	0.91	0.31	16.89	36.14	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
12	180	5	828	2.12	0.91	0.26	15.59	35.97	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
12	200	1	92	0.00		1.00	14.79	35.84	<i>F. profunda</i>	<i>F. profunda</i>
13	10	7	2392	1.80	0.64	0.45	23.79	36.06	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
13	20	3	4692	0.38	0.24	0.89	23.49	36.06	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
13	40	3	23460	0.62	0.31	0.81	23.29	36.07	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
13	60	2	1104	0.81	0.81	0.62	23.11	36.10	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
13	70	5	13984	1.26	0.54	0.58	22.93	36.23	<i>E. huxleyi</i>	<i>F. profunda</i>
13	80	3	4048	1.55	0.98	0.35	21.66	36.26	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
13	100	5	9936	1.80	0.78	0.31	20.48	36.36	<i>F. profunda</i>	<i>U. sibogae</i>
13	120	4	1288	1.84	0.92	0.31	19.05	36.34	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
13	150	3	2392	1.11	0.70	0.57	17.22	36.17	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
13	180	2	184	1.00	1.00	0.50	16.00	36.01	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. irregularis</i>
13	200	2	552	0.92	0.92	0.55	15.25	35.89	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
19	5	1	92	0.00	0.00	1.00	24.02	36.11	<i>E. huxleyi</i>	
19	20	0	0	0.00	0.00	0.00	23.45	36.13	0	0
19	40	1	92	0.00	0.00	1.00	23.24	36.14	<i>U. Irregularis</i>	<i>U. irregularis</i> *
19	60	0	0	0.00	0.00	0.00	23.00	36.16	0	0
19	80	1	460	0.00	0.00	1.00	21.36	36.36	<i>F. profunda</i>	<i>F. profunda</i> *
19	100	0	0	0.00	0.00	0.00	20.05	36.37	0	0
19	120	0	0	0.00	0.00	0.00	18.63	36.33	0	0
19	150	0	0	0.00	0.00	0.00	16.72	36.11	0	0
19	180	1	92	0.00	0.00	1.00	15.70	35.97	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. Huxleyi</i> *
19	200	0	0	0.00	0.00	0.00	15.01	35.86	0	0
20	10	0	0	0.00	0.00	0.00	24.17	36.12	0	0*
20	20	1	92	0.00		1.00	23.67	36.13	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i> *
20	40	1	92	0.00		1.00	23.15	36.12	<i>H. carteri</i>	<i>H. carteri</i> *
20	60	0	0	0.00	0.00	0.00	22.26	36.27	0	0*
20	80	4	7912	0.55	0.27	0.83	20.72	36.36	<i>F. profunda</i>	<i>U. irregularis</i>
20	100	8	19964	2.10	0.70	0.30	19.43	36.39	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i>
20	120	1	92	0.00		1.00	18.08	36.29	<i>H. carteri</i>	<i>H. carteri</i> *
20	150	3	276	1.59	1.00	0.33	16.76	36.12	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. irregularis</i>
20	180	0	0	0.00	0.00	0.00	15.56	35.95	Nada	Nada

Tabla VIII Parámetros de la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México
PROMEBIO VIII (continuación)

Est.	Prof.	N especies	Cél l ⁻¹	Índice de diversidad			T°	S‰	Especie más abundante	Especie que resalta
				H'n	J	Domin				
27	10	0	0	0.00	0.00	0.00	23.43	36.12	0	0*
27	20	0	0	0.00	0.00	0.00	23.44	36.12	0	0*
27	40	0	0	0.00	0.00	0.00	23.45	36.12	0	0*
27	60	0	0	0.00	0.00	0.00	23.18	36.11	0	0*
27	70	1	10028	0.00	0.00	1.00	22.69	36.18	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i>
27	80	1	276	0.00	0.00	1.00	22.49	36.21	<i>E. huxleyi</i>	<i>E. huxleyi</i> *
27	100	4	18584	0.99	0.50	0.65	22.30	36.21	<i>E. huxleyi</i>	<i>F. profunda</i>
27	120	4	3128	1.28	0.64	0.47	20.46	36.39	<i>E. huxleyi</i>	<i>F. profunda</i>
27	150	2	184	1.00	1.00	0.50	18.24	36.29	<i>E. huxleyi</i>	0*
27	180	3	1104	1.50	0.95	0.37	16.81	36.12	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. irregularis</i>
57	10	9	47472	0.98	0.33	0.66	23.24	36.17	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
57	20	8	22724	0.92	0.31	0.71	23.24	36.16	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
57	30	4	29624	0.75	0.37	0.73	23.23	36.16	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
57	40	6	29716	1.05	0.41	0.64	23.10	36.19	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
58	10	9	43332	0.82	0.26	0.78	23.29	35.93	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
58	20	2	25944	0.03	0.03	0.99	23.29	36.03	<i>E. huxleyi</i>	0
58	30	7	25484	0.69	0.25	0.80	23.35	36.19	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i> sp.
58	40	6	37904	0.58	0.22	0.84	23.34	36.19	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i> sp.
58	60	5	17020	0.51	0.22	0.86	23.23	36.18	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
58	80	9	26588	1.36	0.43	0.57	22.61	36.21	<i>E. huxleyi</i>	<i>Syracosphaera</i> sp
58	100	8	35236	1.07	0.36	0.70	21.54	36.32	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
58	110	8	12512	1.96	0.65	0.38	21.26	36.33	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
59	10	10	40572	1.23	0.37	0.65	23.38	36.00	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
59	20	6	49036	0.90	0.35	0.72	23.39	36.01	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
59	30	7	31648	0.96	0.34	0.73	23.44	36.17	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
59	40	6	19320	1.03	0.40	0.69	23.24	36.18	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
59	48	9	36708	1.17	0.37	0.65	23.21	36.19	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
69	5	2	32936	0.87	0.87	0.59	23.49	34.19	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
69	10	2	39560	0.77	0.77	0.65	23.69	35.05	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
69	20	3	19688	0.58	0.37	0.78	23.49	36.08	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
69	30	3	18768	0.51	0.32	0.83	23.48	36.09	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
85	10	1	19872	0.00		1.00	23.20	35.83	<i>E. huxleyi</i>	0
85	20	3	23276	0.10	0.07	0.98	23.28	36.04	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
85	40	4	34684	0.16	0.08	0.96	23.17	36.06	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>
85	60	3	21252	0.44	0.28	0.86	23.18	36.15	<i>E. huxleyi</i>	<i>G. oceanica</i>
85	80	5	21712	0.46	0.20	0.87	23.13	36.19	<i>E. huxleyi</i>	<i>U. sibogae</i>

Se identificaron 19 taxones de los cuales 16 fueron especies y 3 géneros. El número de especies por estación varió desde un mínimo de 3 especies encontradas en la estación 19 hasta un máximo de 14 especies en la estación 58.

En la zona oceánica se identificaron un total de 11 especies y 1 género, en la estación 12, 8 especies y 2 géneros, en la estación 13, 8 especies y 1 género, en la estación 19, 3 especies; en la estación 20, 8 especies y 1 género, en la estación 27, 5 especies y un género.

En la zona de Grijalva-Usumacinta se identificaron en total 18 taxones de los cuales fueron 16 especies y 2 géneros, en la estación 57, 9 especies y 2 géneros, en la estación 58, 13 especies y 1 género y en la estación 59, 11, 10, especies y 1 género.

En la zona de Coatzacoalcos se identificaron 5 especies y 1 género, en la estación 69, 4 especies y en la estación 85, 5 especies y un género. Se observó una diversidad mediana en las siguientes estaciones 12, 13, 20 57, 58 y 59.

7.7.2.1 ABUNDANCIA Y VARIABLES AMBIENTALES

7.7.2.1.1 Zona Oceánica

En la estación 12 (fig.20) se pudo observar que la abundancia aumentó a medida que la profundidad también lo hizo y alcanzó su máximo entre los 40 y 60 m, posteriormente dicha abundancia disminuyó, sin embargo, aumentó la riqueza de especies. *E. huxleyi* fue la especie más abundante desde la superficie hasta su máximo de abundancia a 60 m con 15,180 cél l⁻¹ como especie secundaria *Syracosphaera* sp. tuvo su mayor abundancia a los 40 m con 1,656 cél l⁻¹.

Se observó que algunas especies tenían una distribución a diferentes profundidades como *U. sibogae* que presentaba su mayor abundancia a 120 m con 552 cél l⁻¹, en tanto que *F. profunda* estuvo presente a las profundidades habituales entre 60 y 120 m sin que sus abundancias fueran significativas según lo observado por los respectivos índices.

La temperatura desde la superficie hasta 60 m fue de 24°C y disminuyó a medida que se profundizó a los 60 m y se notó una baja en la temperatura sin que hubiera una marcada termoclina. Los nutrientes se consideraron altos, pero ninguno coincidió con el máximo de abundancia a los 60 m.

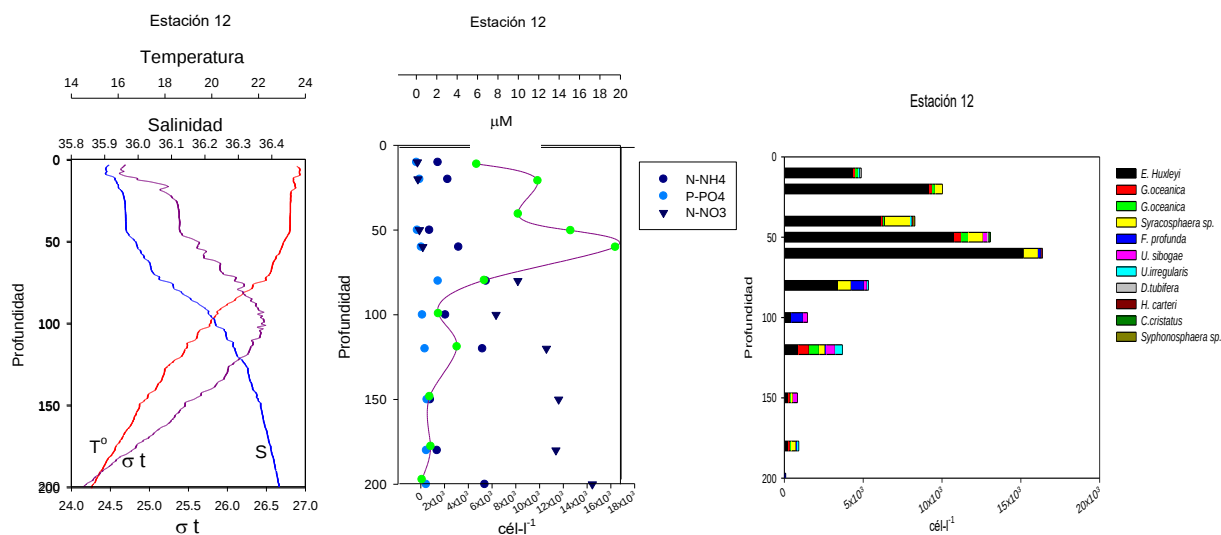


Figura 21. Est. 12 Variables ambientales $T(^{\circ}\text{C})$, $S(\text{‰})$, nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 13 (fig. 21) se observó una alternancia en las abundancias a lo largo de la columna de agua, *E. huxleyi* es la más abundante en todas las profundidades, alcanzó su pico a los 40 m con 2×10^4 cél l⁻¹. *U. sibogae* estuvo presente en todas las profundidades y tuvo su máxima abundancia a los 100 m con 2.6×10^3 cél l⁻¹ y *F. profunda* estuvo presente a partir de los 40 m en cantidades moderadas y alcanzó su máximo a los 100 m con 3.7×10^3 cél l⁻¹.

La temperatura superficial fue templada, se mantuvo constante hasta los 60 m donde se presentó la termoclina. Los picos de nutrientes no coincidieron con los máximos de abundancia celular que estuvieron a 40 m con 2.3×10^4 cél l⁻¹.

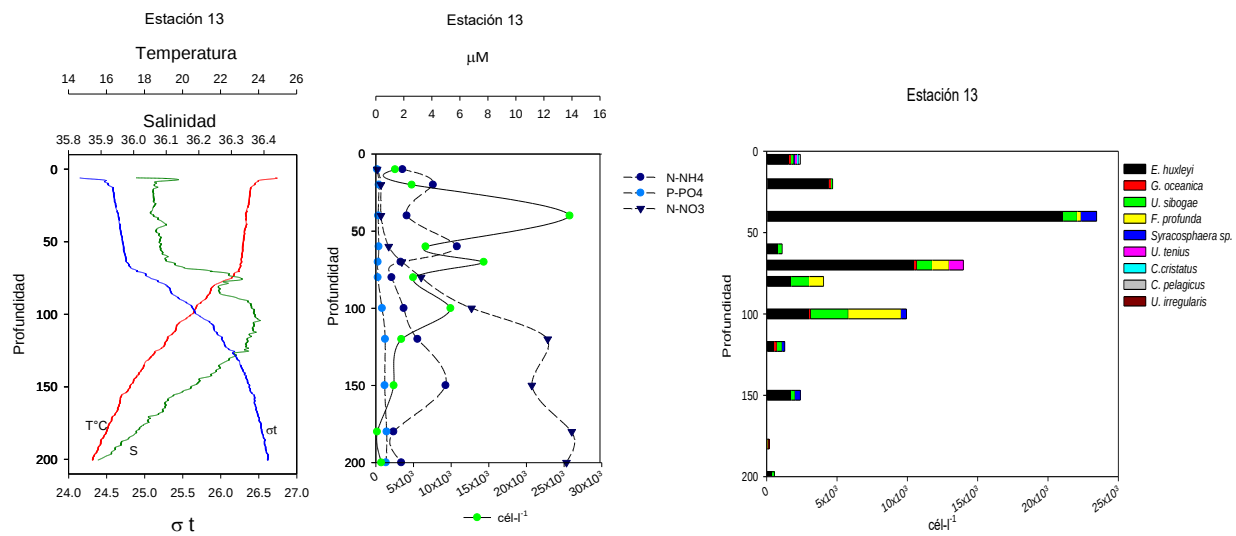


Figura 22. Est. 13 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la estación 19 (fig.8.21) mostró una ausencia casi total de organismos, solo se encontraron tres especies que fueron *E. huxleyi*, *U. irregularis* y *F. profunda* que se consideraría la más numerosa a los 80 m. La temperatura fue constante con 15 °C desde la superficie hasta los 60 m de profundidad donde se encontró la termoclina. Los amonios y los nitratos no coincidieron con el máximo de *F. profunda* a 80 m.

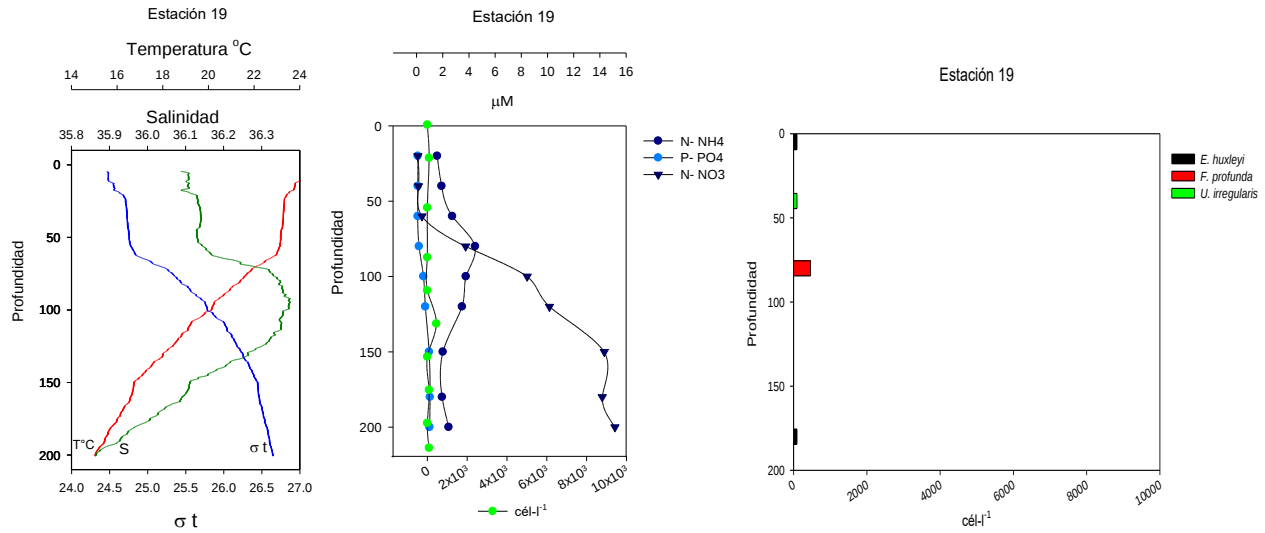


Figura 23. Est. 19 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹).

En la Estación 20 (fig. 22) de los 5 a los 60 m, hubo una baja presencia de cocolitofóridos; a los 80 m, un aumento de *F. profunda* con 7.1×10^3 cél l⁻¹ junto con la presencia de *E. huxleyi* y *U. irregularis*. A los 100 m, se encontró más abundante a *Syracosphaera* sp. con 9.2×10^3 cél l⁻¹, le siguió *E. huxleyi* con 4.5×10^3 cél l⁻¹ y *F. profunda* 3.4×10^3 cél l⁻¹. Además, se identificaron especies secundarias como *U. tenuis*, *G. oceanica*, y *H. carteri*.

Se pudo observar una disminución constante de la temperatura sin que se presentara una termoclina definida de manera clara en la que los máximos de nutrientes no correspondieron con ningún pico de abundancia. Por otro lado, la concentración de clorofila a presentó dos picos una a 60 m y otro a 100 m, sin embargo, hubo una coincidencia entre ambos picos a los 80 m con el primer pico de abundancia celular.

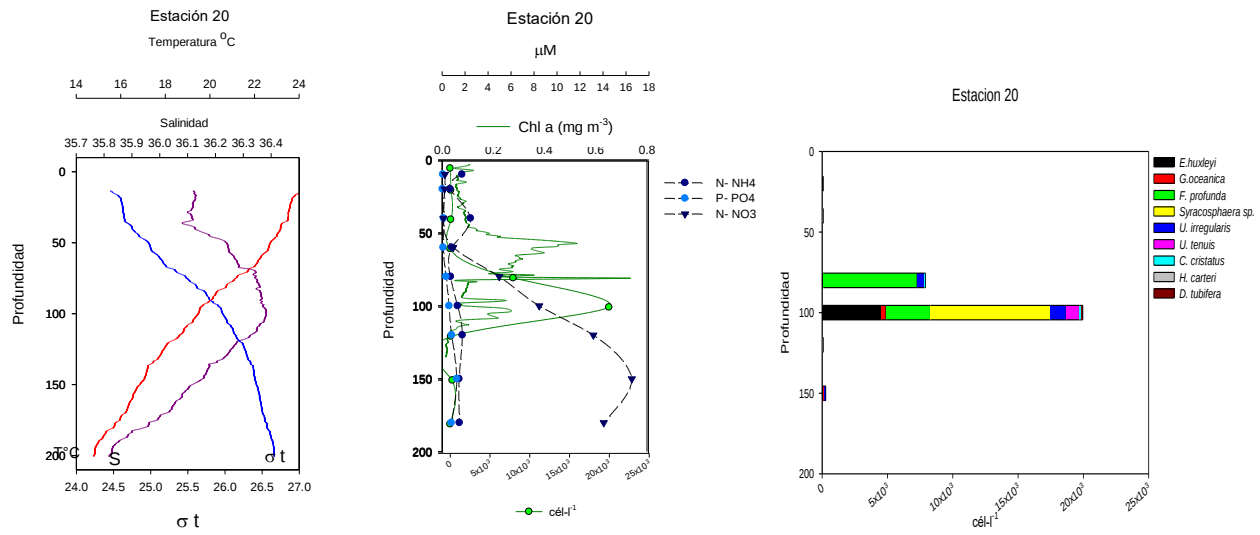


Figura 24. Est. 20 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹), Chl a (mg m⁻³)

En la Estación 27 (fig. 23) se observó una ausencia total de cocolitofóridos hasta los 60 m. A los 70 m, se encontró un pico exclusivo de *E. huxleyi*, con 1.0×10^4 cél l⁻¹; posteriormente, a los 100 m, hay otro pico de *E. huxleyi* con 1.4×10^4 cél l⁻¹ seguida por *F. profunda* con 2.3×10^3 cél l⁻¹. En las profundidades más bajas (150-180 m), solo se observó una pequeña cantidad de células de *U. irregularis* y *C. cristatus*.

La temperatura del agua se mantuvo relativamente constante desde la superficie hasta los 60 m, donde se observó una ligera termoclina y un descenso gradual hasta los 180 m.

Respecto a los nutrientes, se vio una baja concentración en general, excepto por una clina de nitratos a los 100 m de profundidad. Sin embargo, no se encontró una coincidencia clara entre los picos de nutrientes y los picos de abundancia total de cocolitofóridos.

Por otra parte, la clorofila a presenta su primer pico a los 70 m y coincidió con el primer pico de abundancia de cocolitofóridos.

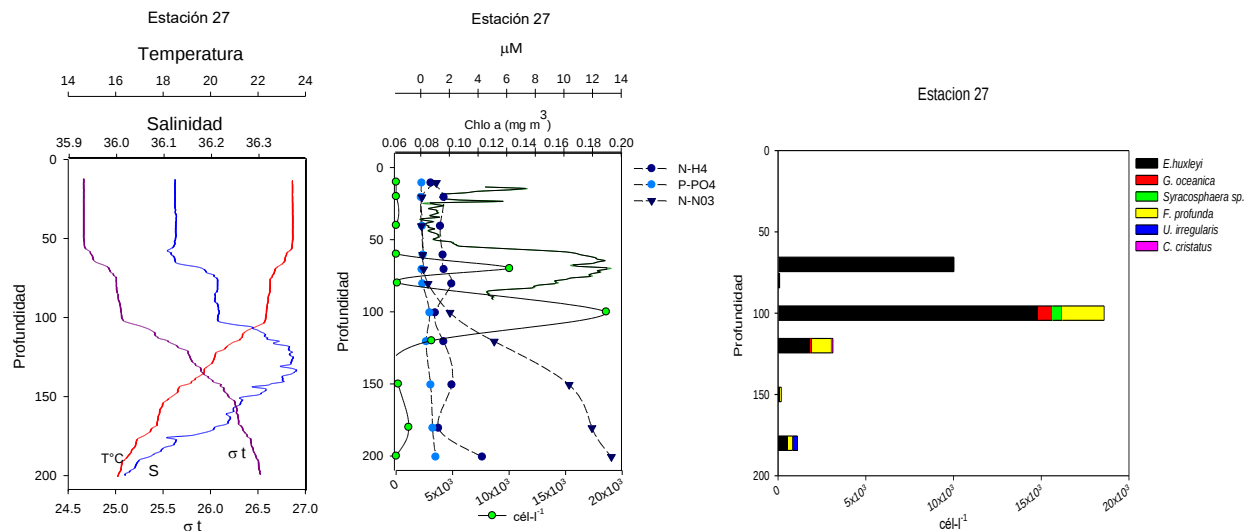


Figura 25. Est. 27 Variables ambientales T(°C), S (‰) nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹), Chl a (mg m⁻³)).

7.7.2.1.2 Zona Grijalva-Usumacinta

En la Estación 57 (Fig. 24) se detectaron un total de 10 taxones en la estación con una disminución en la riqueza de especies y en su abundancia a medida que aumentó la profundidad. La especie más abundante fue *E. huxleyi*, con un pico máximo de 3.8×10^4 cél l⁻¹ a los 10 m de profundidad, seguida de *G. oceánica*, que también presentó una abundancia media de 6.0×10^3 cél l⁻¹ y se encontró en todas las profundidades muestreadas.

Como especie secundaria se encontró *U. sibogae*, con baja abundancia, pero presente en todas las profundidades. Respecto a los nutrientes se observó un pico mínimo superficial que coincidió con el máximo de abundancia de fitoplancton.

La temperatura se mantiene constante desde la superficie hasta los 40 m donde no se observa una marcada termoclina.

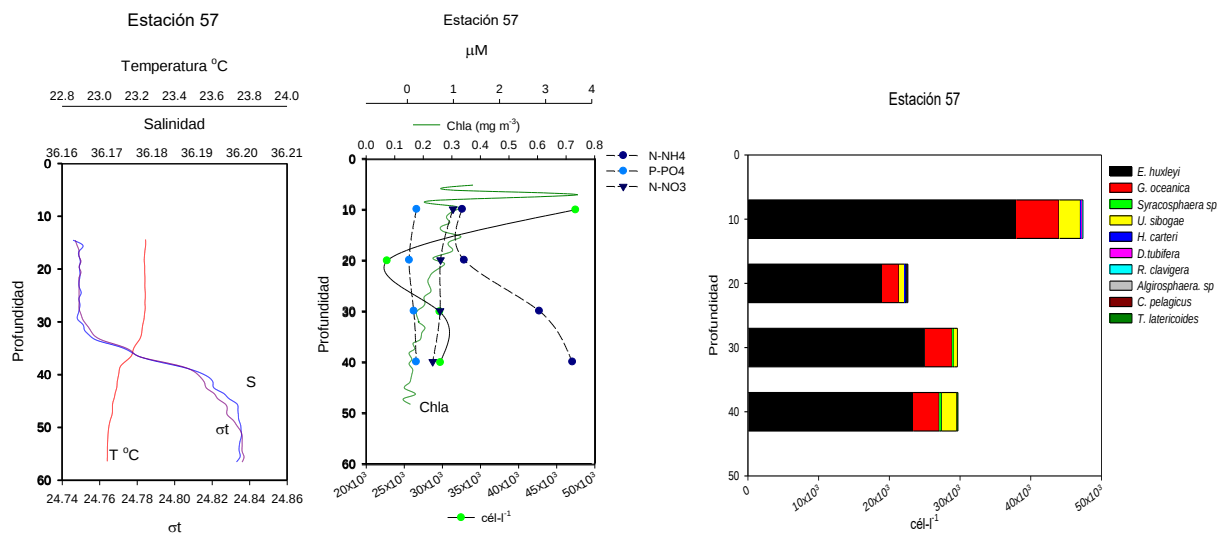


Figura 26. Est. 57 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹), Chl a (mg m⁻³).

En la Estación 58 (Fig. 25) la abundancia de cocolitofóridos se encontró distribuida de forma alternada en la columna de agua. La especie más abundante fue *E. huxleyi*, se encontró presente en todas las profundidades, con un pico máximo de abundancia en la superficie de 3.8×10^4 cél l⁻¹.

A los 20 m se encontró exclusivamente esta especie, mientras que en las demás profundidades las abundancias se integraron con otras. También se observó una presencia constante de *U. irregularis* y *U. sibogae* desde los 60 m hasta los 110 m. y *F. profunda* a partir de los 80 m.

Los taxones encontrados por profundidad fueron entre 2 a 9 especies. Los mayores valores se localizaron entre los 10 m y los 80 m, donde se encontraron 9 taxones en cada profundidad. En total, se identificaron 14 taxones en la estación.

La temperatura se mantuvo constante hasta los 60 m, donde se observó la presencia de una termoclina. El pico máximo de abundancia se encontró en la capa superficial (10-20 m), coincidiendo con un pico máximo de clorofila *a*.

En cuanto a los nutrientes, se observó una alternancia de amonio en la columna de agua y el pico superficial de nitratos que fue igual en las dos primeras profundidades (10 m y 20 m) con el pico máximo de abundancia de células, y posteriormente hasta los 100 m.

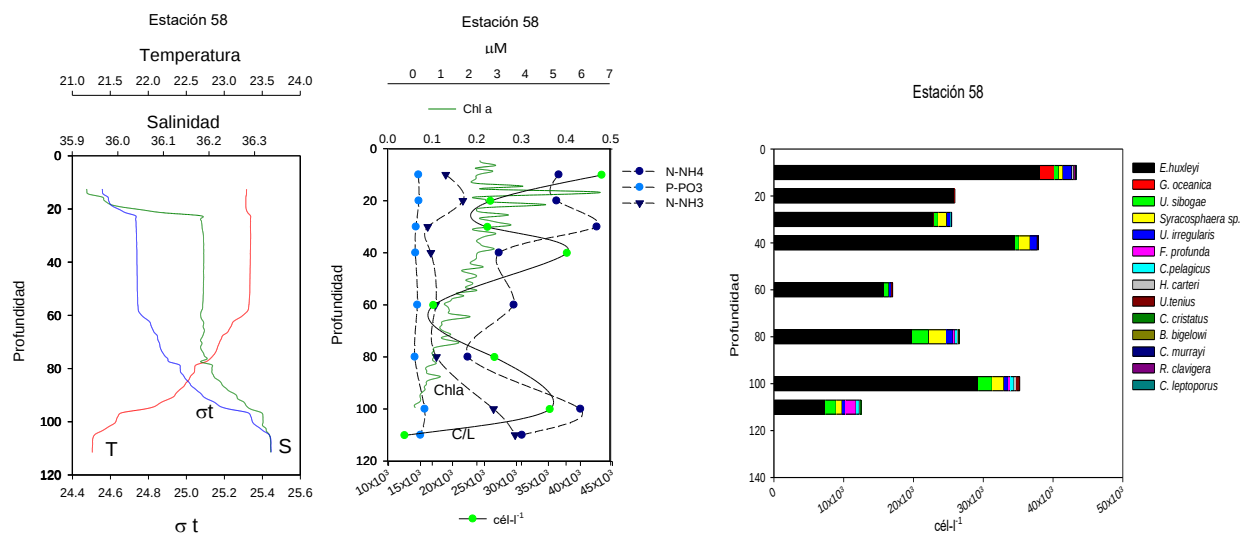


Figura 27. Est. 58 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹), Chl a (mg m⁻³)

En la estación 59 (fig. 26) la abundancia se pudo considerar alta para la zona ya que tuvo algunos totales con profundidad cercanos a los $50 \times 10^4 \text{ cél l}^{-1}$ siendo la especie más abundante *E. huxleyi*, con $4.1 \times 10^3 \text{ cél l}^{-1}$, a los 20 m y estuvo presente en todas las profundidades.

La segunda especie más abundante fue *G. oceanica* a los 20 m con $3.7 \times 10^3 \text{ cél l}^{-1}$. *U. tenuis*, *Syracosphaera* sp. y *U. sibogae* que estuvieron presentes en todas las profundidades con cantidades muy bajas. La abundancia tuvo una tendencia a disminuir con la profundidad, sin embargo, a los 48 m tuvieron un alza significativa principalmente de *E. huxleyi*.

La temperatura se observó uniforme a lo largo de toda la columna de agua, sin que se detectara una termoclina definida de manera clara.

En cuanto a los nutrientes, tanto los niveles de fosfato como de nitratos se mantuvieron bajos y no se identificó ningún pico que coincidiera con la abundancia, aunque se observó un leve aumento en los niveles de amonio en la superficie que solo coincidió en la superficie con la abundancia.

Los niveles se mantuvieron constantes como para hacer curvas similares sin que hubiera nuevas coincidencias. A pesar de que la clorofila a presentó un pico de concentración a los 10 m, a partir de esta profundidad, la concentración de clorofila a disminuyó de manera gradual y llegó a su nivel mínimo en los 30 m de profundidad sin que hubiera coincidencia de nuevo con la abundancia.

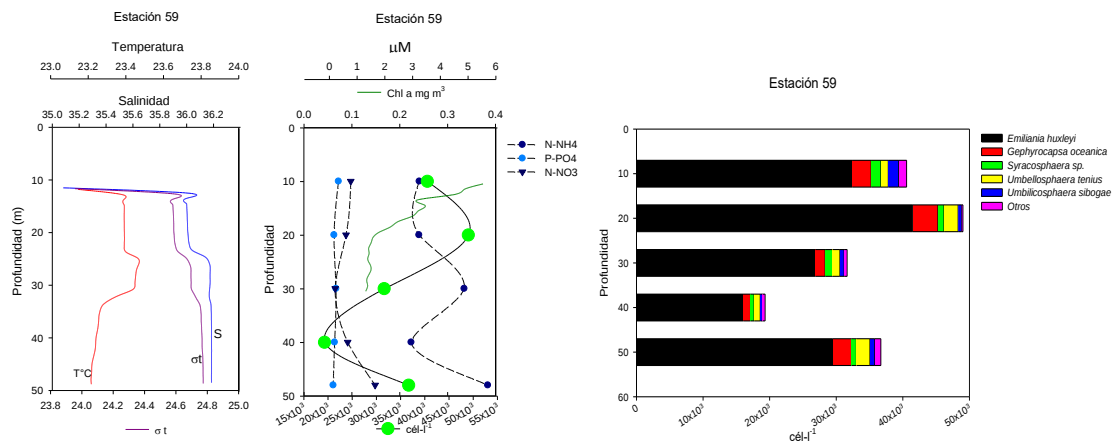


Figura 28. Estación 59 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹), Chl a (mg m⁻³)

7.7.2.3 Zona Coatzacoalcos

En la Estación 69 (fig. 27) la especie más abundante en todas las profundidades fue *E. huxleyi* con un pico máximo 3×10^4 cél l⁻¹ de abundancia a los 10 m de profundidad y se presentó en todas las profundidades. La segunda especie más abundante fue *G. oceánica*, que tuvo su mayor abundancia a los 5 m con 9.5×10^3 cél l⁻¹ también se encontró en todas las profundidades, pero con una disminución en la abundancia a medida que se aumentaba la profundidad.

La presencia de *U. sibogae* y *H. hyalina* fue casi nula. Los niveles de fosfato y nitratos coincidieron con la abundancia de cocolitofóridos únicamente a los 20 m de profundidad, sin que se observara otra repetición. El amonio, por su parte, coincidió con el aumento de cocolitofóridos a los 5 m de profundidad y con el máximo de abundancia a los 10 m de profundidad.

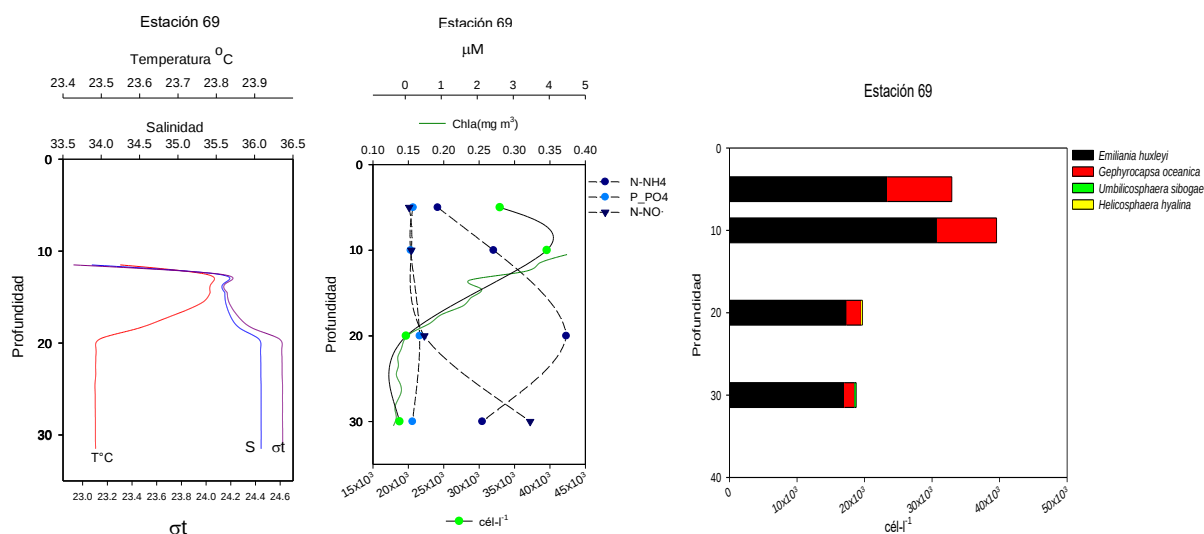


Figura 29. Est. 69 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹), Chl a (mg m⁻³).

En la estación 85 (fig. 28) se observó que *E. huxleyi* fue la especie más abundante en todas las profundidades, con recuentos que oscilaron entre 1.9×10^4 cél l⁻¹ hasta 3.4×10^4 cél l⁻¹. *G. oceanica* y *U. sibogae* también estuvieron presentes, sin embargo, sus abundancias no fueron importantes.

En cuanto a la distribución vertical de estas especies, se observó que la abundancia de *E. huxleyi* aumentó de manera gradual desde los 10 m de profundidad hasta alcanzar su máxima concentración a los 40 m, seguido de una disminución hasta los 80 m.

Los fosfatos y nitratos se presentaron en niveles muy bajos, con un pico de crecimiento de nitratos a los 20 m, pero no presentaron ninguna coincidencia con los máximos de abundancia. Por otro lado, la temperatura en la columna de agua fue constante hasta los 80 m, donde se evidenció la presencia de una termoclina.

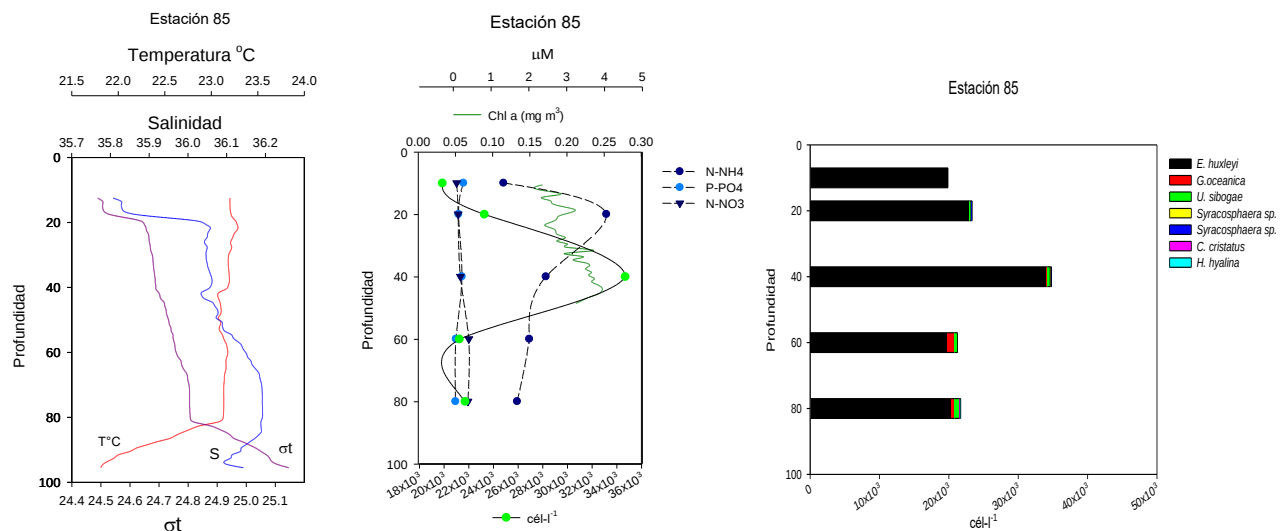


Figura 30. Est. 85 Variables ambientales T(°C), S (‰), nutrientes (μM) abundancia total y por especie (cél l⁻¹), Chl a (mg m⁻³)

7.7.3 ABUNDANCIA TOTAL POR ESTACIÓN

7.7.3.1 Zona oceanica

Se observaron abundancias totales con un máximo de 6.4×10^4 cél l⁻¹ la estación 13 y un mínimo de 736 cél l⁻¹ en la estación 19. *E. huxleyi* estuvo presente en todas las estaciones, sus abundancias fueron de 6×10^4 cél l⁻¹ en la estación 12, y un mínimo de 184 cél l⁻¹ en la estación 19. *Florisphaera profunda* fue la segunda especie más abundante en esta zona con 1.05×10^4 cél l⁻¹ en la estación 20 y un mínimo de 460 cél l⁻¹ en la estación 19

Resaltaron *Syracosphaera sp* con un máximo de 9.2×10^3 cél l⁻¹ en la estación 20 y una presencia nula en la estación 19. *G. oceánica* fue la cuarta especie más cuantiosa en la zona encontrando 1.7×10^3 cél l⁻¹ en la estación 12 a cero cél l⁻¹ en la estación 19. Sus abundancias sobresalen por sobre el resto de las demás especies donde la cantidad se consideró despreciable

7.7.3.2 Zona de Grijalva-Usumacinta

Se observaron abundancias máximas totales de 2.2×10^5 cél l⁻¹ en la estación 58 y mínimas de 1.7×10^5 cél l⁻¹ en la estación 59. En estas 3 estaciones *E. huxleyi* fue la especie más abundante con 1.9×10^5 cél l⁻¹ en la estación 58 y de 1.05×10^5 cél l⁻¹ en la estación 57. *G. oceánica* ocupó el segundo lugar con un máximo de 1.5×10^4 cél l⁻¹ en la estación 57 y un mínimo de 2.3×10^3 cél l⁻¹, en la estación 58. Destacó la presencia de *U. sibogae*. como especie secundaria con un máximo de 8.5×10^3 cél l⁻¹ en la estación 58 y 3.8×10^3 cél l⁻¹ en la estación 59: *Syracosphaera sp.* tuvo una abundancia máxima de 8.4×10^3 cél l⁻¹ en la estación 58 y una mínima de 736 cél x l⁻¹ en la estación 57. Las demás especies encontradas tuvieron cantidades mínimas.

7.7.3.3 Zona de Coatzacoalcos

En esta zona hubo abundancias totales de 1.2×10^5 cél l⁻¹ en la estación 85 y 1.1×10^5 cél l⁻¹ en la estación 69. *E. huxleyi* tuvo 1.16×10^5 cél l⁻¹ como máximo y un mínimo de 8.8×10^4 cél l⁻¹ mientras que *G. oceanica* tuvo 2×10^4 l⁻¹ como máximo y un mínimo de 1.8×10^3 cél l⁻¹ estas fueron las únicas especies abundantes en la zona

Tabla IX Abundancias totales (cél l⁻¹) por estación durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VIII

		Estaciones									
		E 12	E 13	E 19	E 20	E 27	E 57	E 58	E 59	E 69	E 85
1	<i>E. huxleyi</i>	50968	45816	184	4784	27416	105340	193476	146188	88412	116840
2	<i>G. oceanica</i>	1748	828	0	460	920	15916	2300	12052	22080	1840
3	<i>Syracosphaera</i> sp.	5520	2116	0	9200	552	736	8464	4784	0	184
4	<i>U. sibogae</i>	1564	7452	0	0	0	6348	8556	3864	276	1748
5	<i>F. profunda</i>	2024	6348	460	10580	3864	0	2116	0	0	0
6	<i>U. tenuis</i>	0	1196	0	1012	0	0	736	7268	0	0
7	<i>U. irregularis</i>	828	92	92	1840	276	0	5244	184	0	0
8	<i>C. pelagicus</i>	0	92	0	0	0	92	1380	1840	0	0
9	<i>H. carteri</i>	184	0	0	184	0	368	828	0	0	0
10	<i>C. cristatus</i>	92	92	0	276	92	0	276	92	0	92
11	<i>C. murrayi</i>	0	0	0	0	0	184	184	368	0	0
12	<i>R. clavigera</i>	0	0	0	0	0	184	184	368	0	0
13	<i>H. hyalina</i>	0	0	0	0	0	0	0	276	184	92
14	<i>D. tubifera</i>	184	0	0	92	0	184	0	0	0	0
15	<i>B. bigelowi</i>	0	0	0	0	0	0	184	0	0	0
16	<i>Algirosphaera</i> sp	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0
17	<i>C. leptoporus</i>	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0
18	<i>Syphonosphaera</i> sp.	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>T. latericoides</i>	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0
TOTAL		63204	64032	736	28428	33120	129536	224020	177284	110952	120796

7.7.4 DOMINANCIA

Se obtuvo el índice de dominancia en el programa PAST para evaluar la distribución de especies y de manera general varió de moderada a alta. Por lo que *E. huxleyi* fue la especie más dominante, ya que se encontró en todas las estaciones con una abundancia superior al 50%. Incluso en la estación 19, donde la presencia de cocolitofóridos fue casi nula, *E. huxleyi* mostró una presencia significativa. *G. oceánica* fue la segunda especie dominante, aunque la cantidad de cél l⁻¹ no fue muy alta y en algunas estaciones no estuvo presente.

Otras especies secundarias que resaltaron fueron *Syracosphaera* sp., *F. profunda* y *U. tenuis*, aunque no mostraron una presencia significativa. (Fig. 29)

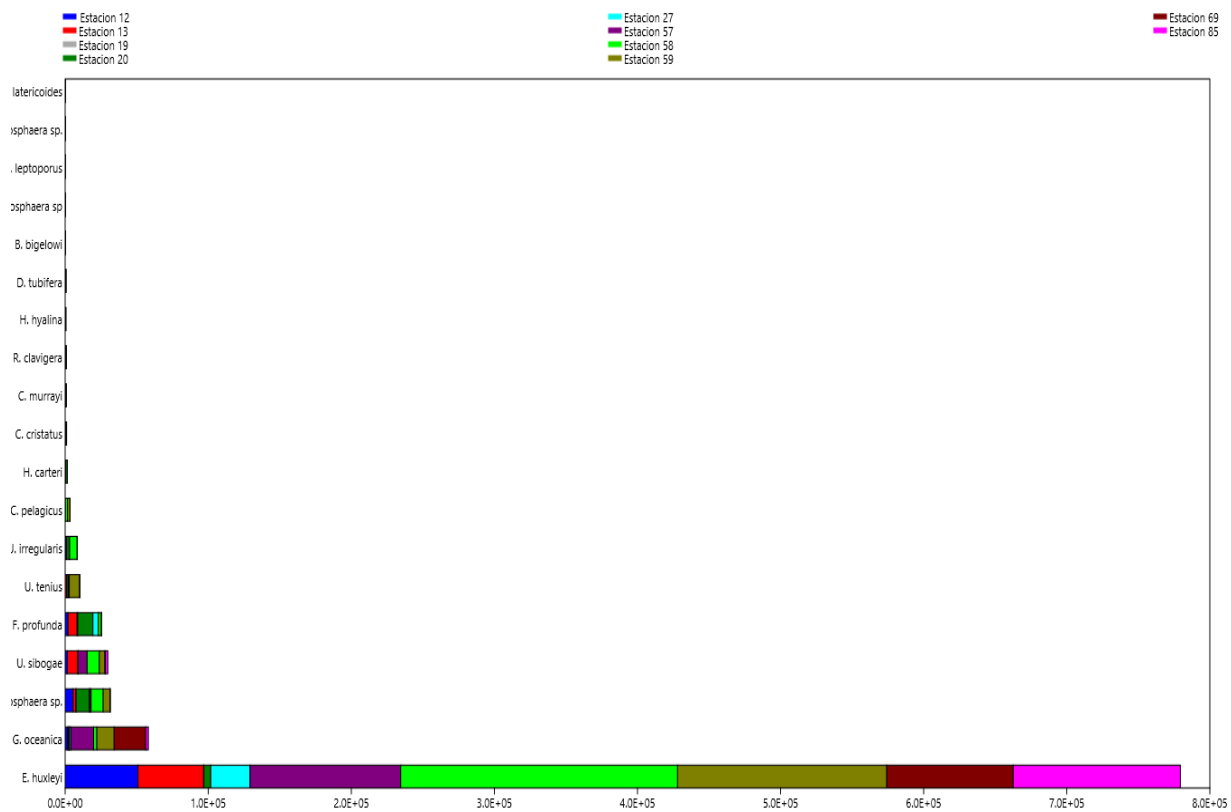


Figura 31. Abundancia total y por especie (cél l⁻¹), y por estación. Campaña Oceanográfica PROMEBIO VIII

7.7.4.1 ABUNDANCIAS RELATIVAS

En todas las muestras revisadas *E. huxleyi* tuvo un 82% total de frecuencia por lo que fue la especie más común en la campaña, seguida de *G. oceanica* con un 6%. También se encontraron la presencia de especies secundarias como *Siracosphaera* sp. (3%), *U. sibogae* (3%), *F. profunda* (3%). Las cantidades del resto de las especies no fueron significativas. (Tabla IX)

E. huxleyi tuvo una frecuencia mayor que el promedio, entre 72% y 97%, a excepción de 2 estaciones 19 (17%) y 20 (25%). Por parte, *G. oceanica* en ninguna de las estaciones pasó del 20%; no obstante, fue suficiente para tener el 6% del conteo total. Resaltó *F. profunda* por su presencia en las estaciones oceánicas entre 3% y 63% (12, 13, 19, 20, y 27) Las abundancias relativas por estación siguen la misma tendencia siendo *E. huxleyi* y *G. oceánica* fueron las que más abundan.

Tabla X Abundancias absolutas y relativas (%) por estación durante la campaña oceanográfica PROMEBIO VIII

		ABUNDANCIAS RELATIVAS PROMEBIO VIII																					
		E 12		E 13		E 19		E 20		E 27		E 57		E 58		E 59		E 69		E 85		TOTAL	
1	<i>E. huxleyi</i>	50968	81%	45816	72%	184	25%	4784	17%	27416	83%	105340	81%	193476	86%	146188	82%	88412	80%	116840	97%	779424	82%
2	<i>G. oceanica</i>	1748	3%	828	1%	0	0%	460	2%	920	3%	15916	12%	2300	1%	12052	7%	22080	20%	1840	2%	58144	6%
3	<i>F. profunda</i>	2024	3%	6348	10%	460	63%	10580	37%	3864	12%	0	0%	2116	1%	0	0%	0	0%	0	0%	25392	3%
4	<i>Syracosphaera</i> sp.	5520	9%	2116	3%	0	0%	9200	32%	552	2%	736	1%	8464	4%	4784	3%	0	0%	184	0%	31556	3%
5	<i>U. sibogae</i>	1564	2%	7452	12%	0	0%	0	0%	0	0%	6348	5%	8556	4%	3864	2%	276	0%	1748	1%	29808	3%
6	<i>U. tenuis</i>	0	0%	1196	2%	0	0%	1012	4%	0	0%	0	0%	736	0%	7268	4%	0	0%	0	0%	10212	1%
7	<i>U. irregularis</i>	828	1%	92	0%	92	13%	1840	6%	276	1%	0	0%	5244	2%	184	0%	0	0%	0	0%	8556	1%
8	<i>H. carteri</i>	184	0%	0	0%	0	0%	184	1%	0	0%	368	0%	828	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1564	0%

7.7.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

La distribución de las especies varió según el área de estudio, aunque algunas especies se superpusieron en dos o incluso tres zonas. En las tres zonas diferentes, zona oceánica (ZO), zona costera Coatzacoalcos (CZT) y zona Grijalva-Usumacinta (GU), se determinaron 19 taxones. De ellos, 1 se encontró solo en la zona oceánica, 6 taxones solo en la zona Grijalva-Usumacinta y ninguno en la zona Coatzacoalcos. Algunas especies se distribuyeron en dos zonas, 6 taxones se encontraron en la ZO y GU, ninguno en la ZO y CZT, y uno en GU y CZT (Fig. 30). Sin embargo, estas especies fueron poco relevantes en los conteos. Por otro lado, 5 especies se encontraron en las tres zonas, pero solo *E. huxleyi* se consideró la representativa del estudio por su cantidad.

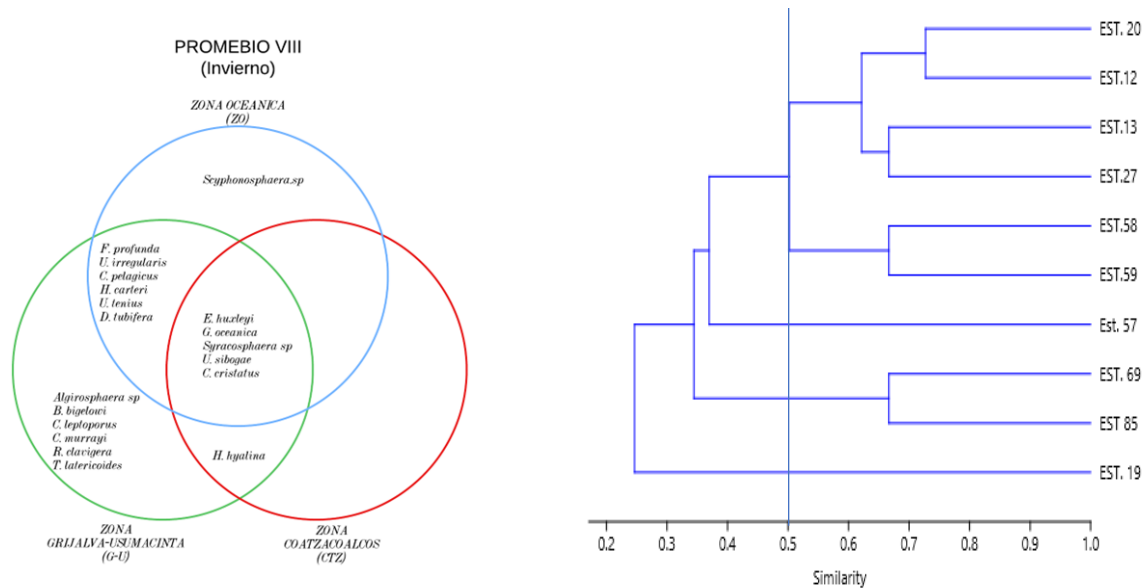


Figura 32. Distribución espacial de especies durante la campaña Oceanográfica PROMEBIO VIII ("Nortes") y dendrograma del índice de Jaccard. Zona oceánica (ZO), zona costera Coatzacoalcos (CZT) y zona Grijalva-Usumacinta (GU)

7.7.6 DISTRIBUCIÓN VERTICAL

7.7.6.1 Zona oceánica

La distribución vertical, tuvo una heterogeneidad con alternancia de densidades de los organismos en la columna de agua. En la estación 12, se observó una alternancia en la densidad de organismo desde los 10 hasta los hasta 40 m y a partir de ahí hubo un aumento hasta un máximo de células a los 60 m, en las siguientes profundidades se presentó una disminución abrupta de organismos. Algo similar sucedió en la estación 13, pero el máximo de densidad fue a los 40 m. Se observó un comportamiento similar en las dos estaciones oceánicas donde se encontraron las mayores densidades de organismos entre los 20 y 70 m de profundidad.

Resaltaron las siguientes estaciones oceánicas por su baja abundancia: la estación 19 donde prácticamente no hubo cocolitofóridos y la estación 20 donde tampoco hubo organismos en la superficie y las mayores densidades se registraron entre los 80 m y 100 m. En la estación 27, en la cual no hubo organismos hasta los 70 m y 100 m y disminuyeron las densidades en las siguientes profundidades.

7.7.6.2 Zona Grijalva-Usumacinta

La mayor densidad de organismos se encontró en las aguas superficiales, teniendo una mínima alternancia de abundancia en la columna de agua mostrando cierta estabilidad y homogeneidad. Las tres estaciones fueron muy parecidas en cuanto a la abundancia y riqueza de especies.

7.7.6.3 Zona Coatzacoalcos

Por último, en la zona de Coatzacoalcos se registraron abundancias alternadas conforme se descende en la columna de agua, siendo la estación 69 la que tuvo su máximo a los 10 m de profundidad, mientras que en la estación 85 el máximo estuvo a los 40 m y las mayores abundancias se registraron en aguas intermedias.

7.8 ESPECIES DOMINANTES, SECUNDARIAS Y RELEVANTES

7.8.1 *Emiliania. huxleyi*

En temporada de lluvias, en la zona oceánica hay presencia de esta especie en casi todas las estaciones y profundidades, con rangos que van de 92 cél l⁻¹ en la estación 43 donde es prácticamente nula a las 9 x 10³ cél l⁻¹, en la E26 a los 80 m a pesar de que apareció inicialmente en los 40 m.

La máxima abundancia fue en la E42a a los 80 metros con 1.1x 10⁴ cél l⁻¹. En la zona Grijalva-Usumacinta estuvo presente en todas las profundidades siendo el máximo las 2.6 x 10³ cél l⁻¹ a los 65 m en la E132 y sucedió algo similar en la E140 donde su abundancia máxima fue de 3.5 x 10³ cél l⁻¹ a los 60 m. En la Zona de Coatzacoalcos *E. huxleyi* fue la especie más abundante donde el mínimo de organismos fue de 276 cél l⁻¹ en la estación 193 a los 80 m y un máximo de 1.5 x 10⁴ en la estación 216 a los 18 m.

Durante los “Nortes”, en la zona oceánica, *E. huxleyi* se encontró en las estaciones 12 y 13 en casi todas las profundidades desde la superficie hasta los 100 m con abundancias superiores a las 1000 cél l⁻¹.

En la estación 19, su presencia fue casi nula. En la E20, solo estuvo presente a los 100 m con 4.5 x 10³ cél l⁻¹.

En la E27 se presentó a partir de los 70 metros y su mayor abundancia se dio a los 100 m con 1.4×10^4 cél l⁻¹. El rango de abundancia en esta zona varió entre un mínimo de 92 cél l⁻¹ en la estación 19 hasta un máximo de 2.1×10^4 cél l⁻¹ en la estación 13 a los 40m.

7.8.2 Gephyrocapsa oceanica

En la época de lluvias en las estaciones 25, 26, 35, 43, la presencia de esta especie fue muy baja o casi nula en la zona oceánica. Su cantidad aumentó en la E 33 con una abundancia de 2.8×10^3 cél l⁻¹ a los 40 m.

En la E42a la abundancia máxima fue de 1.1×10^4 cél l⁻¹ a los 80 m y en la estación 52 su máxima abundancia se encontró a los 20 m con un valor de 4×10^3 cél l⁻¹ y estuvo presente en todas las profundidades de estas 3 estaciones.

En la zona de Grijalva-Usumacinta estuvo presente en todas las profundidades de las 2 estaciones. En la E132, alcanzó su máxima abundancia a los 65 m con 2.8×10^3 cél l⁻¹ y en la estación 140, a los 60 m con 3.5×10^3 cél l⁻¹.

En la E193, de la zona de Coatzacoalcos su mayor abundancia se observó a los 30 m con 1×10^4 cél l⁻¹. Sin embargo, en las E204 y E216 su abundancia disminuyó considerablemente siendo despreciables la cantidad de organismos presentes. (que están lejos de la influencia del río).

En los “Nortes”, *G. oceanica* se encontró en la zona del cañón de Campeche y su presencia varió a lo largo de las diferentes profundidades, de manera alternada. Sus cantidades fueron bastantes reducidas de las que, la mayor, fue en E12 de 664 cél l⁻¹ a los 120 m y en la E13 con 184 cél l⁻¹ entre la superficie y los 120 m.

En la E19 no se detectaron organismos de esta especie y en la E20 y E27 prácticamente desaparecen.

En la zona de Grijalva-Usumacinta estaba presente en todas las profundidades de la E57 con un máximo de 5.9×10^3 cél l⁻¹ a los 10 m. En la E58 solo estaba presente en las 3 primeras profundidades superficiales siendo la mayor de 2.1×10^3 cél l⁻¹ a los 10 m.

La presencia y abundancia aumenta en la E59 donde la estación fue poco profunda y sus mayores abundancias fueron de 2.8×10^3 cél l⁻¹ a los 10 m y 48 m (agua homogenizada).

En la zona de Coatzacoalcos, la E69 es poco profunda y tiene las mayores cantidades de organismos de todo el muestreo con 9.5×10^3 cél l⁻¹ a los 5 m, sin embargo, en la estación 85 la abundancia disminuyó de manera considerable y en los 10 m y 20 m no hubo organismos. La su mayor abundancia fue a los 60 m con 1.1×10^3 cél l⁻¹

7.8.3 Florisphaera profunda

Durante la temporada de lluvias no hubo presencia de esta especie en las E25, 33 35, 43, y 52 de la zona. En la E26 se encontraron pocos organismos, registrando 828 cél l⁻¹ solo en los 80 m de profundidad, y en la E42a se repitió a los 80 m con 1,746 cél l⁻¹.

En la zona los ríos Grijalva-Usumacinta en la E132 estuvo presente a los 65 m con 1196 cél l⁻¹ y en la E140 su presencia fue nula. Por otro lado, en Coatzacoalcos se presentó solo a los 80 m de la E193 con 1104 cél l⁻¹, en la E204 se observó 1a partir de los 60 m de profundidad con 828 cél l⁻¹ y a los 80 m con 460 cél l⁻¹, ya en la E216 no hubo organismos de esta especie.

En los “Nortes”, *F. profunda* estuvo presente en las estaciones E12 y E13 con variaciones en las diferentes profundidades, siendo más evidente a partir de los 40 m de profundidad. En la E12, el mayor número registrado fue de 828 cél l⁻¹ a los 80 m, mientras que en la E13 fue de 3.7×10^3 cél l⁻¹ a los 100 m.

En la E19, esta especie fue nula. En la E20, se observó una abundancia de 7.1×10^3 cél l⁻¹ a los 80 m de profundidad y 3.4×10^3 cél l⁻¹ a los 100 m. En la E27, se registraron 2.3×10^3 cél l⁻¹ a los 100 metros, 1.1×10^3 cél l⁻¹ a los 120 m, 92 cél l⁻¹ a los 150 metros y 276 células por litro a los 180 m. *F. profunda* en la región de Grijalva-Usumacinta, en la E 52 fue nula y en la E58 se presentó con una mayor cantidad de organismos a los 110 m con 1.4×10 cél l⁻¹. En la zona de Coatzacoalcos no se registró.

7.8.4 Syracosphaera sp.

Durante las lluvias, en la zona oceánica, hubo una nula presencia en las E25, E26, E33, E35 y E43. En la E42a, a los 35 m se contabilizaron 1.6×10^3 cél l⁻¹, siendo la única profundidad en la que se

registró. En la E52, se encontró en todas las profundidades con un máximo de 1.2×10^3 cél l⁻¹ a los 40 m y un mínimo de 184 cél l⁻¹ en los 10 m y 60 m.

En la región de Grijalva-Usumacinta *Syracosphaera* sp. se encontró en todas las profundidades con bajas concentraciones de organismos por litro en la E132 a los 25 m, se registró un máximo de 920 cél l⁻¹, en la E140 a los 45 m se contabilizó un máximo de 736 cél l⁻¹ y en la E193 a los 30 m hay un máximo de 1.2×10^3 cél l⁻¹.

En la zona de Coatzacoalcos la E204 *Syracosphaera* sp., se registró en las 3 primeras profundidades con un máximo de 1.1×10^3 cél l⁻¹ a los 45 m y un mínimo de 184 cél l⁻¹ a los 5 m de aguas superficiales. En la E216 a los 18 m se contabilizaron 828 cél l⁻¹.

En los “Nortes” *Syracosphaera* sp. estuvo presente en la zona oceánica con diversos patrones en las profundidades. En la E12 se encontró entre los 20 y 80 m y reapareció entre los 150 y 180 m con un máximo de 1.6×10^3 cél l⁻¹ a los 40 m y un mínimo de 92 cél l⁻¹ a los 150 m.

En la E13 su presencia fue intermitente con un máximo de 1.1×10^3 cél l⁻¹ a los 40 m y apareció de nuevo entre los 100 m y 150 m.

En la zona de Grijalva-Usumacinta en la E57 a 10 m, 30 m y 40 m tuvo presencia, pero ausencia a los 20 m. Con un máximo de 368 cél l⁻¹ a los 40 m y un mínimo de 92 cél l⁻¹ a los 10 m.

En la E58 solo estuvo ausente a los 20 m y hay un máximo de 2.5×10^3 cél l⁻¹ a los 80 m y un mínimo de 92 cél l⁻¹ a los 60 m. En la E59 estuvo presente en todas las profundidades con un máximo de 1.4×10^3 cél l⁻¹ a los 10 m y un mínimo de 552 cél l⁻¹ a los 40 m.

En Coatzacoalcos, no se encontró en la E69 y en la E85 solo a 20 y 40 m con 92 cél l⁻¹ en cada profundidad.

7.8.5 *Syracosphaera pulchra*

En la temporada de lluvias, se observó una alternancia en las diferentes estaciones en la zona oceánica. *S. pulchra* no se encontró en las aguas superficiales de la E25 y E26. Su conteo máximo fue en la E25 a los 45 m con 1×10^3 cél l⁻¹, mientras que en la E26 su cantidad fue insignificante a los 40 m y 60 m.

En la E33 estuvo en todas las profundidades y en cantidades limitadas su máximo fue de 460 cél l⁻¹ a los 60 m y su mínimo es de 92 cél l⁻¹ a los 80 m.

En la E35, no hay presencia a 5 m y 20 m, pero a 40 m y 80 m hay un máximo de 184 cél l⁻¹ y un mínimo de 92 cél l⁻¹ a los 60 m.

En la E42a, a los 20 m, se observaron 92 cél l⁻¹, pero no hubo presencia a 5 m, 35 m, 60 m y 80 m.

En la E43, no se encontró presencia.

En la E52, no hubo presencia a 5 m, 20 m y 40 m, pero a 60 m, hubo un máximo de 1.1×10^3 cél l⁻¹, mientras que a los 80 m se encontró un mínimo de 184 cél l⁻¹.

En la zona Grijalva-Usumacinta E132, E140, E193 no estuvo presente y en la zona de Coatzacoalcos tuvo una presencia puntual a partir de los 40 m (E204) y a los 5 m (E216). En los “Nortes”, no se encontró presencia de esta especie en ninguna de las muestras.

En la zona Grijalva-Usumacinta, no se registró la presencia de *S. pulchra*.

En la zona Coatzacoalcos, en la E204, no hubo presencia de *S. pulchra* en las aguas superficiales. Hasta los 60 m, se observaron 460 cél l⁻¹. En la E216 a los 5 m, contaron 276 cél l⁻¹ y en las demás profundidades no hubo organismos.

En los “Nortes” no hubo presencia de *S. pulchra* en ninguna estación.

7.8.6 Umbellosphaera tenuis

En la época de lluvias, no se encontró en la zona oceánica, excepto en la E52 donde se registró una concentración máxima de 920 cél l⁻¹ a los 20 m y 40 m, mientras que la mínima fue de 368 cél l⁻¹ a los 80 m.

En la región Grijalva-Usumacinta, en la E132 tuvo un conteo bajo con un máximo de 92 cél l⁻¹ a 5 m y 50 m.

En la E140 a los 5 m, 35 m y 60 m se registraron 92 cél l⁻¹ y a los 100 m se contabilizaron 184 cél l⁻¹, en la zona de Coatzacoalcos solo se presentaron en la E204 a los 5 m y 45 m con 184 cél l⁻¹, y en la E216 estuvo ausente.

En la temporada *U. tenuis* tuvo una presencia esporádica en dos estaciones de la zona oceánica, la E13 con 184 cél l⁻¹ a los 5 m y a los 70 m con 1 x 10³ cél l⁻¹, en la E20 con 1 x 10³ cél l⁻¹.

En la zona Grijalva-Usumacinta estuvo ausente en la E57, hizo presencia a los 40 m con 92 cél l⁻¹ y a los 100 m con 460 cél l⁻¹, en la estación 59 destacó su presencia, ya que estuvo presente en todas las profundidades y con una abundancia mayor en los 5 m con 1.5 x 10³ cél l⁻¹ y una menor abundancia a los 40 m con 368 cél l⁻¹.

No se presentó en la zona de Coatzacoalcos

7.8.7 Discosphaera tubifera

En lluvias, en la zona oceánica esta especie no se encontró en las E25, E26 y E43, sin embargo, estuvo presente de forma intermitente en la E33 a los 5 m con 1.2 x 10³ cél l⁻¹, en E35 a los 5 y 80 m con 184 cél l⁻¹ y en la E 42a a los 35 m con 1.1 x 10³ cél l⁻¹ y destacó su presencia en la E52, donde tuvo su mayor abundancia a los 20 m con 1.8 x 10³ cél l⁻¹.

En la zona de Grijalva-Usumacinta, estuvo ausente en la E132 y solo tuvo presencia en la E140 a 35 m con 92 cél l⁻¹. En la zona de Coatzacoalcos no hubo especímenes.

Durante los “Nortes”, estuvo ausente en casi todas las estaciones y en otras fue escasa, se observaron en las E12 a 10 m y 50 m, y en E20 a 100 m con 96 cél l⁻¹ de la zona oceánica. En la zona Grijalva-Usumacinta, solo se presenta en la E57 a 10 y 40 m con 92 cél l⁻¹. No se registró en la zona de Coatzacoalcos.

7.8.8 Rhabdosphaera clavigera

En lluvias, se encontró en la zona oceánica de manera intermitente.

En la E25 estuvo presente solo a una profundidad de 45 m con una abundancia de 276 cél l⁻¹. En la E26 apareció solo a los 20 m con 366 cél l⁻¹.

En la E33, hubo presencia en 3 profundidades, siendo más notable a los 5 y 20 m con 276 cél l⁻¹ y a los 40 m 92 cél l⁻¹.

En la E35, se encontró a los 40 m con 184 cél l⁻¹ a los 60 y 80 m con 92 cél l⁻¹. En la E42a, se encontró a 20 m con 92 cél l⁻¹ y a los 35 m con 825 cél l⁻¹.

En la E43, no se observó presencia. En la E52, se registraron en todas las profundidades, a los 5 m con 644 cél l⁻¹ los 20 m con 3220 cél l⁻¹, a 40 m con 1840 cél l⁻¹ y a 60 m y 80 con 276 cél l⁻¹ cada una.

En la zona Grijalva-Usumacinta, en la E132 no se encontró presencia. En la E140, se observó a 5 m con 92 cél l⁻¹ y a 45 m fue de 92 cél l⁻¹.

En la zona Coatzacoalcos, en la E193 a 5 m se contabilizaron 92 cél l⁻¹ y a 30 m con 552 cél l⁻¹. En la E204, se observó a 20 m con 184 cél l⁻¹ y no se encontró en la E216.

En los “Nortes” en la zona oceánica no hubo presencia de *R. clavigera*. En la zona Grijalva-Usumacinta, en la E57, estuvo presente a los 10 m y 20 m con 92 cél l⁻¹.

En la zona de Coatzacoalcos la E59 se encontró a los 10 m, y 48 m con 92 cél l⁻¹ y a los 20 m con 184 cél l⁻¹. En las E69 y E85 no hubo presencia de estos organismos.

7.8.9 Umbilicosphaera sibogae

En lluvias, no estuvo presente en la zona oceánica ni en la zona Coatzacoalcos. En la zona Grijalva-Usumacinta se encontró en diferentes profundidades: en la E132 a 5 m con 92 cél l⁻¹, en la E140 a los 100 m 92 cél l⁻¹, en la E193 a 30 m y 50 m con 92 cél l⁻¹.

En los “Nortes”, en la zona oceánica su presencia fue constante en la E12, estuvo a partir de los 50 m con 276 cél l⁻¹ y un máximo de abundancia a los 120 m con 552 cél l⁻¹.

En la E13, estuvo presente en todas las profundidades, con un mínimo de 92 cél l⁻¹ a los 20 m y un máximo de 2.6 x 10³ cél l⁻¹ a los 100 m.

En la E19, E20 y 27 no se observaron organismos. En la región Grijalva-Usumacinta, *U. sibogae* se presentó en las tres estaciones y en todas las profundidades.

En la E57, la mayor abundancia estuvo a los 5 m con 2.9×10^3 cél l⁻¹. En la E58, la mayor abundancia se presentó a los 80 m con 2.3×10^3 cél l⁻¹.

En la E59, su mayor abundancia estuvo a los 5 m con 1.5×10^3 cél l⁻¹.

En la zona de Coatzacoalcos, en la E69 solo se observó a los 30 m con 276 cél l⁻¹ y en la E85 la mayor abundancia se presentó a los 80 m con 736 cél l⁻¹.

7.9 CORRELACIÓN DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES (T°, SAL, σT, Chl) Y LOS COCOLITOFÓRIDOS.

7.9.1 Lluvias (PROMEBIO VI)

De acuerdo con la correlación de Pearson (Fig.31), la correlación entre las variables ambientales y especies encontradas exclusivamente en la ZO se observó que la profundidad no mostró correlaciones significativas con ninguna de las especies ya que todos fueron <0.05 .

La temperatura tampoco tuvo correlaciones significativas con alguna de las especies, excepto *H. hyalina* que tuvo una correlación negativa significativa. Respecto a la salinidad no se observó correlación con alguna especie.

La S-t tuvieron tampoco tuvo correlación significativa con alguna especie.

Respecto a los nutrientes. el N-NH₄ no hubo una correlación positiva significativa con alguna especie. El P-PO₄ no mostró correlaciones significativas con las diferentes especies excepto con *H. hyalina* y el N-NO₃ solo tuvo correlaciones significativas con *R. clavijera* y *U. tenuis*.

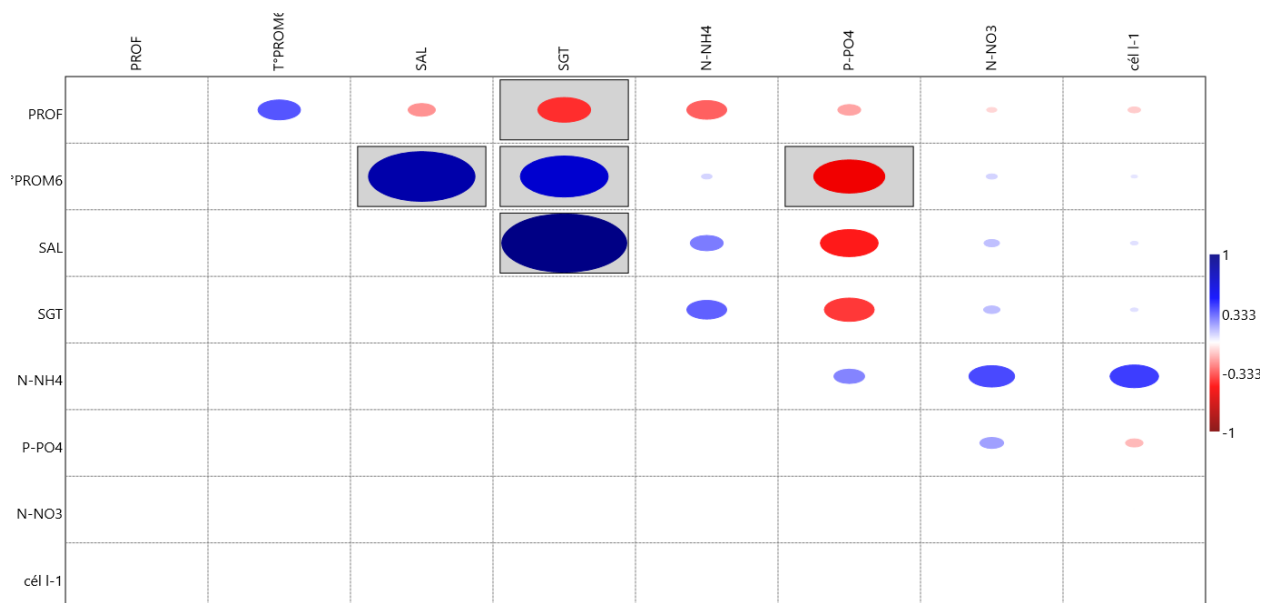


Figura 33. Gráfica de Correlación de Pearson vs la abundancia total encontrada en PROMEBIO VI: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una correlación positiva fuerte, mientras que valores cercanos a -1 y <0.05 indican correlación negativa fuerte, los y valores cerca

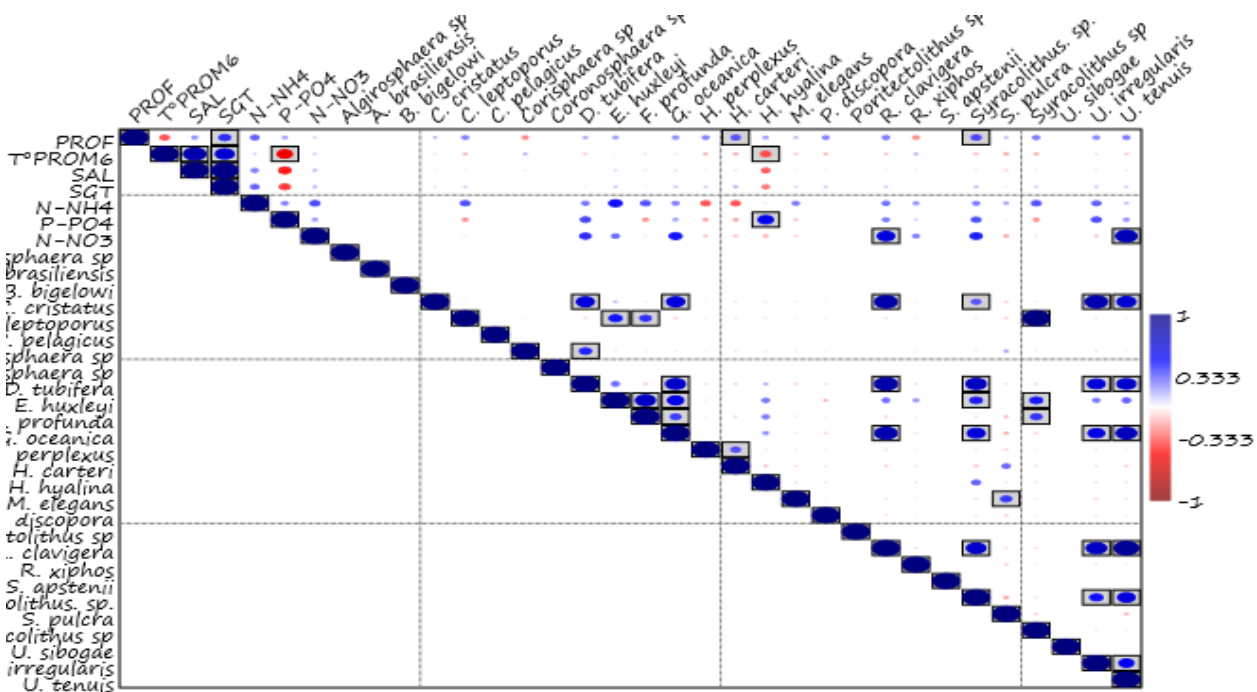


Figura 34. Gráfica de Correlación de Pearson vs las especies encontradas en PROMEBIO VI: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una correlación positiva fuerte, mientras que valores cercanos a -1 y <0.05 indican correlación negativa fuerte, los y valores cercanos a

7.9.2 “Nortes” (PROMEBIO VIII)

La grafica de correlación de Pearson entre las variables ambientales y la abundancia total (Fig. 33) muestra una correlación positiva significativa con la temperatura y la profundidad, y con la salinidad una correlación negativa relevante pero baja, con la densidad fue negativa notable y con los nutrientes tuvo una correlación negativa relevante con N-NO₃ y P-PO₄ mientras con el N-NH₄ no tuvo correlación significativa.

La gráfica de la correlación de Pearson (Fig. 34) entre las variables ambientales y especies encontradas en las tres zonas de PROMEBIO VIII mostraron que la profundidad tuvo correlaciones significativas con *E. huxleyi* y *G. oceanica* y correlaciones débiles *C. murrayi* y *R. clavigera*.

La temperatura tuvo una correlación positiva *E. huxleyi* y *G. oceanica* y tendieron a ser más abundantes en aguas templadas.

Respecto a la salinidad, se observó una correlación positiva muy débil con *F. profunda* y correlaciones negativas débiles con algunas especies como *C. pelagicus*, *E. huxleyi*, *G. oceánica* y *U. tenuis*.

Con la S-t hubo correlación negativa significativa con *E. huxleyi*, *G. oceanica* y correlación negativa débil con *C. murrayi*, *C. pelagicus*, *R. clavigera* y *U. tenuis*.

Respecto a los nutrientes hubo únicamente una correlación débil de N-NH₄ con *C. pelagicus*, con P-PO₄ tuvo una correlación negativa débil con *E. huxleyi* y respecto al N-NO₃ tuvo correlaciones negativas débiles *E. huxleyi* y *G. oceánica*.

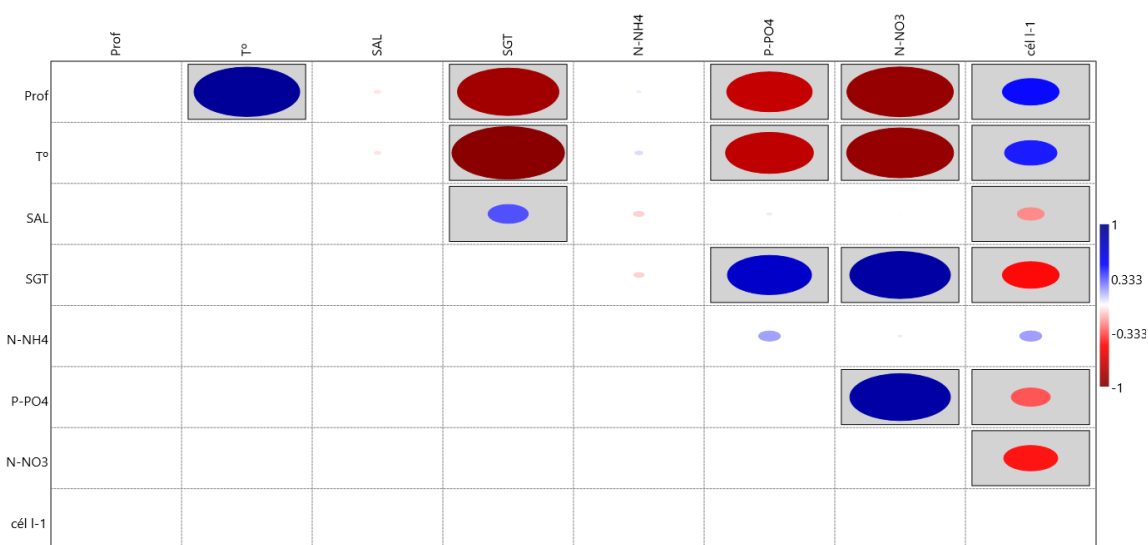


Figura 35. Gráfica de Correlación de Pearson y la abundancia total encontrada en PROMEBIO VIII: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una correlación positiva fuerte, mientras que valores cercanos a -1 y <0.05 indican correlación negativa fuerte, los y valores cercanos a 0 reflejan baja correlación.

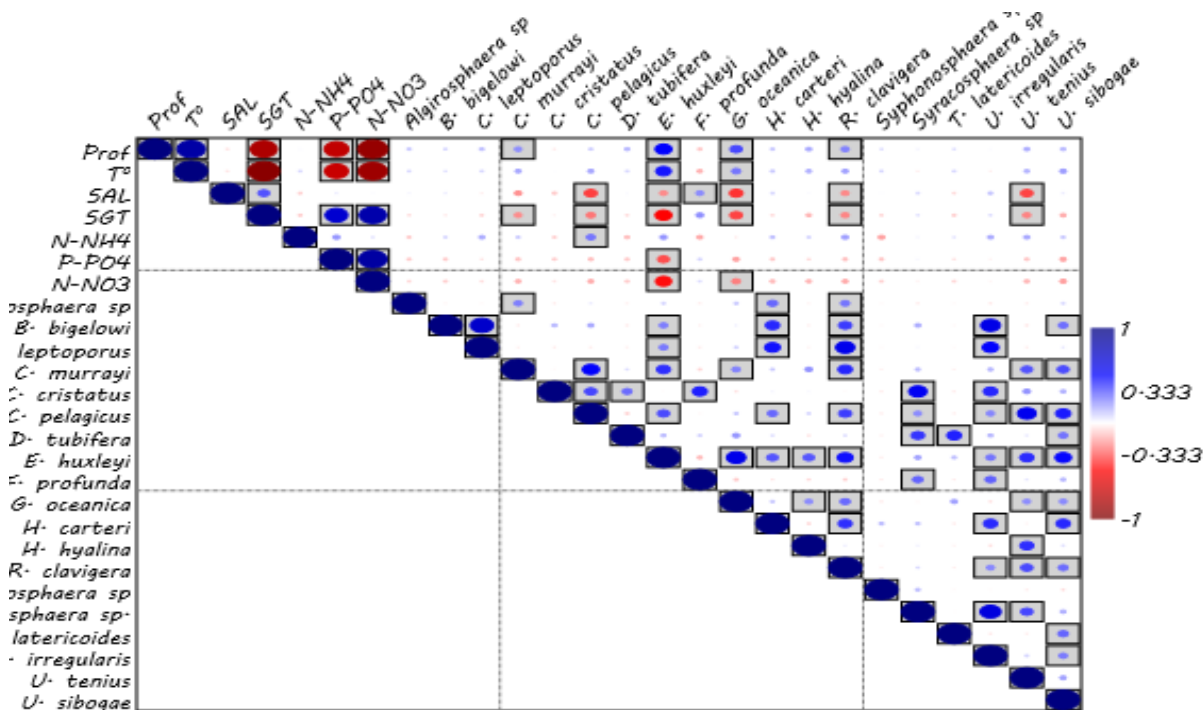


Figura 36. Gráfica de Correlación de Pearson y las especies encontradas en PROMEBIO VIII: Valores cercanos a 1 y >0.05 indican una valoración positiva, valores cercanos a -1 y <0.05 indican valoración negativa, y valores cercanos a 0 reflejan baja correlación.

CAPITULO VIII

8. DISCUSIÓN

8.1 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD

Se estudió la estructura de la comunidad de cocolitofóridos en el sur del Golfo de México y las diferencias en su distribución espacial y vertical en dos temporadas estacionales, así como la influencia de factores oceanográficos y fluviales.

Los muestreos se realizaron durante la temporada de lluvias de 2002 y época de “Nortes” de 2004, en tres zonas de estudio: Cañón de Campeche (zona Oceánica), frente a los ríos Grijalva-Usumacinta y Coatzacoalcos (zona costera).

La estructura de la comunidad de los cocolitofóridos en este estudio se definió en términos de composición, abundancia, diversidad y distribución. Se identificaron en ambos muestreos 23 especies y 6 géneros sumando 29 taxones en total, los cuales son un valor cercano a las 31 especies reportadas para la zona por Garcia-Reséndiz (2003) y a los 33 taxones reportados con anterioridad por Gaarder y Hasle (1971) para el suroeste del Golfo de México, pero en todos los casos por debajo a los 39 encontrados por Bauman y Boeckel (2013).

La abundancia de cocolitofóridos de manera general fue baja, se situaron desde cero hasta 1.6×10^4 en temporada de lluvias y desde cero hasta 4.9×10^4 en “Nortes” como en la mayoría de las zonas subtropicales, esto con respecto a la cantidad que cocolitofóridos registrados en zonas de aguas templadas y subpolares que llegan a 1.0×10^8 cél l⁻¹ (Taylor *et al.*, 2017) y en aguas de Japón Yano *et al.*, (2024) encontraron grandes proliferaciones en un florecimiento de *Gephyrocapsa oceanica*, con densidades de hasta 5.3×10^6 cél l⁻¹.

En costas tropicales del Pacífico mexicano la especie *Reticulofenestra sessilis*, asociada con la diatomea *Thalassiosira punctifera*, fue encontrada en altas abundancias relativas, con más 7.0×10^4 cél l⁻¹ en superficie en la Bahía de Acapulco, donde la abundancia total de cocolitofóridos llegó a más de 1.2×10^5 cél l⁻¹ (Torres-Martínez, 2012).

De la totalidad de las especies encontradas en el presente trabajo, se observó que la mayoría presentó una abundancia menor a 1000 cél l⁻¹, con la excepción de *E. huxleyi* que fue la especie que más destacó en abundancia superando las 1000 cél l⁻¹, seguida de *G. oceánica*. Esto coincide con Baumann y Boeckel (2013) donde encontraron que *E. huxleyi* fue la especie más abundante en todas las estaciones con concentraciones que alcanzaron hasta 2.2×10^3 cél l⁻¹.

Las especies dominantes en ambas temporadas climáticas de manera constante en la zona fueron *E. huxleyi* y *G. oceanica* que se observaron en prácticamente todas las estaciones, lo que coincide con García-Reséndiz (2003) que destacó la presencia en la zona oceánica y la abundancia *E. huxleyi* y *G. oceanica* frente a la zona de descarga de los ríos Grijalva-Usumacinta.

En ambos muestreos, se identificaron a *Syracosphaera* sp. y *F. profunda*, como **especies secundarias** que en algunos casos puntuales superaron las 1000 cél l⁻¹, sin embargo, hay algunas especies que destacaron por tener más de 1000 cél l⁻¹ en alguna muestra o zona como lo fueron *S. pulchra*, *U. tenuis*, *D. tubifera*, *R. clavigera*, *U. sibogae*

Por tanto, al comparar los cocolitofóridos identificados en temporada de lluvias y “Nortes”, se observó que la mayoría de las especies se mantuvieron con bajas densidades, incluso la diversidad cambió y se identificaron diferencias notables entre las especies de cocolitofóridos presentes en “Nortes” (febrero) y las halladas en lluvias (junio).

Ninguna de las especies mostró una abundancia comparable a la de *E. huxleyi*, que estuvo presente en prácticamente toda la columna de agua. Esto coincide con lo encontrado por Baumann y Boeckel (2013) donde señalan que hay variaciones en la composición de especies según las condiciones locales o temporales o que los cocolitofóridos tienden a migrar con las masas de agua en los cambios estacionales (Kang *et al.*, 2016).

8.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Aunque las especies que persistieron en ambos muestreos fueron *E. huxleyi*, *G. oceanica* y *Syracosphaera* sp., se observaron cambios en la diversidad de especies de la temporada de lluvias a los “Nortes”, tal es el caso de las siguientes especies que sobresalieron: *S. pulchra* estuvo presente en lluvias en la ZO y CTZ, sin embargo, en la época de “Nortes” no apareció en ninguna zona. *U. tenuis* y *D. tubifera* estuvieron presentes en las 3 zonas en lluvias, pero no se encontraron en época de “Nortes” en la zona de CTZ. *R. clavigera* estuvo presente en las tres zonas en lluvias, sin embargo, en

los “Nortes” solo apareció en G-U. *U. sibogae* estaba presente en las ZO y CTZ en lluvias, no obstante, durante los “Nortes” solo apareció en la zona G-U, ya sea que estaban confinadas a una estación y profundidad, lo que indica una sucesión estacional por la influencia de la temperatura y las masas de agua presentes en cada época, coincidiendo con los hallazgos de García-Reséndiz (2003).

8.3 DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La especie que más destacó en ambos muestreos fue *E. huxleyi* que estuvo presente en casi todas las estaciones y profundidades, seguida de *G. oceanica* que se encontró en casi todas las estaciones, pero estuvo ausente en algunas profundidades. Las siguientes especies consideradas secundarias estuvieron en algún momento presentes y con una abundancia mayor a 1000 cél l⁻¹ teniendo diferente comportamiento: *F. profunda* estuvo siempre por debajo de los 50 m en ambos muestreos y *Syracosphaera* sp. en las estaciones que se encontraron en lluvias, la mayoría de las veces estuvo por encima de los 50 m, en época de “Nortes” se llegó a encontrar desde la superficie hasta los 200 m.

Como especies de menor importancia se encuentra *Syracosphaera pulchra*, en lluvias, que estuvo distribuida en las diferentes profundidades de las estaciones donde se encontró, sin embargo, en la época de “Nortes” no estuvo presente en ninguna estación. *Discosphaera tubifera* se distribuyó en superficie y subsuperficie hasta 60 m en lluvias, y en los “Nortes” tuvo apariciones ocasionales incluso ocurriendo hasta 100 m de profundidad. *Umbellosphaera tenuis* se encontró desde la superficie hasta a los 80 m en lluvias y de los 40 m a los 100 m en época de “Nortes”. *Rhabdosphaera clavigera* en su mayoría estuvo en aguas superficiales por encima de los 50 m y en los “Nortes” tuvo un comportamiento similar y *Umbilicosphaera sibogae* encontró casi ausente en lluvias y en los “Nortes” estuvo presente en casi todas las profundidades.

Lo anterior concuerda con los resultados de Baumann *et al.*, (2013), quien observó una sucesión vertical de especies de cocolitofóridos en el norte del Golfo de México, que en este estudio la sucesión fue estacional.

De manera particular, *F. profunda* se mantuvo como especie secundaria y comportándose de acuerdo con lo reportado anteriormente en profundidades por debajo de los 60 m, donde la luz y la cantidad de nutrientes a pesar de ser bajos, son suficientes para que se mantenga la especie en los dos muestreos, aunque con cantidades muy por debajo de lo reportado por Baumann (2013). Taylor *et al.*, 2017; Balch, 2018

8.4 ÍNDICES DE DIVERSIDAD APLICADOS.

La interpretación de la diversidad no solo se basó en el número de especies, sino también en cómo se comportaron esas especies en términos de abundancia relativa. Esto se notó en estaciones que tuvieron pocas especies y sus índices de diversidad se pudieron considerar altos, si estas estaban de manera equitativa. Por otro lado, se observó baja diversidad a pesar de un número relativamente alto de especies, pero una o dos dominaron en el ambiente.

En temporada de lluvias (**PROMEBIO VI**) los resultados del índice de diversidad de Shannon en relación con las profundidades variaron desde 0 a 3.14 bits. Sin embargo, al hacer un análisis por estaciones, en la ZO se pudo observar una diversidad de moderada a alta en las E25 hasta la E42a, la dominancia va de moderada a baja y la equitabilidad es baja. La E43 tiene una diversidad moderada, la dominancia es baja y la equitabilidad alta, a pesar de tener pocas especies con baja abundancia por otro lado resaltó la E52 con una diversidad alta, una dominancia baja y una equitabilidad alta con una distribución equitativa.

En la ZGU, se observó una alta diversidad de especies con los índices de dominancia bajos, lo que indica una distribución uniforme de las especies. Respecto a la equitabilidad, también fue alta, por lo que se dedujo una distribución equitativa de las especies encontradas.

En la ZCT, en las E193 y E204, se mostró una diversidad moderada de especies con índices de dominancia bajos y alta equitabilidad fue lo que indicó una distribución uniforme de las especies. En la E216, se observó un índice de diversidad bajo, la dominancia fue más alta y la equitabilidad fue baja lo que mostró una distribución menos uniforme y no tan equitativa.

Las E193 y E204 tuvieron un número similar de especies, pero E204 mostraron un índice de Shannon ligeramente más alto, indicando una mayor diversidad en comparación con E193.

En la época de “Nortes” (**PROMEBIO VIII**), los resultados en relación con las profundidades, los índices de diversidad variaron: el de Shannon osciló de 0 a 1.65 bits, el índice de Pielou se observó de 0 a 1.0 y el índice de dominancia abarcó de 0.21 a 1.0. Sin embargo, al hacer un análisis por estaciones se observó en la ZO que la diversidad fue de moderada a alta en las E12, E13 y E20.

Su equitabilidad fue de moderada a alta y la dominancia fue alta en la E12 y E13, mientras que en la E20 fue moderada. En la E19, la diversidad fue baja, la equitabilidad fue alta, y la dominancia fue baja esto se debió a las pocas especies encontradas, mientras que en la E27 la diversidad fue moderada, la equitabilidad baja y la dominancia alta.

En la ZGU, se pudo considerar que las E57 y E59 tuvieron una diversidad y equitabilidad similar, mientras que la E58 tuvieron una diversidad un poco más alta, pero una equitabilidad baja, las tres estaciones tuvieron una dominancia de moderada a alta, pero se hizo más evidente en la E58, lo que indicó una distribución menos uniforme de especies.

8.5 VARIABLES AMBIENTALES

En el estudio realizado por Baumann (20013), en el suroeste del Golfo de México subtropical, en marzo de 2006, se encontró una estratificación vertical en algunas especies de cocolitofóridos. Se encontraron estaciones en la zona oceánica con cantidades mínimas de organismos, lo que indica condiciones oligotróficas. Esto fue evidente en estaciones como la 19 y 20 en la zona oceánica, y se mantuvo durante los “Nortes” en la estación 27, así como en lluvias en la estación 43. Este patrón cónico se observó en algunas estaciones en contraste con la presencia amplia y constante en otras, sugirió la existencia de una zona oligotrófica debido a un giro anticiclónico entre la zona del Cañón y el banco de Campeche en el Golfo de México (Duran Campos Salas de león 2017).

Además, la temperatura mostró una influencia significativa en la abundancia de los cocolitofóridos con una mayor presencia de la especie *E. huxleyi* en temperaturas por debajo de los 25°C en los “Nortes”. Sin embargo, esta relación no se observó en lluvias cuando las temperaturas estuvieron por encima de los 25°C.

Durante la temporada de lluvias (PROMEBIO VI), la termoclina, la haloclina y la picnoclina se encontraron a 40 m de profundidad (Fig. 4). La salinidad mostró un patrón vertical complejo con aumentos y descensos de la salinidad, resultados del movimiento vertical inducido por procesos de evaporación que resultaron en un aumento de la salinidad superficial, este efecto no fue visible en la densidad relativa o sigma-t debido a que el efecto de la temperatura sobre la densidad fue mayor que el de la salinidad.

Durante los “Nortes” de 2004 (febrero), la termoclina, la haloclina y la picnoclina en promedio se situaron en los 60 m de profundidad.

En este caso fue evidente el efecto de la mezcla vertical y la profundización de las clinas inducidas por el efecto de las tormentas tropicales localmente conocidas como “Nortes”. La pérdida de calor se reflejó en las diferencias de temperatura entre los datos de temperatura durante la campaña de lluvias (PROMEBIO VI) y la de la época de “Nortes” (PROMEBIO VIII) en el diagrama T-S (Figs.4 y 5)

Tomando en cuenta las masas de agua existentes en las estaciones oceánicas en lluvias (PROMEBIO VI) los organismos estuvieron integrados al Agua Superficial del Caribe (ASC), Agua Común del Golfo (ACG), Agua Tropical Superficial del Caribe (ASCr) donde la presencia en cantidad de *E. huxleyi* en profundidades mayores en la zona oceánica contrastó con la mayor abundancia en zonas costeras, donde la mayor cantidad de células estuvieron en aguas superficiales.

En las muestras obtenidas hasta los 200 m en las zonas oceánicas en la época de “Nortes” (PROMEBIO VIII), los organismos estuvieron integrados a las masas de Agua Común del Golfo (ACG), Agua Tropical Superficial del (Caribe ASCr), Agua Subsuperficial Subtropical del Atlántico Norte y Agua del Atlántico Central (ACAT) donde *E. huxleyi* tuvo una mayor presencia en aguas profundas de la zona oceánica mientras que en la zona costera la mayor presencia fue en aguas superficiales esto debido a que las muestras no hubo necesidad de llegar a más profundidad (Baumman 2013).

8.5.1 Correlación entre variables

8.5.1.1 Lluvias (PROMEBIO VI)

De manera general, ninguna especie encontrada exclusivamente en la Zona Oceánica presentó correlaciones significativas con las variables ambientales, de profundidad, temperatura y densidad (Fig. 32), o con los nutrientes registrados ya que las especies identificadas presentaron picos de abundancia a lo largo de la columna de agua.

Debido a que la temperatura tampoco tuvo correlaciones significativas en los rangos que fueron registrados, se considera que las temperaturas presentadas son adecuadas para la presencia de las poblaciones de cocolitofóridos.

Por otro lado, la salinidad no presentó correlaciones especies, por lo que se puede considerar suficientes para el desarrollo de los cocolitofóridos en la zona.

Por otro lado, la S-t no hubo correlación con ninguna de las especies, lo que indicó que no influye en el desarrollo de los organismos,

Respecto a los nutrientes. el $N-NH_4$ no hubo correlaciones significativas con alguna especie, siendo en este caso que no hubo influencia de este nutriente con los cocolitofóridos.

El $N-NO_3$ mostro una correlación negativa con *E. huxleyi* y *G. oceanica* siendo coincidente la manera alterna de la baja presencia de organismos con la cantidad de mg/l de los nitritos.

El $P-PO_4$ mostró correlación positiva significativa solo con *H. hyalina*, sin embargo, no es entendible esta correlación ya que esta especie se encontró en pocas estaciones con una abundancia mínima.

Estas correlaciones se pudieron observar en las gráficas de densidad poblacional y nutrientes donde en la mayoría de las veces el pico de abundancias no coincidió con el pico de nutrientes y viceversa.

8.5.1.2 “Nortes” (PROMEBIO VIII)

La correlación de las especies con las variables ambientales se presentó de manera diferente (Fig. 8.14) a las presentadas durante las lluvias. Las tres zonas de muestreo de la época de “Nortes” (PROMEBIO VIII) mostraron diferencias a lo presentado en lluvias (PROMEBIO VI).

E. huxleyi y *G. oceanica* presentaron correlaciones significativas con la profundidad. Con la temperatura tuvieron una correlación positiva con estas especies y tendió a ser más frecuentes en las temperaturas templadas por la población de cocolitofóridos que tuvieron un mejor desarrollo.

Respecto a la salinidad, se observaron correlaciones negativas débiles con algunas especies como *C. pelagicus*, *E. Huxleyi*, *G. oceanica*, *R. clavigera* y *U. tenuis* y una correlación positiva débil con *F. profunda*. En lo referente a la densidad S-t tiene las mismas correlaciones con las mismas especies.

Con la S-t hubo correlación negativa significativa con *E. huxleyi*, *G. oceanica* y correlación negativa débil con *C. murrayi*, *C. pelagicus*, *R. clavigera* y *U. tenuis* y tendieron a estar presentes en aguas más densas.

Respecto a los nutrientes *C. pelagicus* tuvo una correlación débil con **N-NH₄**; *E. huxleyi* y *G. oceanica* tuvieron correlaciones negativas débiles con **N-NO₃** y solo *E. huxleyi* tuvo una correlación negativa con **P-PO₄**.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES

En este estudio se identificaron, durante la época de lluvias de 2002 (junio), 21 especies y 6 géneros en 58 muestras recolectadas de 12 estaciones entre las profundidades de 5 a 80 m y una estación hasta los 100 m de profundidad.

En temporada de “Nortes” (febrero) de 2004, se encontró mayor densidad poblacional pero menor diversidad de especies, disminuyendo las profundidades en las estaciones frente a las zonas costeras. Se identificaron 16 especies y 3 géneros en 77 muestras recolectadas en 10 estaciones entre las profundidades de 5 a 200 m.

En temporada de lluvias se encontró una mayor diversidad de especies, pero una menor abundancia de organismos que variaron de 0 organismos hasta 1.6×10^4 cél l⁻¹. En contraste, en la época de “Nortes” se encontró una menor diversidad, pero una mayor abundancia de organismos que fueron de 0 cél l⁻¹ hasta 4.9×10^4 cél l⁻¹.

Se observó que las condiciones oligotróficas en la zona oceánica del Golfo de México influyeron en la distribución y abundancia de los cocolitofóridos al igual que las aportaciones de los ríos en las zonas costeras. Por lo tanto, las condiciones oceanográficas y las masas de agua influyen en la distribución vertical y horizontal de los organismos.

Las especies que sobresalieron fueron *E. huxleyi* y *G. oceanica* por su presencia y abundancia en las dos campañas, mientras otras especies *F. profunda* sobresalieron por confirmar su presencia en aguas profundas.

La continua presencia de *E. huxleyi* y *G. oceanica* como especies dominantes en diferentes estaciones remarca la importancia que tuvieron en estructura de la comunidad de cocolitofóridos, principalmente en las áreas donde llegaron las descargas de los ríos Grijalva-Usumacinta.

Se observó que la diversidad de especies cambio notablemente en ambos muestreos por lo que hubo una sucesión de cocolitofóridos en cada estación.

REFERENCIAS

- Aldeco, J., Monreal-Gómez, M.A., Signoret, M., Salas-de León, D.A., Hernández-Becerril, D.U. (2009). Occurrence of a subsurface anticyclonic eddy, fronts, and *Trichodesmium* spp. over the Campeche Canyon region, Gulf of Mexico. *Ciencias Marinas* 35(4): 333–344.
- Arriola-Pizano, J.G., Aldeco-Ramírez, J., Salas-de León, D.A., Pagano, M., Mendoza-Vargas, L. (2022). Distribution, abundance, and diversity of euphausiids and their relationships with hydrodynamic processes in Campeche Canyon, Gulf of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93 (2022): e933723. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3723>
- Baumann, K. H., Andruleit, H., & Samtleben, C. (2000). Coccolithophores in the Nordic Seas: Comparison of living and Holocene assemblages. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 52(11), 1959-1980. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2005.05.005>
- Baumann, K.-H., & Boeckel, B. (2013). Spatial distribution of living coccolithophores in the southwestern Gulf of Mexico, *J. Micropalaeontol.*, 32, 123–133, <https://doi.org/10.1144/jmpaleo2011-007>.
- Billard, C., 1994 Life cycles. In: J. C. Green & B. S. C. Leadbeater (eds), *The haptophyte algae. Systematics Association Special volumes*, p. 167-186, Clarendon Press.
- Balch, W. M. (2018). The ecology, biogeochemistry, and optical properties of coccolithophores. *Annual Review of Marine Science*, 10, 71-98. doi: 10.1146/annurev-marine-121916-063319
- Billard, C., Inouye, I. (2004). What is new in coccolithophore biology? In: Thierstein, H.R., Young, J.R. (eds) *Coccolithophores*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-06278-4_1
- Brand, L.E (1994). Physiological ecology of marine coccolithophores in: Winter, A., Siesser, W. (Eds.) 1994. *Coccolithophores*. Cambridge University Press. 39-49.
- Bollmann, J., Baumann, K. H., & Thierstein, H. R. (1998). Global dominance of *Gephyrocapsa* coccoliths in the late Pleistocene: Selective dissolution, evolution, or differential production? *Marine Micropaleontology*, 36(1-2), 90-104.
- Bollmann, J., Cortés, M.Y., Haidar, A.T., Brabec, B., Close, A., Hofmann, R., Palma S., Tupas L., Thierstein, H.R. (2002). Techniques for quantitative analyses of calcareous marine phytoplankton. *Mar. Micropaleontol.* 44 163-185.
- Bollmann, J. (1997). Morphology and biogeography of *Gephyrocapsa* coccoliths in Holocene sediments. *Marine Micropaleontology*, 29(3-4), 319-350.

- Bollmann, J., Baumann, K. H., & Thierstein, H. R. (1998). Global dominance of *Gephyrocapsa* coccoliths in the late Pleistocene: Selective dissolution, evolution, or differential production? *Marine Micropaleontology*, 36(1-2), 90-104.
- Brown, C. W., & Yoder, J. A. (1994). Coccolithophorid blooms in the global ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 99(C4), 7467-7482. <https://doi.org/10.1029/93JC02156>
- Coria-Monter, E., M. A. Monreal-Gomez, D. A. Salas-de-Leon, J. Aldeco-Ramírez, and M. Merino-Ibarra (2014). Differential distribution of diatoms and dinoflagellates in a cyclonic eddy confined in the Bay of La Paz, Gulf of California, J. Geophys. Res. Oceans, 119, 6258–6268, doi:10.1002/2014JC009916.
- Cortés, M.Y., Bollmann, J., Thierstein H.R. (2001). Coccolithophore ecology at the HOT station ALOHA, Hawaii. *Deep-Sea Res. II* 48: 1957-1981.
- Cros, L. (2002). *Planktonic Coccolithophores or the NW Mediterranean*. Publicacions Universitat de Barcelona. Barcelona. 363 pp.
- Cros, L., & Estrada, M. (2013). Ciclos de vida de los holoheterococcolitóforos: implicaciones ecológicas. *Serie de avances en ecología marina*, 492, 57-68.
- Díaz-Flores, M.A., Salas-de-León, D.A., Monreal-Gómez, M.A. (2017). Origin and evolution of cyclonic eddy of the Bay of Campeche, Gulf of Mexico. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 52(3):441-450, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572017000300003>.
- Díaz-Flores, M.A. (2004). Estudio de las Corrientes en la Bahía de Campeche Utilizando un Perfilador Acústico Doppler (ADCP). Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, septiembre 23 de 2004, México D.F., México.
- Durán-Campos, E., Salas-de-León, D.A., Monreal-Gómez, M.A., & Coria-Monter, E. (2017). Patterns of chlorophyll-a distribution linked to mesoscale structures in two contrasting areas Campeche Canyon and Bank, southern Gulf of Mexico. *Journal of Sea Research*, 123, 30–38. <https://doi.org/10.1002/2014JC009916>
- Eikrem, W., Medlin, L. K., Henderiks, J., Rokitta, S., Rost, B., Probert, I., Throndsen, J., & Edvardsen, B. (2020). Haptophyta. En J. M. Archibald, A. G. B. Simpson, & C. H. Slamovits (Eds.), *Handbook of the Protists* (pp. 1-65). Springer.
- Flores-Coto, C., Sanvicente-Añorve, L., & Sánchez-Ramírez, M. (1993). Estudio preliminar del fitoplancton de la Sonda de Campeche. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 20(2), 99-110.

- Gaarder, K.R. and Hasle G.R. (1971). Coccolithophorids of the Gulf of México. *Bull. Mar. Sci.* 2: 519-544.
- García, E. (1990). Carta Climática In: Atlas Nacional de México. Inst. Geogr. UNAM. IV 1.10.
- García-Reséndiz, J.A. (2003). Estructura del fitoplancton y su relación con las condiciones oceanográficas en el sureste del Golfo de México (abril 2000). Tesis de licenciatura Fac. Ciencias. UNAM. 49pp
- Heimdal, B.R. (1997). Modern Coccolithophorids. pp. 731-830 En: Tomas, C.R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton* Academic Press, San Diego. 731-831.
- Henderiks, J. (2008). Coccolithophore size rules—Reconstructing ancient cell geometry and cellular calcite quota from fossil coccoliths. *Marine Micropaleontology*, 67(1-2), 143-154. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2008.01.005>
- Hernández-Becerril, D.U., Aquino-Cruz, A., Salas-de-León, D.A., Signoret-Poillon, M., Monreal-Gómez, M.A. (2012). Studies on picophytoplankton in the southern Gulf of Mexico: pigment analysis and potential importance of the picoeukaryote Prasinophyte *Micromonas pusilla*. *Marine Biology Research*, 8(4):331-340, <https://doi.org/10.1080/17451000.2011.638639>
- Hernández-Becerril, D.U. Bravo-Sierra, E. Ramírez-Valdés, Y. (2001). Coccolithophorids from the west coast of Baja California, Mexico. *Hydrobiología* 452: 31-45.
- Hernández-Becerril, D., García-Reséndiz, J., Salas-de León, D., Monreal-Gómez, M., Signoret-Poillon, M., Aldeco-Ramírez, J. (2008). Nanoplankton fraction in the phytoplankton structure in the southern Gulf of Mexico (April 2000). *Ciencias Marinas*, 34(1), 77–90. <https://doi.org/10.7773/cm.v34i1.1263>
- Hernández-Guerra, A. (2000). Water masses and circulation in the surface layers of the Caribbean at 66°W. *Geophysical Research Letters*, 27(21):3497-3500.
- Iglesias-Rodríguez, M. D., Halloran, P. R., Rickaby, R. E., Hall, I. R., Colmenero-Hidalgo, E., Gittins, J. R., ... & Tyrrell, T. (2008). Phytoplankton calcification in a high-CO₂ world. *Science*, 320(5874), 336-340. <https://doi.org/10.1126/science.1154122>
- Jordan, R.W., Cros, L., Young, J.R. (2004). A revised classification scheme for living haptophytes. *Micropaleontology*, 50 (Suppl_1), 55-79.
- Jordan, R. W., & Winter, A. (2000). Assemblage characteristics of coccolithophores in the northern North Atlantic and Norwegian Sea during the last 290,000 years. In H. R. Thierstein & J. R.

- Young (Eds.), *Coccolithophores: From Molecular Processes to Global Impact* (pp. 371-392). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04043-6_18
- Kang, L. K., Lu, H. M., Sung, P. t., Chan, Y. F., Lin, Y. C., Gong, G. C., & Chiang, K. P. (2016). The summer distribution of Coccolithophores and its relationship to water masses in the East China Sea. *Journal of Oceanography*, 72(5), 883–893.
- Lampert, L., Quéguiner, B., Labasque, T., Pichon, A., Lebreton, N. (2002). Spatial variability of phytoplankton composition and biomass on the eastern continental shelf of the Bay of Biscay (north-east Atlantic Ocean). Evidence for a bloom of *Emiliana huxleyi* (prymnesiophyceae) in spring 1998. *Cont. Shelf Res.* 22: 1225-1247.
- Lenes, J.M., Prospero, J.M., Landing, W.M., Virmani, J.I., Walsh, J.J. (2012). A model of Saharan dust deposition to the eastern Gulf of Mexico. *Marine Chemistry*, Vol. 134–135, <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2012.02.007>.
- Lenes, J.M., Darrow, B.P., Cattrall, C., Heil, C.A., Callahan, M., Vargo, G.A., Byrne, R.H., Prospero, J.M., Bates, D.E., Fanning, K.A., Walsh, J.J. (2001). Iron fertilization and the Trichodesmium response on the West Florida shelf. *Limnology and Oceanography*, 46(6), 1261-1277.
- Margalef, R. (1980). *Ecología*. Editorial Omega. Barcelona.
- Monreal-Gómez, M.A. y Salas-de-León, D.A. (1990). Simulación de la circulación de la Bahía de Campeche. *Geofís Int.* 29 (2):101-111.
- Monreal-Gómez, M.A. y Salas-de-León, D.A. (1997)- Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, en: *Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3*, Unión Geofísica Mexicana.
- Nowlin, W.D. (1972). Winter circulation patterns and property distributions. In: Capurro, L. R. A & J.L. Reid (Eds.) *Contributions on the physical oceanography of the Gulf of México*. University of Texas Press, Austin: 3-52.
- Okada, H., & Honjo, S. (1973). The distribution of oceanic coccolithophorids in the Pacific. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 20(4), 355-374.
- Parsons, M.L., Brandt, A.L., Turner, R.E., Morrison, W.L., Rabalais, N.N. (2021). Characterization of common phytoplankton on the Louisiana shelf. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 168, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112458>.
- Pienaar, R.N. (1994). Ultrastructure and calcification of coccolithophores in: Winter, A., Siesser, W. (Eds.) 1994. *Coccolithophores*. Cambridge University Press. 13-37.

- Portela, E., Tenreiro, M., Pallàs-Sanz, E., Meunier, T., Ruiz-Angulo, A., Sosa-Gutiérrez, R., Cusí, S. (2018). Hydrography of the central and western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123, 5134–5149. <https://doi.org/10.1029/2018JC013813>.
- Ridgwell, A., & Schmidt, D. N. (2010). Past constraints on the vulnerability of marine calcifiers to massive carbon dioxide release. *Nature Geoscience*, 3(3), 196-200.
- Riebesell, U., Kortzinger, A., Oschlies, A., 2009. Sensitivities of marine carbon fluxes to ocean change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106 (49), 20602–20609.
- Riverón-Enzástiga, M.L. (2008). *Análisis de la variabilidad de las descargas de agua de los principales ríos de la cuenca del Golfo de México*. Tesis de Licenciatura, Carrera de Actuaría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Mx. México, 98.
- Rodríguez, J., (2005). La estructura de tamaños del plancton: un tópico interdisciplinario y Margalefiano. *Ecosistemas*, 14(1): 40-51
- Santoyo, H y Signoret, M (1973). Hidrología y fitoplancton en un transecto de la plataforma continental de la Bahía de Campeche, México (agosto de 1972). *Rev. Lat-Amer. Microbiol.* 15 (4):207-215.
- Signoret, M., Aldeco, J., & Riverón, E. (2006). Variabilidad de la productividad primaria en el Golfo de México. *Atmósfera*, 19(2), 75-90.
- Simpson, J.H., Sharples, J. (2012). Introduction to the physical and biological oceanography of shelf seas. Cambridge University Press, New York, 500 p.
- Tápanes, J.J. y González-Coya, F. (1980). Hidrometeorología del Golfo de México y Banco de Campeche. *Geofísica Internacional*, 19 (4), 335-354.
- Taylor, A. R., Brownlee, C., & Wheeler, G. (2017). Coccolithophore cell biology: Chalking up progress. *Annual Review of Marine Science*, 9, 283-310.
- Tomas, C.R. (ed.) (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. Academy Press, Inc. San Diego California.
- Torres Parra, R.R., Latandret Solana, S., Salon Barros, J., Dagua Paz, C.J. (2023). Water masses in the Caribbean Sea and sub-annual variability in the Guajira upwelling region. *Ocean Dynamics* (2023) 73:39–57, <https://doi.org/10.1007/s10236-022-01529-5>.
- Torres-Martínez, R. (2012) Composición, abundancia y distribución de cocolitofóridos del Pacífico tropical mexicano (abril-mayo, 2010) Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM
- Torres-Martínez, R. (2015) Composición, abundancia y distribución de cocolitofóridos (Haptophyta) en el Pacífico mexicano Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

- Tyrrell, T., & Merico, A. (2004). *Emiliana huxleyi*: Bloom observations and the conditions that induce them. In H. Thierstein & J. R. Young (Eds.), *Coccolithophores: From Molecular Processes to Global Impact* (pp. 75-97). Springer.
- Valencia-Gasti, J. A., Camacho-Ibar, V. F., & Herguera, J. C. (2022). Water mass structure and mixing fractions in the deepwater region of the Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127, e2021JC017705. <https://doi.org/10.1029/2021JC017705>
- Vázquez de la Cerda, A.M. (1993). *Bay of Campeche Cyclone*. Tesis de doctorado. Texas A&M University. 91 pp.
- Vajravelu, M., Martin, Y., Ayyappan, S., Mayakrishnan, M. (2017). Seasonal influence of physico-chemical parameters on phytoplankton diversity, community structure and abundance at Parangipettai coastal waters, Bay of Bengal, southeast coast of India. *Oceanologia* 60 (2) (2017), pp. 114-127, 10.1016/j.oceano.2017.08.003
- Young, J. R., & Bown, P. R. (1997). Higher classification of calcareous nannofossils. *Journal of Nannoplankton Research*, 19 (1), 15-20.
- Winter, A., Jordan, R. W., & Roth, P. H. (2014). *Biology and Paleontology of Coccolithophores*. Cambridge University Press.
- Winter, A., & Siesser, W. G. (1994). *Coccolithophores*. Cambridge University Press
- Young, J. R. (1994). Functions of coccoliths. In A. Winter & W. G. Siesser (Eds.), *Coccolithophores* (pp. 63-82). Cambridge University Press.
- Young, J. R., & Westbroek, P. (1991). Genotypic and phenotypic variability in the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* and its possible evolutionary significance. *Biological Reviews*, 66(1), 33-72.
- Young, J. R., Geisen, M., & Probert, I. (2005). A review of selected aspects of coccolithophore biology with implications for paleobiodiversity estimation. *Micropaleontology*, 49(S1), 1-15.

ANEXOS

Tabla XI Lista de especies de cocolitofóridos encontrada en PROMEBIO VI (lluvias)

		Estacion 25						Estacion 26					Estacion 33					Estacion 35					Estacion 42a					Estacion 43				
	Especies	5 m	20 m	45 m	60 m	80m	5 m	20 m	40 m	60 m	80 m	5 m	20 m	40 m	60 m	80 m	5 m	20 m	40 m	60 m	80 m	5 m	20 m	35 m	60 m	80 m	5 m	20 m	40 m	65 m	80 m	
1	<i>Algirosphaera</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	<i>Anaploneis brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	<i>Braarudosphaera bigelowi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	<i>Ceratolithus cristatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	<i>Calcidiscus leptoporus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	<i>Cocolithus pelagicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	<i>Corisphaera</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	<i>Coronosphaera</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	<i>Discosphaera tubifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1288	0	184	0	0	184	0	0	0	0	184	92	0	1196	0	0	0	0	0	0	0	0
10	<i>Emiliania huxleyi</i>	5152	1564	3772	1656	1380	0	0	368	460	9292	1288	2484	2852	1380	1196	276	736	552	184	920	1840	2392	6992	1748	10948	0	184	92	92	184	
11	<i>Florisphaera profunda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1748	0	0	0	0	0	
12	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	92	0	0	276	368	0	0	0	92	0	184	92	736	368	92	0	0	0	0	92	92	184	1748	184	2944	0	92	0	0	0	
13	<i>Hayaster perplexus</i>	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	<i>Helicosphaera carteri</i>	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	184	92	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	<i>Helicosphaera hyalina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	184	0	0	276	0	184	0	0	0	0	0	
16	<i>Michaelsarsia elegans</i>	0	0	92	276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	<i>Pontosphaera discopora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184	0	0	
18	<i>Poritectolithus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	<i>Rabdosphaera clavigera</i>	0	0	276	0	0	0	368	0	0	0	276	276	92	0	0	0	0	184	92	92	0	92	828	0	0	0	0	0	0	0	0
20	<i>Rabdosphaera xiphos</i>	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	<i>Scyphonosphaera apstenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	<i>Syracosphaera</i> sp.	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1656	92	0	0	0	0	0	0	
23	<i>Syracosphaera pulcra</i>	0	0	1012	276	0	0	0	184	92	0	276	276	368	460	92	0	0	184	92	184	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	<i>Syracolithus</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	92	736	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	<i>Umbellosphaera irregularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	92	0	92	0	368	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276	0	0	0	0	0	0	0	0
27	<i>Umbellosphaera tenuis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	

Tabla XI Lista de especies de cocolitofóridos encontrada en PROMEBIO VI (lluvias) (continuación)

		Estacion 52					Estacion 132				Estacion 140					Estacion 193					Estación 204					Estación 216				
	Especies	5 m	20 m	40 m	60 m	80 m	5 m	25 m	50 m	65 m	5 m	35 m	45 m	60 m	100 m	5 m	15 m	30 m	50 m	80 m	5 m	20 m	45 m	60 m	80 m	5 m	10 m	18 m	34 m	
1	<i>Algirosphaera sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	<i>Anaploneis brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	<i>Braarudosphaera bigelowi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	
4	<i>Ceratolithus cristatus</i>	0	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	
5	<i>Calcidiscus leptoporus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	
6	<i>Cocolithus pelagicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	92	92	0	0	0	644	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0
7	<i>Corisphaera sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	<i>Coronosphaera sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	184	368	0	184	0	0	0	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	<i>Discosphaera tubifera</i>	460	1840	1012	0	184	0	0	0	0	92	0	0	0	0	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	<i>Emiliana huxleyi</i>	2024	3864	5980	460	368	1288	1288	2576	2668	644	460	2392	3588	644	2852	736	10856	2576	276	1196	2484	2668	2852	276	5428	368	15640	2300	
11	<i>Florisphaera profunda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1104	0	0	0	828	460	0	0	0	0	
12	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	1748	4048	2392	460	184	1104	1104	2392	2852	1196	1288	736	828	1012	5520	9752	2668	184	92	276	276	0	368	0	184	0	184	92	
13	<i>Hayaster perplexus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	<i>Helicosphaera carteri</i>	0	0	0	0	0	0	0	276	0	0	276	0	0	0	0	0	0	92	0	184	92	92	92	0	0	0	0	0	
15	<i>Helicosphaera hyalina</i>	0	0	0	0	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	
16	<i>Michaelsarsia elegans</i>	0	0	0	0	184	0	92	0	276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	
17	<i>Pontosphaera discopora</i>	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	<i>Poritectolithus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	<i>Rabdosphaera clavigera</i>	644	3220	1840	276	276	0	0	0	0	92	0	92	0	0	92	0	552	0	0	0	184	0	0	0	0	0	0	0	
20	<i>Rabdosphaera xiphos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	<i>Scyphonosphaera apstenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	<i>Syracosphaera sp.</i>	184	828	1288	184	736	276	920	276	276	552	552	736	92	92	1104	920	1288	736	184	184	828	1104	0	0	0	0	828	0	
23	<i>Syracosphaera pulcra</i>	0	0	0	1104	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460	276	276	0	0	0	
24	<i>Syracolithus sp</i>	0	0	0	0	0	0	276	0	0	0	828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	92	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	<i>Umbellosphaera irregularis</i>	0	736	0	460	460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	<i>Umbellosphaera tenuis</i>	0	920	920	736	368	92	0	92	0	92	92	0	92	184	184	184	368	92	184	184	0	184	0	0	0	0	0	0	

Tabla XII Lista de especies de cocolitofóridos encontrada en PROMEBIO VIII (“Nortes”)

	Estacion 12												Estacion 13												Estacion 19												Estacion 20											
Especies	10 m	20 m	40 m	50 m	60m	80m	100m	120m	150m	180m	200m	5 m	20 m	40 m	60 m	70 m	80m	100m	120 m	150m	180	200 m	5 m	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	150 m	180 m	200 m	5 m	20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	120 m	150 m	180 m							
1 <i>Algirosphaera</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2 <i>Braarudosphaera bigelowi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3 <i>Calcidiscus leptoporus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4 <i>Calciosolenia murrayi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5 <i>Ceratolithus cristatus</i>	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	184	0	0	0	0			
6 <i>Coccolithus pelagicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7 <i>Discosphaera tubifera</i>	92	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0				
8 <i>Emiliania huxleyi</i>	4324	9200	6164	10764	15180	3404	460	920	276	276	0	1564	4416	21068	828	10488	1748	3036	552	1748	0	368	92	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	92	0	0	92	0	0	92	4508	0	92	0	0			
9 <i>Florisphaera profunda</i>	0	0	0	0	184	828	736	92	0	92	92	0	0	276	0	1196	1012	3772	0	0	92	0	0	0	0	0	460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7176	3404	0	0	0	0	
10 <i>Gephyrocapsa oceanica</i>	184	184	92	460	0	0	0	644	92	92	0	184	184	0	0	184	0	92	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	0	92	0	0	0			
11 <i>Helicosphaera carteri</i>	0	0	92	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	92	0	0	0			
12 <i>Helicosphaera hyalina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
13 <i>Rhabdosphaera clavigera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
14 <i>Syphonosphaera</i>	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15 <i>Syracosphaera</i> sp.	0	460	1656	920	920	828	0	368	92	276	0	92	0	1104	0	0	0	368	184	368	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9200	0	0	0	0		
16 <i>Tornilithus latericoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17 <i>Umbellosphaera irregularis</i>	92	0	92	0	0	92	0	460	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	552	1196	0	92	0	0	0	0		
18 <i>Umbellosphaera tenuis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184	0	0	0	1012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1012	0	0	0	0	0	0	0		
19 <i>Umbilicosphaera sibogae</i>	0	0	0	276	0	184	276	552	276	0	0	184	92	1012	276	1104	1288	2668	368	276	0	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla X Lista de especies de cocolitofóridos encontrada en PROMEBIO VIII ("Nortes") (continuación)

		Estacion 27										Estacion 57				Estacion 58										Estacion 59					Estacion 69				Estacion 85					
	Especies	5 m	20 m	40 m	60 m	70 m	80 m	100 m	120 m	150 m	180 m	10 m	20 m	30 m	40 m	10 m	20 m	30 m	40 m	60 m	80 m	100 m	110 m	10 m	20 m	30 m	40 m	48 m	5 m	10 m	20 m	30 m	10 m	20 m	40 m	60 m	80 m			
1	<i>Algirosphaera</i> sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	<i>Braarudosphaera bigelowi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	<i>Calcidiscus leptoporus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	<i>Calcosolenia murrayi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	92	0	0	0	0	92	92	0	0	0	0	276	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	<i>Ceratolithus cristatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	184	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	
6	<i>Cocolithus pelagicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	92	0	0	368	460	460	552	0	276	368	644	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	<i>Discosphaera tubifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	<i>Emiliania huxleyi</i>	0	0	0	0	10028	92	14812	1840	92	552	37996	18952	25024	23368	38088	25852	22816	34592	15732	19780	29256	7360	32384	41492	26864	16008	29440	23368	30728	17296	17020	19872	23000	34040	19688	20240			
9	<i>Florisphaera profunda</i>	0	0	0	0	0	0	2392	1104	92	276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276	368	1472	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	0	0	0	0	0	0	828	92	0	0	5980	2392	3864	3680	2116	92	92	0	0	0	0	0	2852	3772	1472	1104	2852	9568	8832	2208	1472	0	0	184	1104	552			
11	<i>Helicosphaera carteri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184	184	0	0	276	0	0	0	0	92	368	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	<i>Helicosphaera hyalina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	184	0	0	0	0	0	0	184	0	0	0	0	0	0	92	
13	<i>Rabdosphaera clavigera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	92	0	0	184	0	0	0	0	0	0	0	92	0	184	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	<i>Syphonosphaera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	<i>Syracosphaera</i> sp.	0	0	0	0	0	0	552	0	0	0	92	0	276	368	552		1196	1564	92	2576	1656	828	1472	920	1104	552	736	0	0	0	0	0	92	92	0	0	0		
16	<i>Torriithus latericoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	<i>Umbellosphaera irregularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	276	0	0	0	0	1288	0	552	1012	276	920	644	552	184		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	<i>Umbellosphaera tenuis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	184	0	460	0	1104	2116	1104	920	2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2944	828	460	2116	644		644	552	736	2392	2024	1564	1564	552	644	368	736	0	0	0	276	0	184	368	460	736			

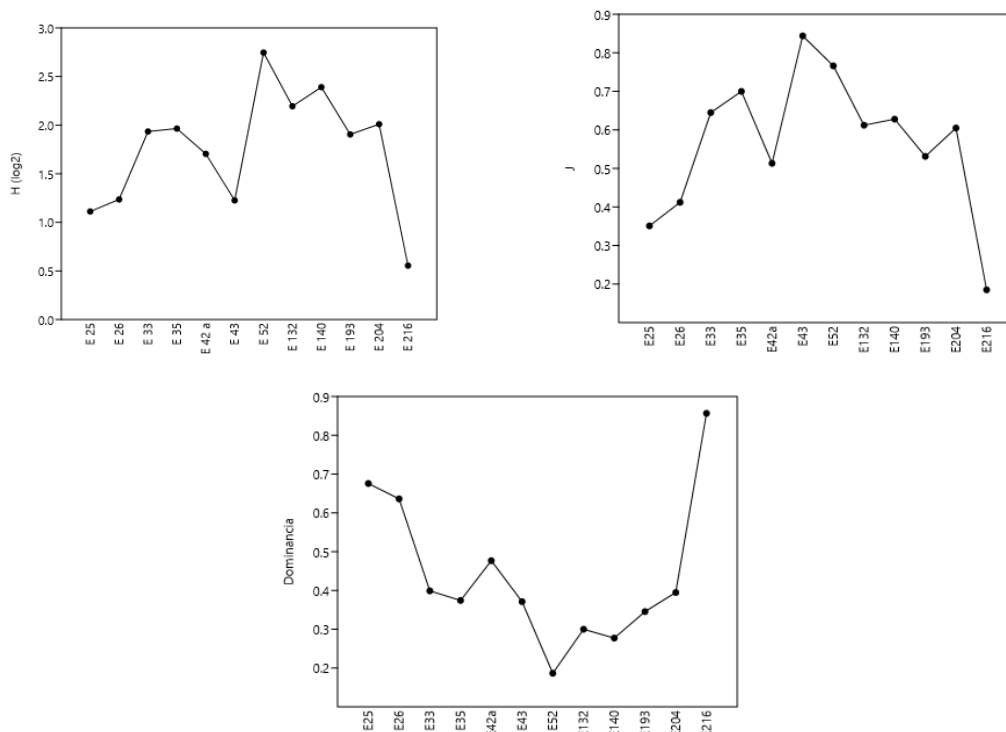


Figura 37. Gráficas de los índices de diversidad H' , J y Dominancia por estación PROMEBIO VI

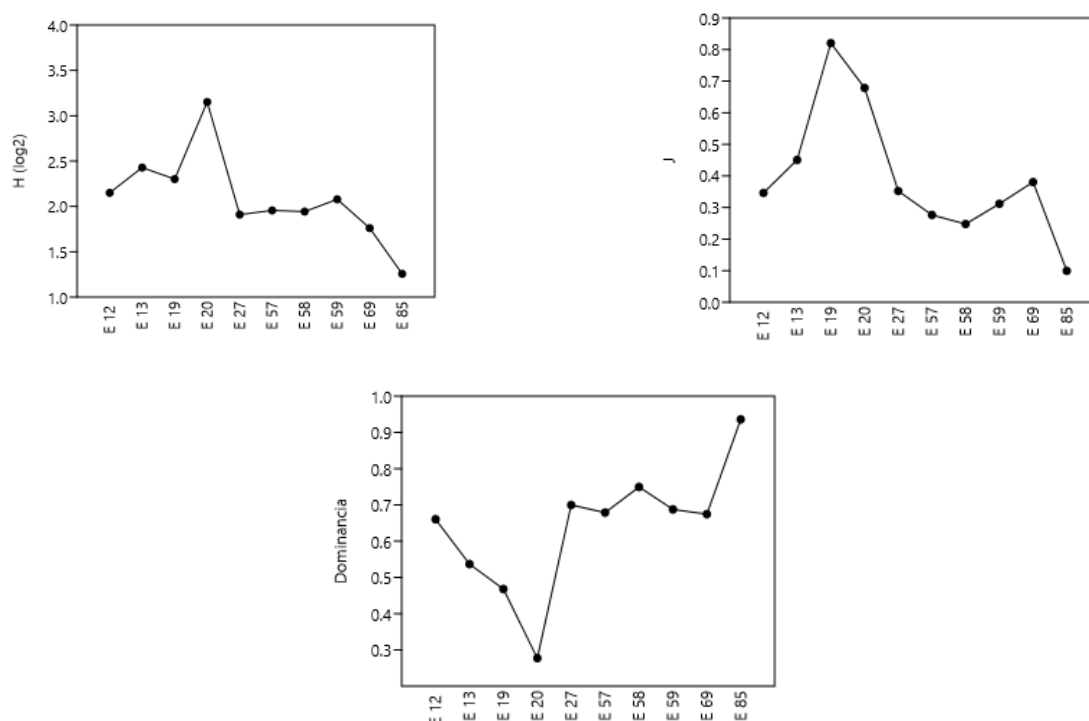


Figura 38. Gráficas de los índices de diversidad H' , J y Dominancia por estación PROMEBIO VIII

Figs.39 -67. Algunas de las especies de cocolitofóridos encontradas en el área de estudio

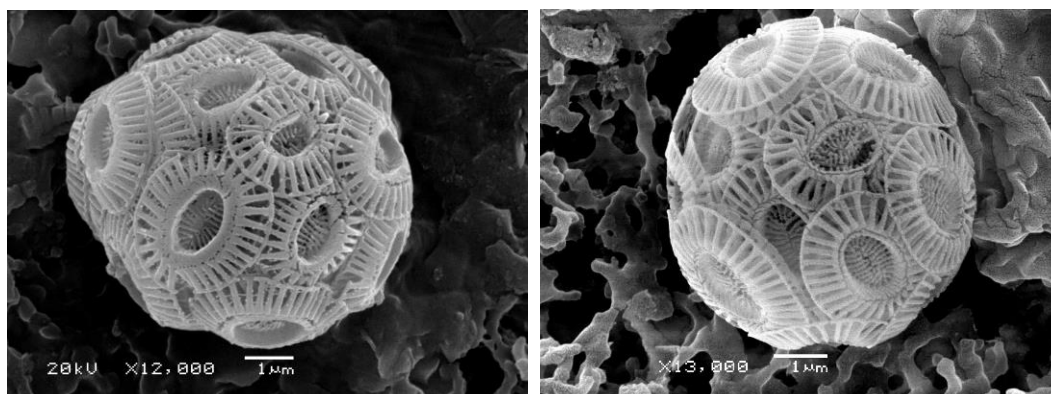


Figura 39 *Emiliana huxleyi*

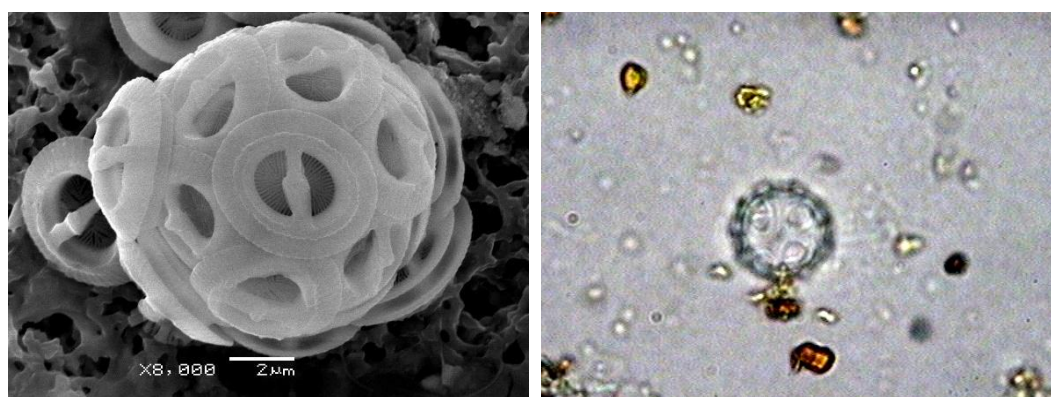


Figura 40 *Gephyrocapsa oceanica*

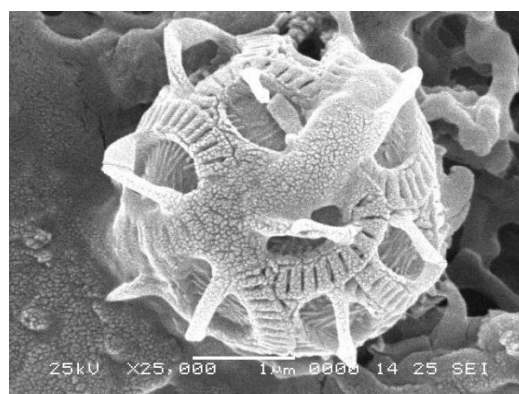


Figura 41 *Gephyrocapsa ericsonii*

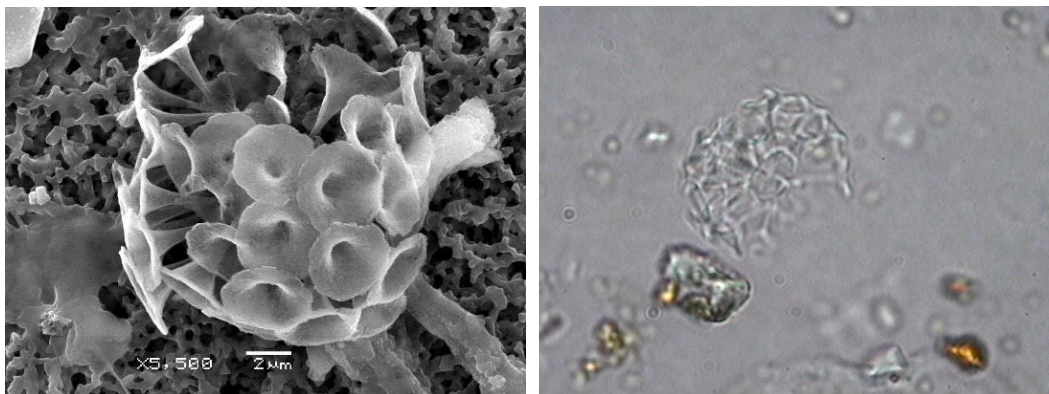


Figura 42 *Discosphaera tubifera*

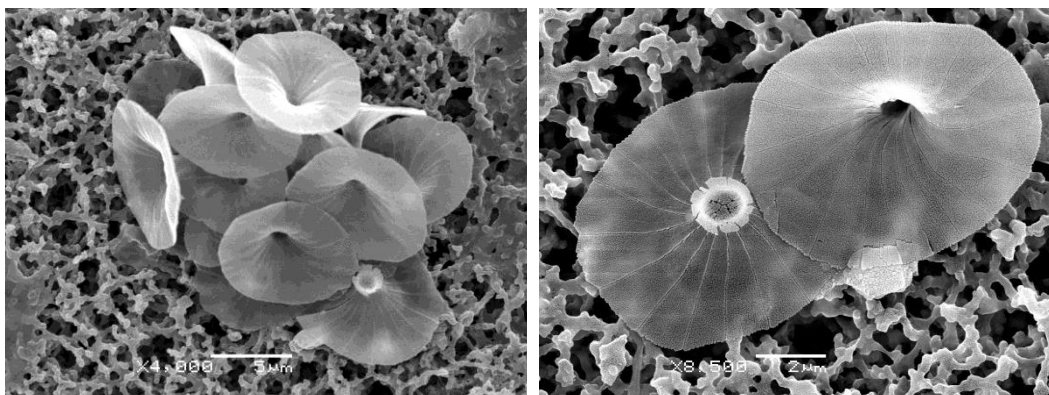


Figura 43 *Umbellosphaera irregularis*

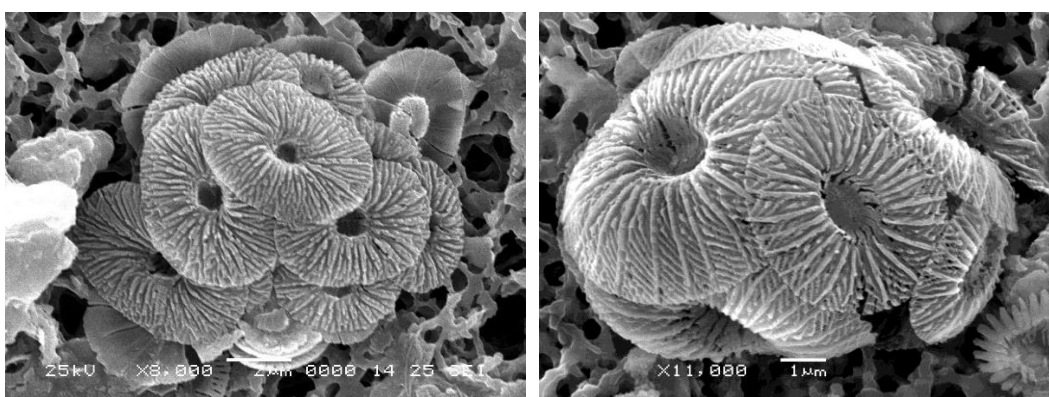


Figura 44 *Umbellosphaera tenuis*

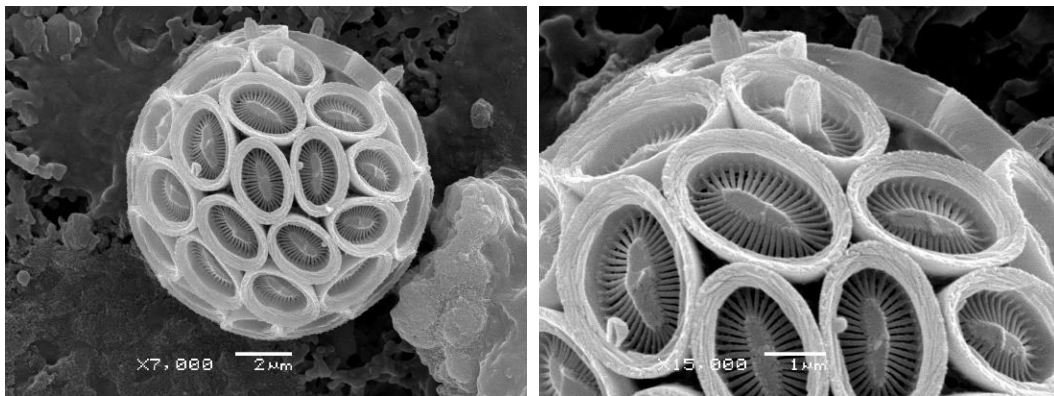


Figura 45 *Syracosphaera mediterranea*

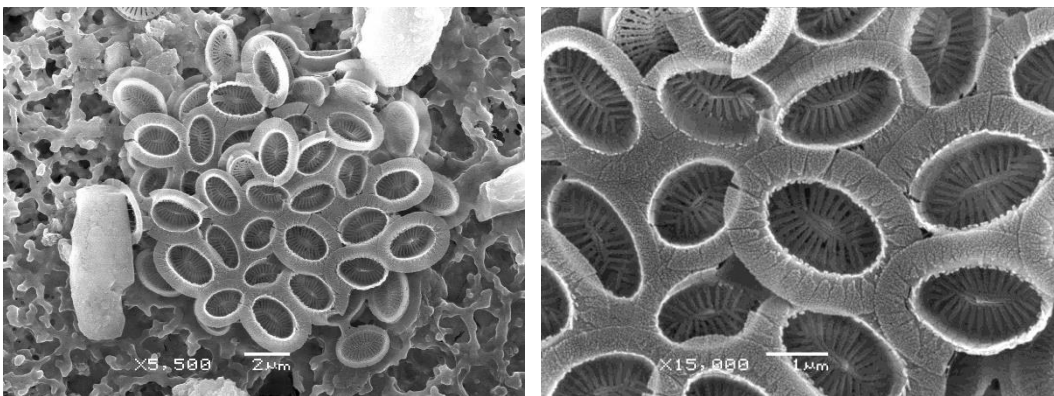


Figura 46 *Syracosphaera halldalii*

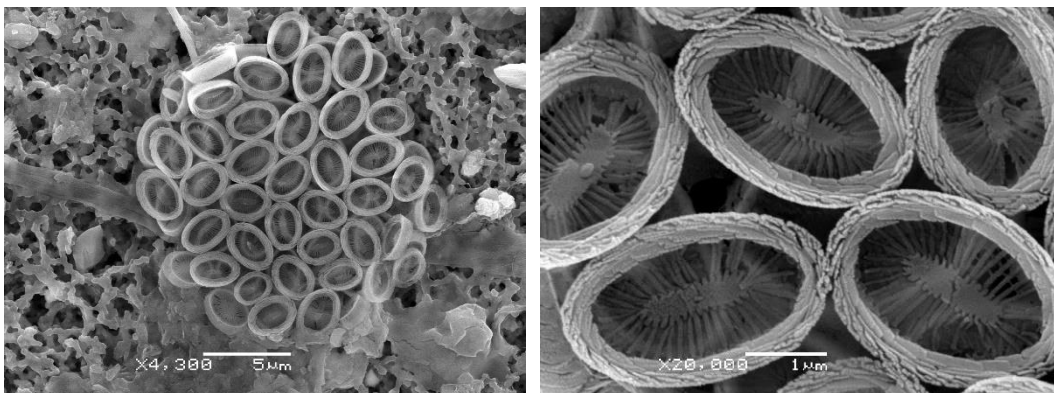


Figura 47 *Syracosphaera* sp

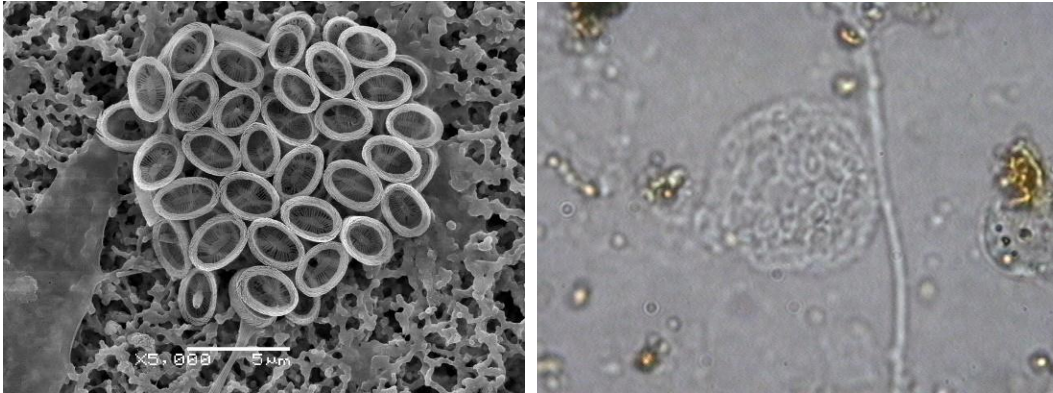


Figura 48 Syracosphaera sp

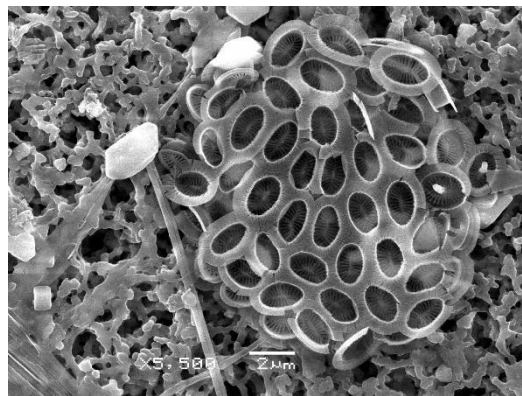


Figura 49 Syracosphaera sp



Figura 50 Syracosphaera prolongata

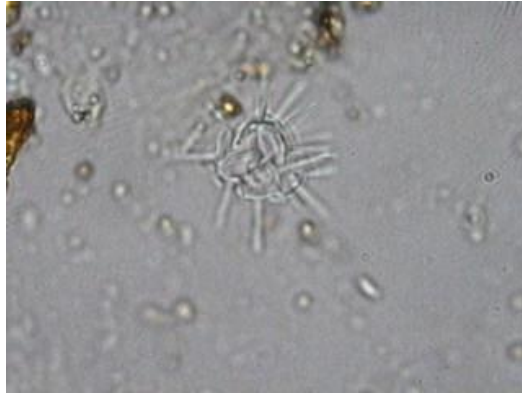
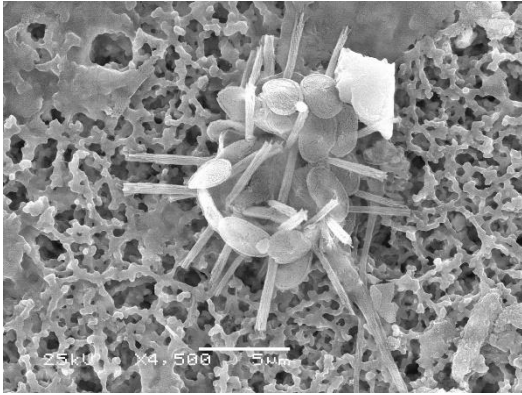


Figura 51 Raddosphaera clavigera

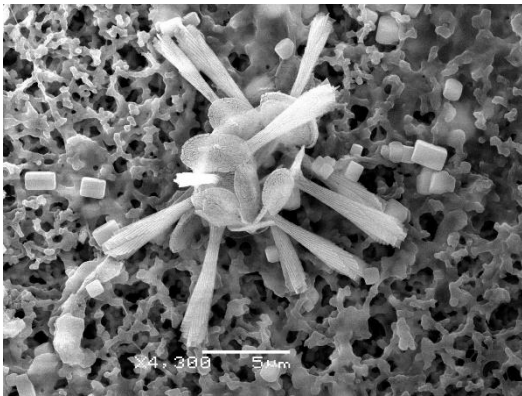


Figura 52 Raddosphaera clavigera

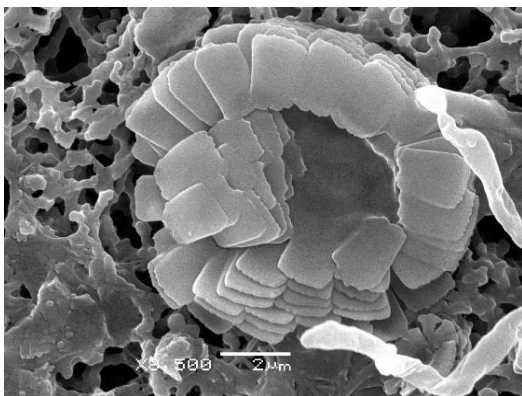


Figura 53 Florisphaera profunda

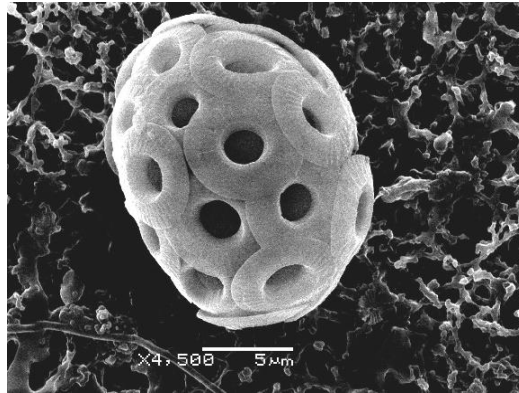


Figura 54 *Umbilicosphaera sibogae*

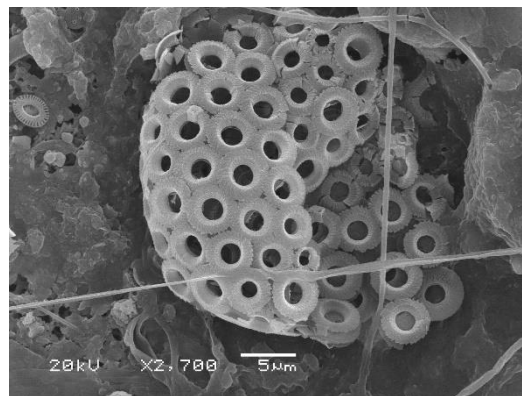


Figura 55 *Umbilicosphaera foliosa*

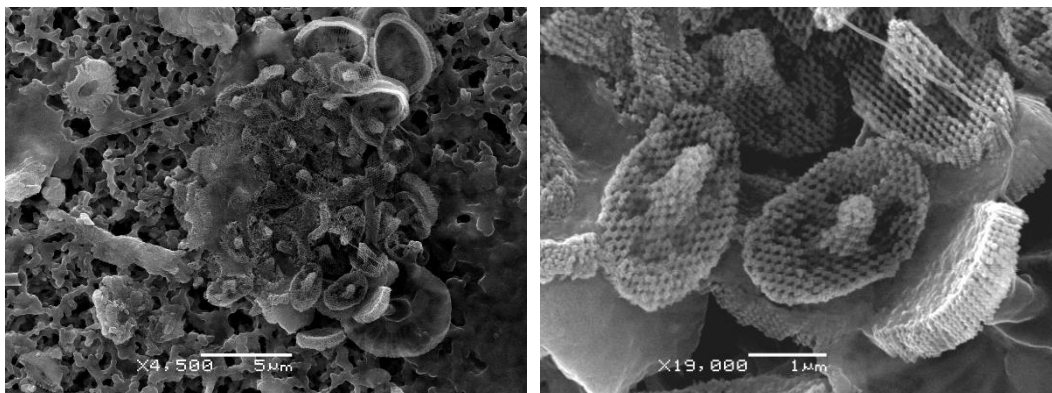


Figura 56 *Syracolithus cristatus*

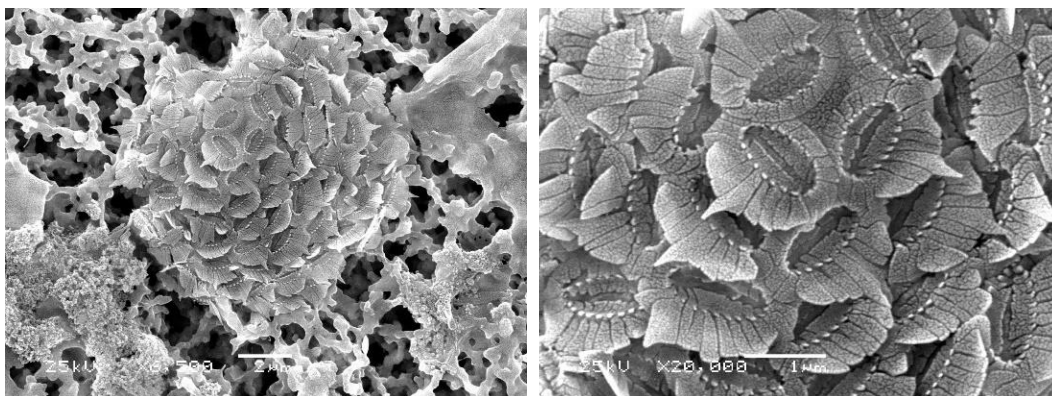


Figura 57 Alisphaera gaudii

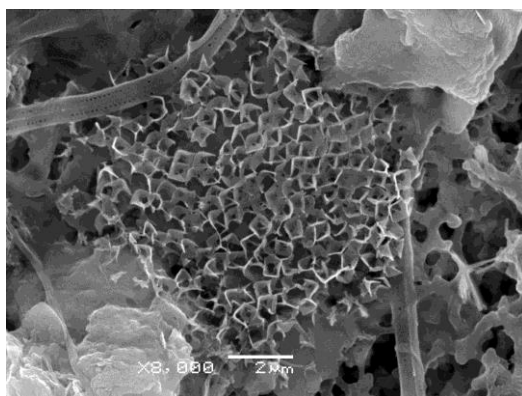


Figura 58 Alisphaera gaudii (fase polycrater)

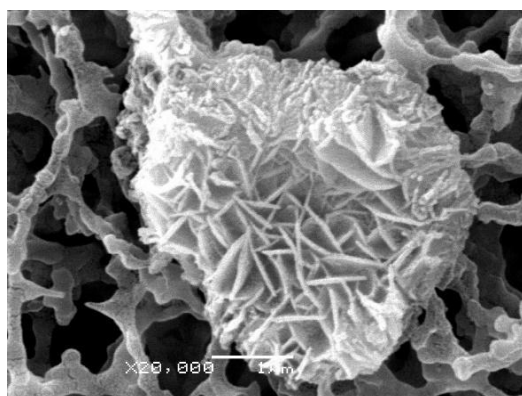


Figura 59 Polycrater galapagensis

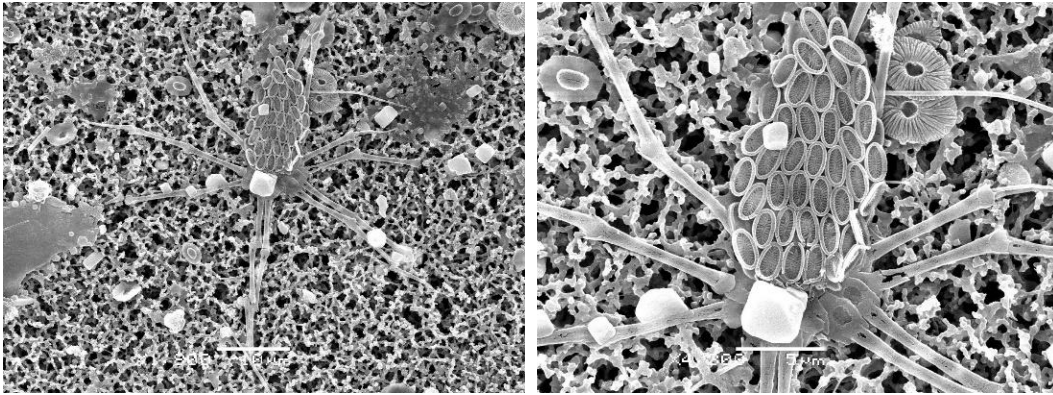


Figura 60 Michaelisarsia elegans

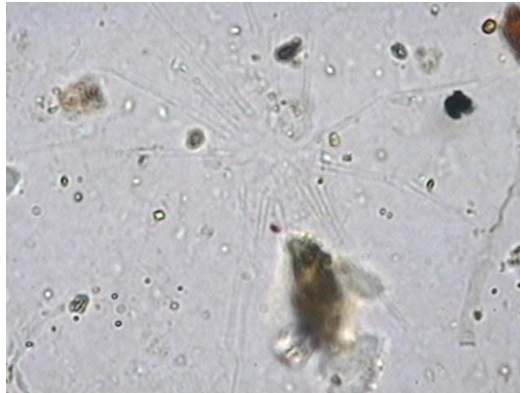


Figura 61 Michaelisarsia elegans



Figura 62 Calciopappus sp.

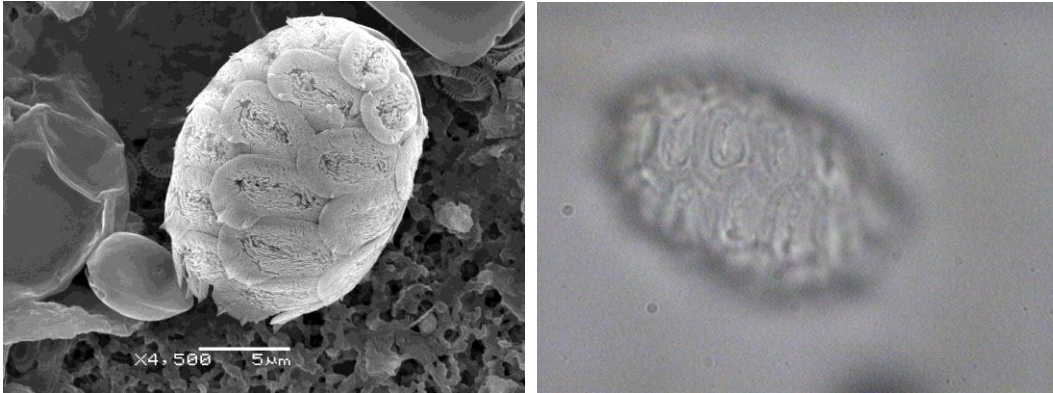


Figura 63 Helicosphaera pavimentum



Figura 64 Helicosphaera carterii

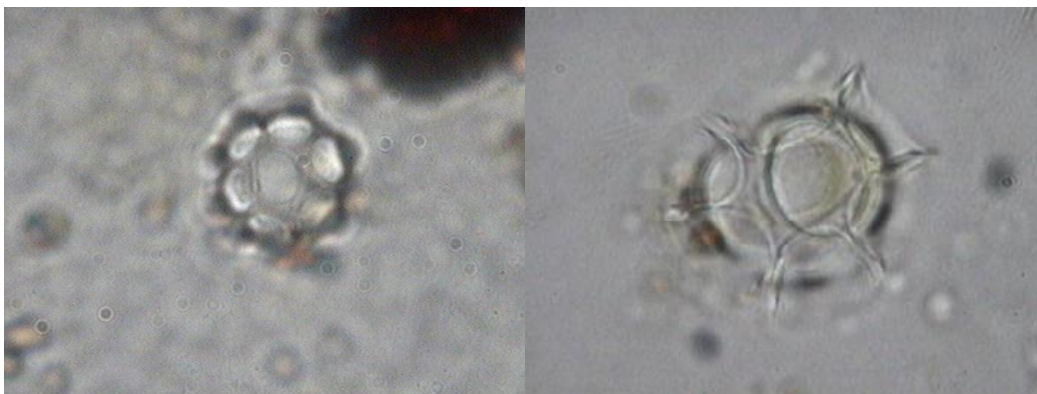


Figura 65 Pontosphaera discopora

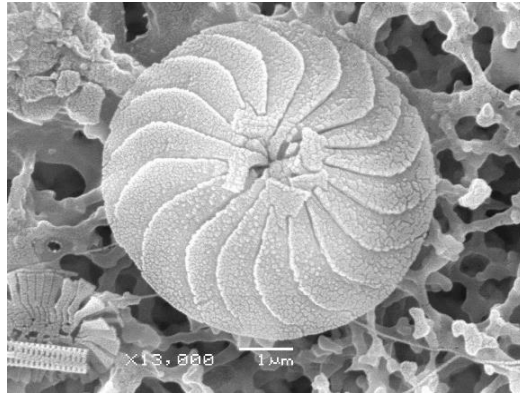


Figura 66. Calcidiscus leptoporus



Figura 67. No identificada