



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Composición, abundancia y distribución de
cocolitofóridos del Pacífico tropical mexicano
(abril-mayo, 2010)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A
P R E S E N T A :

ROCÍO TORRES MARTÍNEZ



DIRECTOR DE TESIS:

Dr. DAVID U. HERNÁNDEZ BECERRIL

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

HOJA DE DATOS DEL JURADO

1. Datos del alumno
Torres
Martínez
Rocío
56-18-71-98
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
301060543
2. Datos del tutor
Dr.
David Uriel
Hernández
Becerril
3. Datos del sinodal 1
Dra.
Ana Luisa
Carreño
4. Datos del sinodal 2
Dr.
Marcelo
Aguilar
Piña
5. Datos del sinodal 3
Dra.
María Edith
Ponce
Márquez
6. Datos del sinodal 4
Dr.
Adolfo
Gracia
Gasca

DEDICATORIA

Les dedico este trabajo a las dos maravillosas personas que me dieron la vida, a mi Ma y a mi Pa, porque además de tener que mantenerme, no se cansaron de darme ánimos, estuvieron atrás de mí, como mi sombra, me sostuvieron cuando me canse, me levantaron cuando me caí, lloraron mis tristezas y rieron mis triunfos y alegrías; les dedico este trabajo por que también son mi ejemplo a seguir, me enseñaron más que con palabras con el ejemplo a jamás darme por vencida por más complicado que algo parezca, son mi ejemplo y yo soy su fan porque son dos personas llenas de fortaleza, de honestidad, de inteligencia, de humildad, de sencillez y de muchísimo amor ¡Gracias por ser mis padres! no pude haber tenido otros mejores y aunque hubiese podido, no quiero otros ¡Los adoro!

A mi hermanito Ferchis, quien nació hace unos escasos 9 años pero que durante ese tiempo ha sido una gran compañía, que me ha llenado de ternura y de cariño, gracias hermanito por quererme tanto aunque soy gruñona
¡Te quiero muchisisisísimo!

Te agradezco a ti mi amor por el apoyo que me has dado, porque has estado junto a mí, dándome ánimos para seguir adelante, para terminar este proyecto y superarme. Te agradezco además la felicidad que siento por compartir mi vida contigo, porque a pesar de las dificultades seguimos juntos luchando codo a codo para lograr nuestras metas.
¡Te súper amo!

Dedico también este trabajo a la personita que ahora es la más especial en mi vida, que aunque aún no ve la luz del sol, me ha acompañado en el final de este proceso, ha estado junto a mí a cada momento y me ha dado nuevos bríos para concluirlo. Mi vida, no sólo te dedico este trabajo, porque desde que supe que nacerías me comprometí a dedicarte mi vida entera.

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

En primer lugar agradezco a la institución que me ha permitido desarrollarme en muchos aspectos, si bien la Universidad Nacional Autónoma de México me dio la vida académicamente, también me abrió las puertas de un sinfín de oportunidades para desarrollarme personalmente, es por ello que siempre estaré en deuda y sin duda trataré de regresar un poco de lo mucho que se me ha dado. Gracias UNAM.

Agradezco también a los responsables de que me encuentre en la posición actual, a todos aquellos profesores que se encargaron de formarme, de inculcarme amor, pasión, respeto y orgullo por lo que hago, sería imposible nombrar a todos, sin embargo esos buenos profesores y los no tan buenos también dejaron una experiencia de la cual pude en muchos de los casos obtener algún aprendizaje, ¡Gracias!

Agradezco especialmente el apoyo que me fue brindado por el Dr. David U. Hernández, al permitirme formar parte de su grupo de trabajo dentro del laboratorio de Diversidad y Ecología de fitoplancton marino del ICMYL, oportunidad que me permitió culminar el presente trabajo con el que cierro un ciclo de mi vida académica. Gracias por su atención, cariño y disposición para enseñarme la belleza de los Cocolitofóridos.

Al Comité revisor del presente trabajo:

A la Dra. Ana Luisa Carreño, antes que todo por su amabilidad y disposición para revisar el trabajo y luego por sus acertados y puntuales comentarios con los que logré llevar a un mejor término las conclusiones de este escrito.

Al Dr. Marcelo Aguilar, por sus comentarios y el tiempo invertido en la revisión de este trabajo.

A la Dra. Edith Ponce, quién me mostró un poco del universo microscópico de las algas cuando fue mi profesora en la Facultad de Ciencias. Le agradezco el entusiasmo a la hora de revisar este escrito y los valiosos comentarios sobre el mismo.

Al Dr. Adolfo Gracia, le agradezco el tiempo que invirtió en la lectura del presente trabajo, sus puntuales sugerencias y su interés en la evolución de este proceso de titulación.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Por supuesto que tengo una lista infinita de personas a las que debo agradecer el que haya logrado concluir esta etapa de mi vida, sin embargo, es imposible nombrar a todos ya que tendría que duplicar el número de hojas del trabajo, pero quiero dejar claro que aunque no aparezcan sus nombres en este escrito seguramente los llevo en mi mente y en mi corazón.

A mis amigas de toda la vida, Liliana y Dulce, que aunque últimamente no coincidimos mucho sabemos que siempre estamos ahí por si algo se necesita.

A esos amigos de la Preparatoria 5 con quienes aprendí a base de experiencias buenas y malas, con quienes deje atrás mi adolescencia y forje el carácter que hasta ahora mantengo y que, aunque a veces me causa problemas, me gusta. Gracias Cynthia, Kore, Jacobo, Cesar y como no al Toledo. Milo a ti te doy las gracias por ser mi confidente, mi cómplice, mi mejor amigo durante esa etapa tan maravillosa, de ti aprendí muchas cosas pero la más importante fue la lealtad y el amor a tus amigos, por ello siempre te llevaré en mi corazón.

Agradezco también a mis chuperamigos de la Facultad de Ciencias, con quienes compartí prácticas de campo, clases, exámenes, fiestas y demás locuras: Chuy, Marthita, Ale, Bris, Felipe, y por supuesto a ti mi amigazo de toda la carrera Leo, contigo entre y contigo salgo, espero contar contigo toda la vida porque se que eres una persona valiosa y no quisiera perderte de vista. ¡Te quiero!

A mis lindas compañeritas del laboratorio quienes hicieron mucho más amenos los momentos de trabajo: Dulce, Kari, Alis, Jess, Zule y Stephy y Carlitos, gracias por su compañía, chismes, chistes y todo lo que se vive ahí.

Hay algunas otras personas que no pertenecen a alguna generación específica en mi vida académica pero que me han ayudado a superar ciertas etapas difíciles de mi vida: Gracias Jorgito y Marco, por tenderme su mano cuando pensé que no había solución.

Por último agradezco a quienes ahora más que compañeros considero amigos: Mary, Ale, Oscar, Ana y Manuel con quienes aprendo nuevas cosas, muchas de ellas académicas y muchas más no tanto, pero sin duda con quienes siempre paso muy buenos momentos.

ÍNDICE

Resumen	
Introducción	1
Objetivos	3
Antecedentes	4
Biología	5
Origen y evolución	5
Morfología	5
Movilidad y fijación	9
Reproducción	9
Ciclo de vida	9
Clasificación Taxonómica	11
Ecología	12
Hábitat	12
Distribución geográfica	12
Área de estudio	14
Localización geográfica	14
Hidrografía, masas de agua y corrientes	15
Clima, temperatura y salinidad	16
Materiales y métodos	17
Trabajo en campo	17
Trabajo de laboratorio	18
Análisis de datos	19
Resultados	20
Composición de especies	20
Abundancia y distribución	38
Discusión	61
Conclusiones	63
Literatura consultada	64
Anexos	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes formas de las cocosferas.	6
Figura 2. Esquema de un cocolito de tipo placolito. Tomado de Young <i>et al.</i> , 2003.	7
Figura 3. Esquema de un cocolito de tipo muralito. Tomado de Young <i>et al.</i> , 2003.	7
Figura 4. Esquema de un cocolito de tipo planolito. Tomado de Young <i>et al.</i> , 2003.	7
Figura 5. Fotografía en microscopía electrónica de barrido de un cocolito de tipo helicólito. Tomada de (http://ina.tmsoc.org/).	8
Figura 6. Fotografía en microscopía electrónica de barrido de un cocolito de tipo nannolito para <i>Florisphaera profunda</i> . Tomada de (http://ina.tmsoc.org/).	8
Figura 7. Fotografía en microscopía electrónica de barrido de un cocolito de tipo rhabdolito presente en <i>Discosphaera tubifera</i> . Tomada de (http://ina.tmsoc.org/).	9
Figura 8. Esquema general del ciclo de vida de los cocolitofóridos. Tomado de Young <i>et al.</i> , (2003).	10
Figura 9. Localización de los límites del área de estudio.	14
Figura 10. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo.	17
Figura 11. Abundancia y distribución de <i>Alveosphaera bimurata</i> .	21
Figura 12. <i>Alveosphaera bimurata</i> .	21
Figura 13. <i>Alveosphaera bimurata</i> .	21
Figura 14. Abundancia y distribución de <i>Calcidiscus leptoporus</i> .	22
Figura 15. <i>Calcidiscus leptoporus</i> .	22
Figura 16. <i>Calcidiscus leptoporus</i> .	22
Figura 17. <i>Calcidiscus leptoporus</i> .	22
Figura 18. <i>Calcidiscus leptoporus</i> .	22
Figura 19. Abundancia y distribución de <i>Oolithotus antillarum</i> .	23
Figura 20. <i>Oolithotus antillarum</i> .	23
Figura 21. <i>Oolithotus antillarum</i> .	23
Figura 22. Abundancia y distribución de <i>Umbilicosphaera foliosa</i> .	24
Figura 23. <i>Umbilicosphaera foliosa</i> .	24
Figura 24. <i>Umbilicosphaera foliosa</i> .	24
Figura 25. Abundancia y distribución de <i>Cruciplacolithus neobelis</i> .	25
Figura 26. Abundancia y distribución de <i>Discosphaera tubifera</i> .	26
Figura 27. <i>Discosphaera tubifera</i> .	26
Figura 28. <i>Discosphaera tubifera</i> .	26
Figura 29. Abundancia y distribución de <i>Emiliana huxleyi</i> .	27
Figura 30. <i>Emiliana huxleyi</i> .	27
Figura 31. <i>Emiliana huxleyi</i> .	27
Figura 32. <i>Emiliana huxleyi</i> .	27
Figura 33. <i>Emiliana huxleyi</i> .	27
Figura 34. Abundancia y distribución de <i>Gephyrocapsa ericsoni</i> .	28
Figura 35. <i>Gephyrocapsa ericsoni</i> .	28
Figura 36. <i>Gephyrocapsa ericsoni</i> .	28
Figura 37. <i>Gephyrocapsa ericsoni</i> .	28
Figura 38. Abundancia y distribución de <i>Gephyrocapsa oceánica</i> .	29
Figura 39. <i>Gephyrocapsa oceánica</i> .	29
Figura 40. <i>Gephyrocapsa oceánica</i> .	29
Figura 41. <i>Gephyrocapsa oceánica</i> .	29
Figura 42. Abundancia y distribución de <i>Reticulofenestra sessilis</i> .	30
Figura 43. <i>Reticulofenestra sessilis</i> .	30
Figura 44. <i>Reticulofenestra sessilis</i> .	30
Figura 45. <i>Reticulofenestra sessilis</i> .	30
Figura 46. <i>Reticulofenestra sessilis</i> .	30
Figura 47. Abundancia y distribución de <i>Florisphaera profunda</i> .	31
Figura 48. <i>Florisphaera profunda</i> .	31
Figura 49. <i>Florisphaera profunda</i> .	31
Figura 50. <i>Florisphaera profunda</i> .	31
Figura 51. Abundancia y distribución de <i>Helicosphaera carteri</i> .	32
Figura 52. <i>Helicosphaera carteri</i> .	32
Figura 53. <i>Helicosphaera carteri</i> .	32
Figura 54. <i>Helicosphaera carteri</i> .	32
Figura 55. Abundancia y distribución de <i>Helicosphaera bialina</i> .	33
Figura 56. <i>Helicosphaera bialina</i> .	33
Figura 57. <i>Helicosphaera bialina</i> .	33
Figura 58. Abundancia y distribución de <i>Coronosphaera mediterranea</i> .	34
Figura 59. <i>Coronosphaera mediterranea</i> .	34
Figura 60. <i>Coronosphaera mediterranea</i> .	34

Figura 61. Abundancia y distribución de <i>Syracosphaera nana</i> .	35
Figura 62. <i>Syracosphaera nana</i> .	35
Figura 63. <i>Syracosphaera nana</i> .	35
Figura 64. Abundancia y distribución de <i>Syracosphaera pulchra</i> .	36
Figura 65. <i>Syracosphaera pulchra</i> .	36
Figura 66. <i>Syracosphaera pulchra</i> .	36
Figura 67. <i>Syracosphaera pulchra</i> .	36
Figura 68. Abundancia y distribución de <i>Syracosphaera sp.</i>	37
Figura 69. <i>Syracosphaera sp.</i>	37
Figura 70. Abundancia de céls /L ⁻¹ en cada una de las estaciones muestreadas.	38
Figura 71. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 10.	39
Figura 72. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 11.	40
Figura 73. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 12.	41
Figura 74. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 13.	42
Figura 75. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 20.	43
Figura 76. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 22.	44
Figura 77. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 23.	45
Figura 78. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 28.	46
Figura 79. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 29.	47
Figura 80. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 30.	48
Figura 81. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 31.	49
Figura 82. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 34.	50
Figura 83. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 35.	51
Figura 84. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 36.	52
Figura 85. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 37.	53
Figura 86. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 38.	54
Figura 87. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 39.	55
Figura 88. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 41.	56
Figura 89. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 42.	57
Figura 90. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 44.	58
Figura 91. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 45.	59
Figura 92. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 46.	60

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Cros (2001), los cocolitofóridos, son un grupo de microalgas haptófitas, unicelulares, biflageladas que presentan un haptonema; poseen una envoltura celular formada por pequeñas placas de carbonato de calcio (cocolitos) que al morir pueden llegar a ser parte de los sedimentos marinos, por lo cual son ampliamente utilizados en reconstrucciones paleoceanográficas y estratigráficas.

Estos microorganismos planctónicos marinos tienen gran importancia ecológica, ya que son uno de los principales grupos proveedores de energía en las redes tróficas acuáticas, además, participan en los distintos ciclos biogeoquímicos del carbono y del azufre y se encargan de aportar una gran parte del oxígeno a la atmósfera (Cros, 2001) es por ello que pueden darnos información acerca de las características físicas, químicas y biológicas que presentan los sistemas marinos

En particular, los cocolitofóridos, están compuestos de calcita, por ejemplo, *Emiliania huxleyi* Lohman, 1902 y *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner, 1943, las cuales pueden formar floraciones estacionales que alcanzan a ocupar más de 100.000 km² de la superficie del océano (Brown y Yoder, 1994), debido a ello, representan una fuente importante en la producción de calcita biogénica en los océanos del mundo (Westbroek *et al.*, 1989). Los cocolitofóridos por tanto como calcificadores importantes en el océano abierto, pueden alterar el equilibrio del sistema del carbono inorgánico y la alcalinidad del agua de mar (Denman y Peña, 1999).

El propósito del presente estudio es realizar un análisis de la composición, abundancia y distribución de cocolitofóridos en localidades selectas del Pacífico Tropical Mexicano a partir de la observación, identificación y conteo de organismos bajo el microscopio óptico y de barrido.

La identificación de las diferentes especies de cocolitofóridos se realiza a partir de características morfológicas, es por ello que la primera parte de este trabajo aborda una descripción de las células cocolitofóridas y de los diferentes tipos de cocolitos de las cuales se rodean. Se hace también mención al tipo de hábitat en donde estos organismos se

distribuyen y se presenta el sistema de clasificación en el cual se basó la identificación de las especies.

Dentro de los antecedentes se mencionan los estudios hasta ahora realizados en México que hasta ahora en su mayoría son trabajos taxonómicos.

En México, el estudio de este grupo es virtualmente desconocido. A pesar de ser un grupo con una significativa importancia tanto en Bioestratigrafía como en paleoceanografía, los trabajos con este grupo son escasos o permanecen inéditos como parte del trabajo cotidiano de algunas instituciones.

En cuanto al estudio de organismos vivos es aún escaso y por ello es importante comenzar a documentar cuáles son las especies de este grupo que habitan nuestros mares, dónde, cómo y en que cantidad se distribuyen.

OBJETIVOS

General

- Determinar la composición, abundancia y distribución de especies de cocolitofóridos frente a las costas de Jalisco, Colíma, Michoacán y Guerrero pertenecientes a la zona del Pacífico Tropical Mexicano para los meses de abril y mayo (2010).

Particulares

- Identificar las especies de cocolitofóridos de cada una de las localidades de muestreo (Jalisco, Colíma, Michoacán y Guerrero) para realizar un listado ilustrado con una breve descripción morfológica.
- Documentar la distribución de los organismos en cada una de las estaciones muestreadas así como en la columna de agua.
- Determinar las especies dominantes a lo largo del Pacífico Tropical Mexicano.

ANTECEDENTES

Los estudios sobre cocolitofóridos vivos en México son aún escasos. Uno de los primeros realizados sobre cocolitofóridos vivos en México es el realizado por Gaarder y Hasle (1971). Los autores analizaron 10 muestras de agua que obtuvieron de ocho lances realizados a lo largo del Golfo de México durante el mes de octubre (1966) y octubre-noviembre (1968), obteniendo como resultados la identificación de 33 taxa de cocolitofóridos. Por otra parte *Emiliana huxleyi* y *Gephyrocasa oceanica* fueron las especies reportadas con una mayor densidad, y especies como *Syracosphaera mediterranea* y *Discosphaera tubifera* se identificaron como las especies con mayor frecuencia de aparición en su estudio.

Hernández-Becerril *et al.*, (2001) realizaron un estudio florístico de estos organismos en el Pacífico mexicano, en particular en costas occidentales de Baja California a partir de 32 muestras de agua que se analizaron mediante microscopía de luz y barrido. Identificaron 17 especies y 5 variedades, de las cuales 15 especies se reportaron como nuevas; este trabajo registró mayores abundancias y una amplia distribución para *E. huxleyi* y *G. oceanica*.

Se estudio también al fitoplancton en dos temporadas diferentes de 1998 (marzo-abril y diciembre) en tres zonas de la costa occidental de Baja California y se reportó que para marzo-abril el fitoplancton tuvo una baja riqueza de especies y la mayor densidad (hasta 93%) estuvo representada por cocolitofóridos (principalmente *E. huxleyi*), junto con diatomeas centrales y pennales nanoplanctónicas. En diciembre se incrementó la riqueza de especies del fitoplancton y estuvo dominada por diatomeas quienes fueron numéricamente más importantes con la consecuente escasez de cocolitofóridos. Se señala que las condiciones en marzo- abril indican la presencia de El Niño por lo que puede observarse una estructura de fitoplancton modificada, con una contribución importante de cocolitofóridos y diatomeas nanoplanctónicas; en cambio en diciembre las condiciones de post- surgencia pudieron haber favorecido las densidades relativamente altas de *Pseudonitzschia* y otras diatomeas (Hernández-Becerril *et al.*, 2007).

BIOLOGÍA

Origen y evolución

El registro fósil indica que este grupo tiene su origen durante el Triásico Tardío (Bown, 1998) hace 225 millones de años, desde entonces éstos han evolucionado y se han diversificado, encontrando actualmente 200 morfoespecies vivas (Jordan y Chamberlain, 1997; Young *et al.*, 2003).

En el Cretácico los cocolitofóridos estaban altamente diversificados y eran cosmopolitas (Tappan, 1980), abundaban tanto en aguas costeras como oceánicas y también se distribuían de igual forma en las zonas polares que en las ecuatoriales (Brand, 1994). Para el final de este periodo la mayoría de las especies de cocolitofóridos se extinguió (Brand, 1994).

Las diatomeas, que fueron un grupo escaso en el Mesozoico se vieron poco afectadas por el evento de extinción del Cretácico y ocuparon entonces el hábitat que ocupaban los cocolitofóridos. Hoy en día las diatomeas son mucho más diversas y abundantes en la mayoría de las aguas costeras y zonas polares. Los cocolitofóridos han recuperado cierta dominancia en zonas con temperaturas y zonas oceánicas tropicales aunque no son tan diversos como lo fueron en el Mesozoico y se cree que esto es consecuencia de la competencia con otros grupos del fitoplancton, especialmente con la reciente evolución de las diatomeas (Brand, 1994).

Morfología

Los cocolitofóridos, se clasifican de acuerdo a la forma de sus cocolitos, en general existen dos grandes grupos de cocolitos: los heterococolitos y los holococolitos. Los heterococolitos están formados por unidades cristalinas de forma y tamaño variable, su biomineralización es intracelular y se produce a partir del primer anillo formador del cocolito (“proto-cocolith ring”) (Manton y Leedale, 1969; Inouye y Pínear, 1988; Westbroek *et al.*, 1989; Young, 1989; Fresnel, 1989). Los holococolitofóridos están formados de numerosos cristales pequeños, la calcificación parece ser extracelular (Manton y Leedale, 1963; Klaveness, 1973; Rowson *et al.*, 1986) y sucede dentro del periplasto (de

Vrind-de Jong *et al.*, 1994). Existe un tercer grupo de cocolitos que se distingue por tener formas poco simétricas y se les denomina nanolitos.

Cocosfera

Los cocolitofóridos están constituidos por una célula y su envoltura de cocolitos. A la envoltura, formada por todos los cocolitos se le denomina cocosfera la cual suele contener una sola clase de cocolitos, aunque no son raras las especies y géneros que presentan diversos tipos cocolitos en la misma cocosfera de acuerdo a la etapa del ciclo de vida en la que se encuentren (Cros, 2001). Las formas de las cocosferas pueden en general, clasificarse en tres tipos Fig. 1.

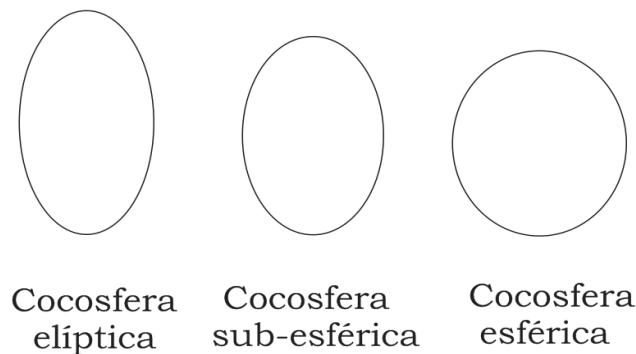


Figura 1. Diferentes formas de las cocosferas

Cocolitos

Son pequeñas placas de carbonato de calcio del cual las células cocolitofóridas se rodean, y que pueden ser de dos tipos de acuerdo a su forma, tamaño y origen.

Holococolitos

Estos están formados de numerosos cristales de pequeño pero igual tamaño, su calcificación parece ser a diferencia de los heterococolitos, extracelular y sucede dentro del periplasto (Manton y Leedale, 1963; Klaveness, 1973; Rowson *et al.*, 1986)

Heterococolitos

Están formados por unidades cristalinas de forma y tamaño variable; su biomineralización es intracelular y se produce a partir del primer anillo formador de cocolitos (Manton y Leedale, 1969; Inouye y Pinear, 1988; Westbroek *et al.*, 1989; Young, 1989; Fresnel, 1989).

Formas de los distintos tipos de cocolitos de los que generalmente se componen los heterococolitofóridos.

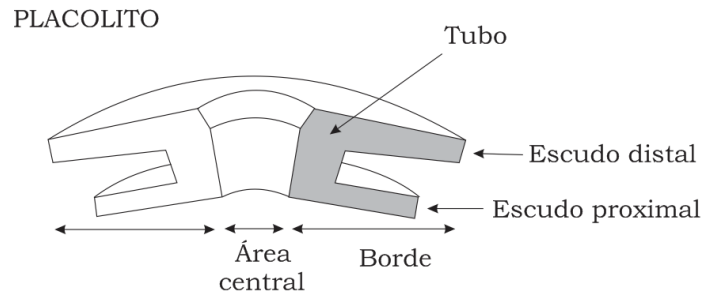


Figura 2. Esquema de un cocolito de tipo placolito. Tomado de Young *et al.*, 2003.

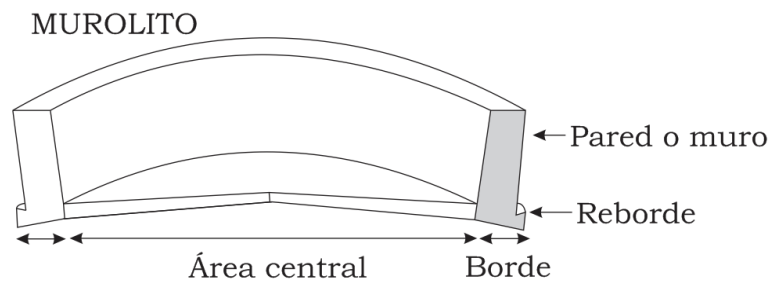


Figura 3. Esquema de un cocolito de tipo murolito. Tomado de Young *et al.*, 2003.

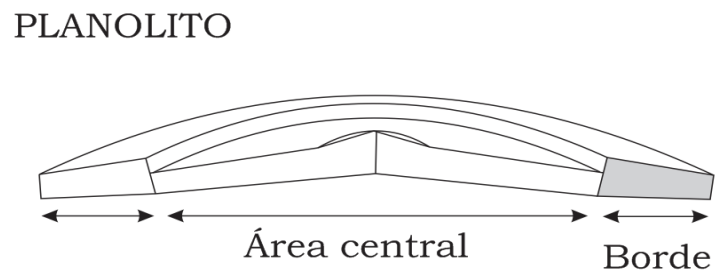


Figura 4. Esquema de un cocolito de tipo planolito. Tomado de Young *et al.*, 2003

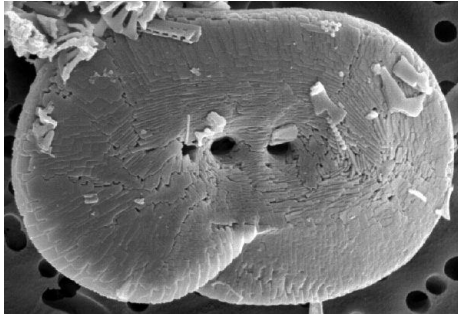


Figura 5. Fotografía en microscopía electrónica de barrido de un cocolito de tipo helicólito. Tomada de (<http://ina.tmsoc.org/>).

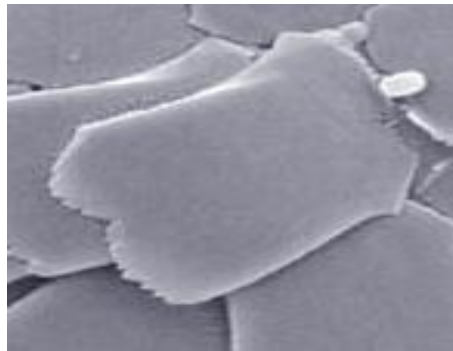


Figura 6. Fotografía en microscopía electrónica de barrido de un cocolito de tipo nannólito para *Florisphaera profunda*. Tomada de (<http://ina.tmsoc.org/>).

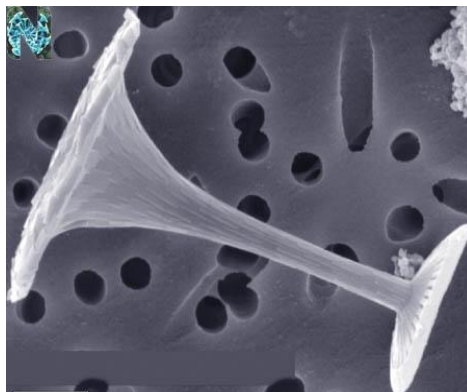


Figura 7. Fotografía en microscopía electrónica de barrido de un cocolito de tipo rhabdólito presente en *Discosphaera tubifera*. Tomada de (<http://ina.tmsoc.org/>).

Movilidad y fijación

Los cocolitofóridos presentan dos flagelos de igual tamaño en por lo menos una de las etapas de su ciclo de vida, lo cual les confiere cierta movilidad tanto horizontal como vertical en la columna de agua (Billard e Inouye, 2004).

Las algas haptophyceas confieren su nombre a la presencia de un haptonema, el cual se constituye de siete microtubulos simples que son rodeados por la membrana del retículo endoplasmático. El haptonema no tiene el mismo movimiento que los flagelos y se le relaciona con el comportamiento fagotrófico de algunas haptófitas y con cierta capacidad de fijación a un substrato (Billard e Inouye, 2004).

Reproducción

La reproducción en los cocolitofóridos es como en la mayoría de las haptophytas, una división celular por bipartición constituyendo el sistema de multiplicación más común.

La reproducción sexual corresponde a una isogamia en un ciclo haplontico, aunque se han descrito ciclos más complejos (Billard e Inouye, 2004).

Ciclo de vida

El principal mecanismo de reproducción de los cocolitofóridos es vegetativo ya sea por división binaria o mitosis (Fig. 8). En particular, los ciclos de vida de los géneros *Pleurochysis* y *Emiliania*, han sido estudiados ampliamente y se ha determinado, que estas haptófitas calcáreas pueden presentar ciclos de vida muy complejos, incluyendo fases en las que no presentan cocolitos, en estas diferentes fases se pueden presentar escamas orgánicas debajo de los cocolitos, solo escamas orgánicas o fases sin escamas ni cocolitos (Fresnel, 1989; Billard, 1994).

E. huxleyi, puede dividirse en promedio hasta 2.5 veces por día, *G. oceanica* dos veces por día y *Calcidiscus leptoporus* Kamptner, 1950 sólo una vez por día (Brand y Guillard, 1981).

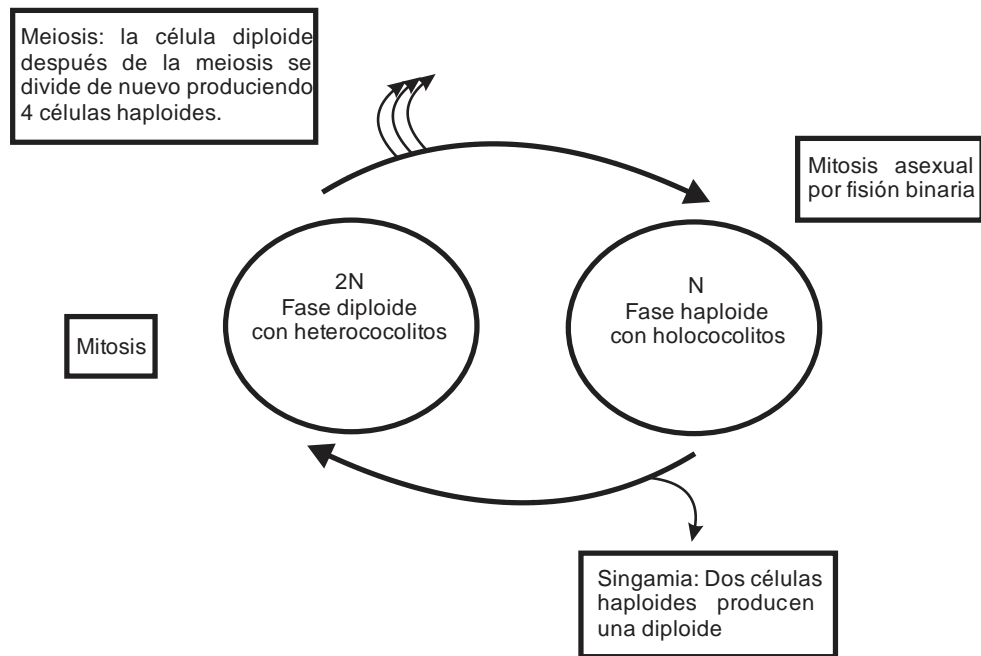


Figura 8. Esquema general del ciclo de vida de los cocolitofóridos. Tomado de Young *et al.*, (2003).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La siguiente clasificación esta basada en la publicación de Thierstein y Young (2004).

División: Haptophyta

Clase Prymnesiophyceae

Orden: Isochrisidales

Familia: Noelaehabdateae (*Emiliania*^o, *Gephyrocapsa*^o)

Orden: Zigodiscales

Familia Helicosphaeraceae (*Helicosphaera*^{*})

Familia: Pontosphaeraceae

Orden: Syracosphaerales

Familia: Calciosoleniaceae

Familia: Syracosphaeraceae (*Coronosphaera*^{*}, *Syracosphaera*^{*})

Familia: Rhabdosphaeraceae (*Acanthoica*^{*}, *Algiosphaera*^{*})

Familia: Inciertae sedis (*Alisphaera*^{**}, *Canistrolithus*^{**})

Orden: Coccolithales

Familia: Coccolithaceae (*Coccolithus*^{*}, *Cruciplacolithus*)

Familia: Calcidiscaceae (*Calcidiscus*^{*}, *Umbilicosphaera*)

Familia: Pleurochrysidaceae (*Pleurochrysis*^o)

Familia: Hymenomonadaceae (*Hymenomonas*^o, *Ochrosphaera*^o, *Jomolithus*)

Familia: Papposphaeraceae (*Pappomonas*^{*}, *Papposphaera*^{*}, *Wignamma*^{*})

Familia: Ceratolithaceae (*Ceratolithus*^{***})

Orden: Incierto

Familia: Braaudosphaeraceae (*Braaudosphaera*)

^o Alterna etapas en su ciclo de vida no calcificados

^{*} Alterna etapas en su ciclo de vida con holococolitos

^{**} Alterna etapas en su ciclo de vida con coccolitos de aragonita

^{***} Alterna etapas en su ciclo de vida con nannolitos

ECOLOGÍA

Hábitat

La mayor parte de las especies de cocolitofóridos son marinas, cosmopolitas y habitan en aguas cálidas estratificadas y en general, pobres en nutrientes (existen especies como *E. huxleyi* y *G. oceanica* que están presentes en aguas ricas en nutrientes). Bajo estas condiciones los cocolitofóridos son capaces de producir enormes florecimientos llamados “mareas blancas” como es el caso de *E. huxleyi* (Brand, 1994).

Distribución.

Hasta el momento existe una gran controversia sobre los factores principales que controlan la distribución vertical y horizontal de los cocolitofóridos, esta polémica se debe principalmente a la falta de información (Winter *et al.*, 1994).

A grandes rasgos se sabe que variables como la latitud, corrientes oceánicas, masas de agua (Okada y Honjo, 1973; McIntyre y Bé, 1967), nutrientes, salinidad, temperatura, disponibilidad de luz, vitaminas y minerales tales como el hierro; son importantes en la determinación de la distribución de los cocolitofóridos en los océanos tanto vertical como horizontalmente. A diferencia de la mayoría de los grupos de fitoplancton, la diversidad de cocolitofóridos es mayor en las regiones cálidas y en zonas de baja productividad, así como en los centros de giro y en zonas restringidas de la circulación, como son el mar Rojo y el Golfo de California. Sin embargo, bajo ciertas condiciones los cocolitofóridos florecen en frío y en aguas ricas en nutrientes, estas floraciones a menudo se puede ver claramente a partir de satélites. La cantidad de CaCO_3 en los primeros 60 ha sido conservativamente calculado en 7.2×10^4 toneladas. Estas grandes cantidades de calcita, producidos por los organismos que se reproducen a tasas tan altas como 2.6 divisiones por día, debe tener un impacto en el ciclo global de CO_2 de los océanos. (Winter *et al.*, 1994)

La mayoría de las especies de cocolitofóridos viven en aguas de regiones templadas y tropicales del mundo. Están presentes durante todo el año en los trópicos donde la columna de agua permanece estratificada, en las regiones templadas donde la estratificación se presenta solo en verano, la abundancia aumenta en esta época del año (Brand, 1994).

Aunque la diversidad de cocolitofóridos es más baja en los polos que en el trópico, cierto número de especies pueden vivir ahí por ejemplo *Cocolithus pelagicus* quien es la especie más abundante en aguas polares (Brand, 1994).

E. huxleyi es abundante en el verano, cuando la columna de agua tiene una importante estratificación. *E. huxleyi* y *G. oceanica* son las especies con mayor abundancia en aguas ricas en nutrientes que se encuentran en los márgenes de los giros centrales subtropicales, regiones de surgencias ecuatoriales y otros de surgencia madura y también en el exterior de las plataformas continentales (Berge, 1962; Smayda, 1966; Hulburt, 1971; Marshall, 1976; Marshall and Cohn, 1983; Hallegraeff, 1984; Mitchell-Innes y Winter, 1987; Verbeek, 1989; Winter, 1985). *E. huxleyi* tiene mayores abundancias en aguas frías y *G. oceanica* es más abundante en aguas cálidas (Hulburt, 1967; Hulburt y Corwin 1969).

En aguas bien estratificadas de giros centrales estas dos especies están usualmente presentes, pero en mucho más baja abundancia y un gran número de especies dominan la comunidad. *E. huxleyi* y *G. oceanica* incrementa en abundancia como respuesta a un enriquecimiento natural o artificial de nutrimentos. La mayoría de las especies en océanos tropicales mantienen una baja abundancia (Hulburt, 1967; Hulburt y Corwin 1969).

ÁREA DE ESTUDIO

Localización geográfica

El océano Pacífico supera en extensión a los demás océanos del planeta Tierra, presenta las mayores profundidades conocidas y cubre más de 166 millones de km² (Menard y Smith, 1966). La longitud del Océano Pacífico en el litoral mexicano es de 4 054 km, de los cuales aproximadamente el 42% corresponde al PTM (De la Lanza, 2001). Una región del Pacífico oriental tropical es el PTM, ubicándose al norte del país en las coordenadas geográficas 23°36'12.20''N y 108°28'21.05''O, entre las costas de Sinaloa y La Paz, hacia la parte sur en las coordenadas 13°23'39.49''N y 92°38'10.77''O que corresponden a la parte suroeste de la República Mexicana. Limitando así en la parte norte con Mazatlán Sinaloa y al sur con la frontera Guatemalteca (Trasviña *et al.*, 1999). Sin embargo otros autores como De la Lanza (2001) mencionan que el límite al norte esta localizado frente a las costas de Cabo Corrientes Jal. en las coordenadas 20°22'24.8''N y 105°46'04.60''O coincidiendo en que el límite sur es la frontera con Guatemala.

El presente trabajo comprende las aguas oceánicas que son adyacentes a las costas de Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. Esta región se encuentra al sur del Golfo de California y al este de la zona en la que confluye la corriente de California con la Corriente Norecuatorial del Pacífico (Wirtki, 1965). Su localización geográfica es en las coordenadas geográficas 20°15'31.11''N y 106°30'31.90''O en la zona norte y los 15°56'21.92''N y 99°12'4.25''O para la parte sur (Fig. 9).



Figura 9. Localización de los límites del área de estudio

Hidrografía

Masas de agua

De acuerdo a Wyrтки (1967) identificar las masas de agua en la región del Pacífico Tropical es muy complejo ya que las características de las aguas cambian suavemente lo que complica la diferenciación.

Sin embargo, pueden distinguirse varios tipos de masas de agua superficiales: Agua Superficial Tropical (AST), Agua Superficial Subtropical (ASS), Agua Superficial de la Corriente de California (ASCC); y dos subsuperficiales: Agua de la Corriente Norecuatorial (ACN), y Agua Subsuperficial Subtropical (ASSS) (Garfield *et al.*, 1983). Las fronteras entre estas masas de agua están sujetas a cambios estacionales y, en la mayoría de los casos, hay más zonas de frontera que frentes (Wyrтки, 1966).

Corrientes

El PTM es influenciado por algunas corrientes marinas, las cuales varían su alcance de circulación de acuerdo a la época del año. En general las corrientes que podemos encontrar en esta zona son: la Corriente de California (CC), la Corriente Surecuatorial (CS), la Contracorriente Ecuatorial (CcE) y la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) (Transviña *et al.*, 1999).

Wirtki en 1966 describió a gran escala la circulación de estas corrientes para el PTO. En dicho trabajo sugiere que existen tres patrones de circulación estacional los cuales se describen a continuación:

El primero abarca de agosto a diciembre, en donde la CS y la Corriente Ecuatorial (CE) son intensas. La contracorriente fluye hacia la costa en donde se une a la Corriente Costera de Costa Rica (CCCR) en su flujo hacia el Norte y posteriormente entra en la región de la Corriente Norecuatorial (CN) entre los 10 y 20°N. En el Norte, la CC se separa de la costa de Baja California (25°N), alimentando a la CN.

En el segundo patrón se describe que durante febrero y abril, la CC se intensifica y penetra hacia el Sur hasta 20°N. La CcE está ausente durante este periodo y es reemplazada por un flujo variable hacia el Oeste o Noroeste. La Contracorriente Surecuatorial es débil y muestra movimientos ocasionales hacia el Este, cerca del ecuador. La Corriente Costera de Costa Rica también está ausente. En los golfos de Tehuantepec y Panamá existen flujos

hacia fuera de la costa por el efecto local de los vientos, como los ocurridos en periodos de norte.

Por último en el tercer patrón que va de Mayo a Julio la Contracorriente Ecuatorial se forma nuevamente y la mayor parte de sus aguas fluyen hacia el Norte, cerca de la costa, para alimentar la Corriente Costera de Costa Rica.

Clima, temperatura y salinidad

La zona del PTM se caracteriza por tener una temperatura atmosférica promedio de 22°C, con valores máximos entre mayo y agosto y los mínimos de enero a febrero (Yañez-Rivera 1989), en tanto que la precipitación anual varía entre 800 y 1500 mm, con lluvias intensas de junio a septiembre y de febrero a abril por la influencia de tormentas tropicales y huracanes.

La temperatura superficial del agua tiene fluctuaciones entre los 26 y 28 °C (Weare *et al.*, 1981). Los cambios anuales no sobrepasan los 5 °C en las aguas cercanas a Cabo Corrientes y dichos cambios son propiciados por la intrusión del ASS. Las aguas cálidas del PT están sujetas a un calentamiento superficial que tiende a reducir la densidad, no obstante la excesiva evaporación que se presenta en el subtrópico, incrementa la densidad del agua superficial y promueve la convección y consecuentemente un proceso de mezcla constante con una extensión vertical de la capa de mezcla de 20 a 50 m. En relación a esta capa, se encuentra la termoclina que se caracteriza por ser somera y permanente (Wyrki, 1965).

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

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo

Se obtuvieron 109 muestras biológicas durante la campaña oceanográfica MAREAR II a bordo del Buque Oceanográfico “El PUMA” del 27 de abril al 8 mayo del 2010. Como se muestra en la tabla 1 las muestras obtenidas son de 23 estaciones distribuidas en 5 transectos marcados a lo largo del PTM (Fig. 10).

Tabla 1. Estaciones de muestreo en cada localidad.

Cabo Corrientes	Manzanillo	Maruata	Lázaro Cárdenas	Acapulco
E. 10	E. 20	E. 28	E. 34	E. 41
E. 11	E. 21	E. 29	E. 35	E. 42
E. 12	E. 22	E. 30	E. 36	E. 44
E. 13	E. 23	E. 31	E. 37	E. 45
			E. 38	E. 46
			E. 39	

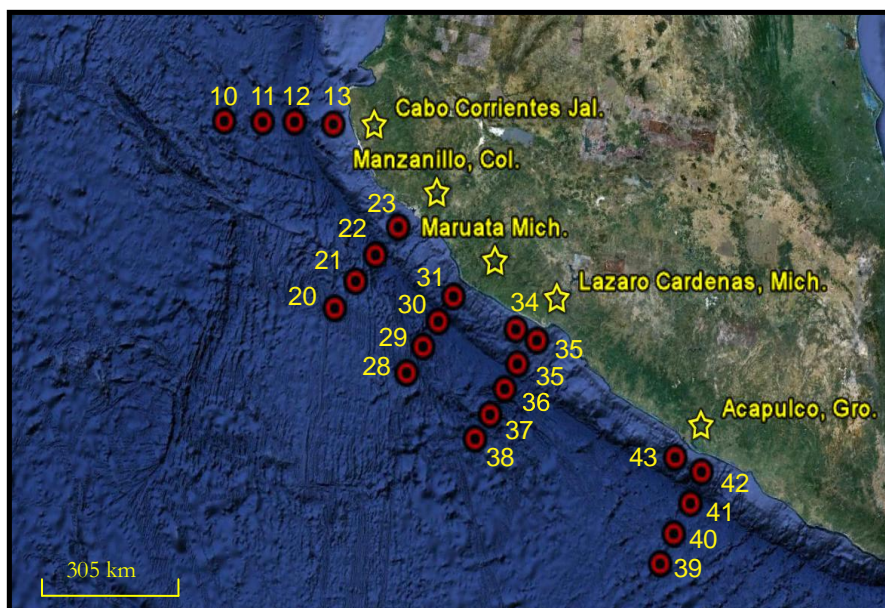


Figura 10. Ubicación espacial de las estaciones de muestreo

Para la colecta de las muestras biológicas se utilizaron botellas Niskin con capacidad de 10 L, las cuales proporcionaron agua de 5 diferentes profundidades en cada una de las estaciones; las profundidades se modificaron de estación a estación de acuerdo a la variación del nivel máximo de clorofila. Las estimaciones de este último parámetro se tomaron con un perfilador de fluorescencia (WET Labs) acoplado al CTD.

Se filtró un volumen promedio de 3 L. de agua de cada una de las botellas que a su vez pertenecía a cada profundidad muestreada. La filtración se llevo a cabo en filtros de membrana de celulosa (Millipore de 45 mm de diámetro y 0.45 μm de poro) con la ayuda de una bomba generadora de vacío (Bollmann *et al.*, 2001); al término del filtrado se enjuagaron los filtros con agua destilada (10 a 15 ml) para la eliminación de sales. Los filtros se dejaron secar a temperatura ambiente para luego conservarlos en cajas Petri para su posterior análisis (Bollmann *et al.*, 2001 en Cortés, 2000).

Para el procesamiento y determinación de nutrientes (nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos) se tomaron aproximadamente 100 ml de cada muestra de agua para su posterior análisis realizado por otros estudiantes. Al mismo tiempo la obtención de datos hidrológicos fue tomada con un perfilador de mediciones continuas de conductividad, profundidad y temperatura (CTD SEA- BIRD SB19 PLUS), a las mismas profundidades a las que se tomaron las muestras de agua.

Trabajo de laboratorio

De los filtros obtenidos se hizo un submuestreo recortando los filtros en unidades de 1 x 2 cm. para hacer preparaciones permanentes, montando sobre un portaobjetos el área recortada y agregando de 2 a 3 gotas de aceite de inmersión hasta cubrirla por completo lo cual hace transparente el filtro y posible la observación de organismos al microscopio óptico. Luego de transparentarse el filtro se colocó sobre él un cubreobjetos (Bollmann *et al.*, 2001 en Cortés, 2000).

El conteo e identificación de especies se llevó a cabo con un microscopio óptico (OLIMPUS BX40) a 100X, observando 90 campos visuales que se determinaron aleatoriamente en un mismo sentido para estimar el número de células por litro al realizar el análisis estadístico.

También se realizaron metalizaciones de secciones de los filtros con oro-paladio para poder corroborar la determinación de especies y obtener imágenes en el microscopio electrónico de barrido (MEB JSMG360LV).

Análisis de datos

Composición

En la identificación de las especies se consideraron diversos criterios sistemáticos propuestos en las publicaciones de Young *et al.* (2003), Jordan y Kleijne (1994), Cros y Fortuño (2002), los cuales proporcionaron la información necesaria para llegar a nivel de género y especie de la mayoría de los organismos encontrados.

Abundancia

La densidad de cocolitofóridos se obtuvo utilizando la siguiente ecuación (Bollmann *et al.*, 2001 en Cortés, 2000).

$$CD = \frac{A * N}{a * v}$$

Donde:

CD = densidad de células (células/L de agua)

A = área del filtro

N = número total de células contadas

a = área analizada

v = volumen de agua filtrada

Distribución

Para conocer la ordenación espacial de cocolitofóridos se elaboró una matriz de datos en el programa Excel, ubicando a las diferentes especies en la profundidad y estaciones en las que se encontraron.

Lista comentada de las especies identificadas con una breve descripción morfológica, así como su gráfica de distribución a lo largo del estudio.

Familia: Calciosoleniaceae Kamptner 1927

Género: *Alveosphaera* Jordan et Young 1990

A. bimurata (Okada et McIntyre 1977) Jordan et Young 1990.

Alveosphaera bimurata se observó en solo cuatro estaciones: estación 12 en la zona más cercana a la costa de Cabo Corrientes, estación 20 en la zona oceánica de Manzanillo y las estaciones 37 y 38 también en la zona oceánica pero de Lázaro Cárdenas (Fig.11).

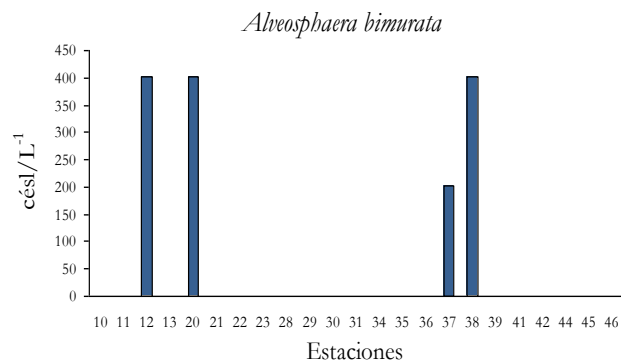


Figura 11. Abundancia y distribución de *Alveosphaera bimurata*.

Esta especie presenta una cocosfera esférica (Fig. 9) de aproximadamente 14 μm de diámetro aunque puede también encontrarse la cocosfera disgregada (Fig.10); contiene alrededor de 40 a 50 cocolitos de tipo muralito (Fig. 9); El cocolito tiene una forma elíptica alargada, con el borde relativamente alto y presenta imbricaciones delicadas que cruzan longitudinalmente el borde en su parte más angosta.

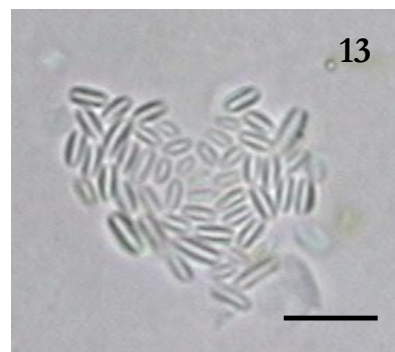
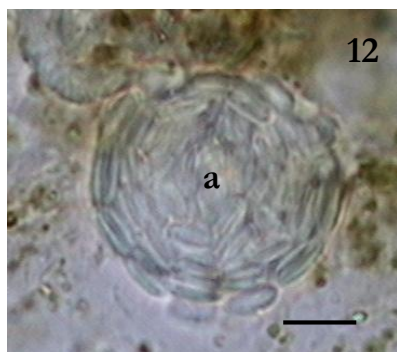


Figura 12. Microscopía de luz. Cocosfera de *Alveosphaera bimurata* esférica (a) cocolitos de tipo muralito.

Figura 13. Cocosfera disgregada de *Alveosphaera bimurata*. (Escala= 5 μm).

Familia: Calcidiscaceae Young *et* Bown 1997

Género: *Calcidiscus* Kamptner 1950

C. leptoporus (Kamptner 1937) Geisen *et al.* 2002

A *Calcidiscus leptoporus* se le observó en 16 estaciones (Fig.11). Las zonas de mayor ocurrencia de organismos de esta especie son las de los extremos de la zona de estudio, en Cabo Corrientes y Acapulco.

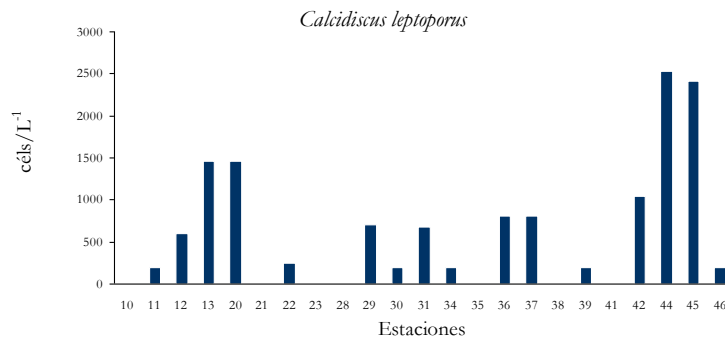
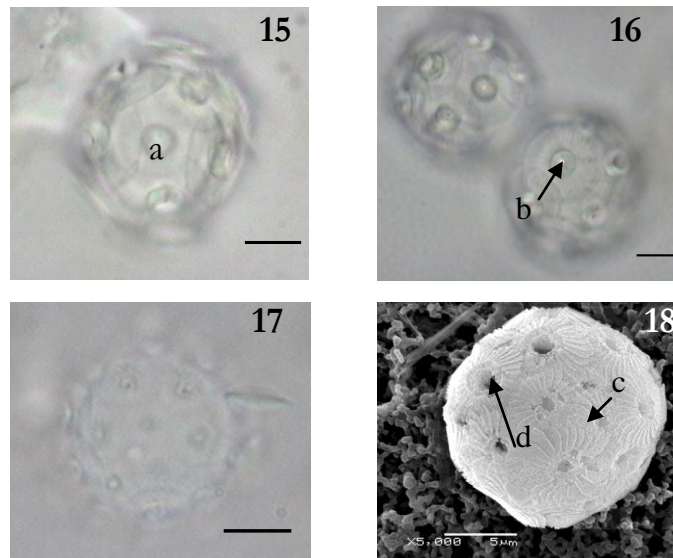


Figura 14. Abundancia y distribución de *Calcidiscus leptoporus*.

Se observaron para esta especie cocosferas esféricas de entre 11 y 22 μm de diámetro. Presentan entre 12 y 25 cocolitos de tipo planolito con una apertura circular central, (Fig. 12, 13, 14 y 15) esta variación en el número de cocolitos puede deberse a etapas distintas en el ciclo de vida, estado de división celular, o a variedades de la especie; los cocolitos son de tipo placolito de talla también variable, entre 5 y 11 μm que presentan suturas suavemente curvadas en el escudo distal (Fig. 15).



Figuras 15 y 16. Microscopia de luz. Cocosferas circulares con (a)cocolitos de tipo planolito, (b) apertura circular central. Figura 17. Microscopia de luz. Cocosfera circular con aproximadamente 25 cocolitos (Escala= 5 μm). Figura 18. Microscopia de barrido. Cocosfera circular. (c) suturas curvadas, (d) apertura circular central.

Género: *Oolithotus* Reinhard in Cohen y Reinhardt 1968

O. antillarum (Cohen 1964) Reinhardt in Cohen et Reinhardt 1968

Esta especie solo fue localizada en un nivel superficial de la estación 11 correspondiente a Cabo Corrientes.

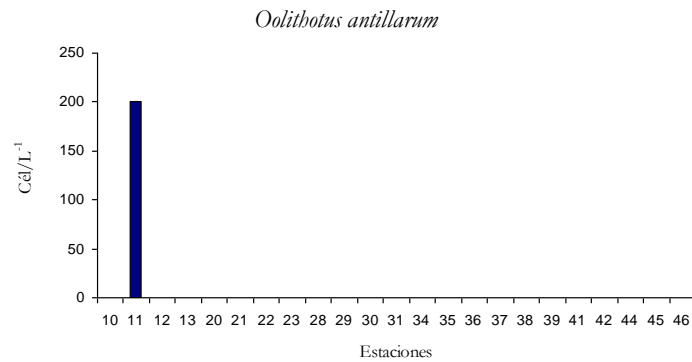
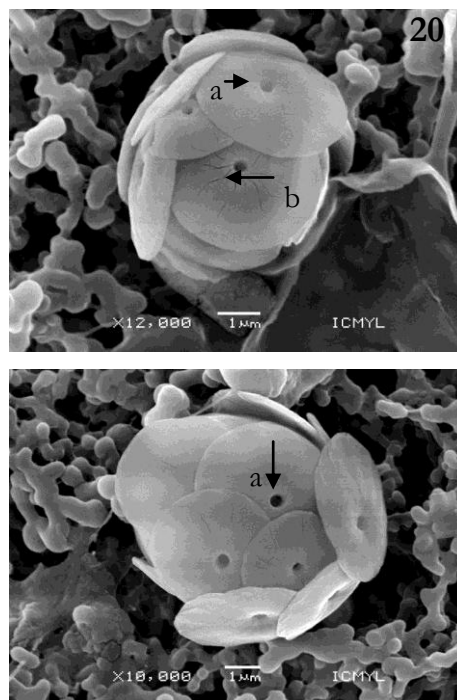


Figura 19. Abundancia y distribución de *Oolithotus antillarum*.

Cocofera subesférica de talla pequeña de 5 y 6 μm de diámetro, con aproximadamente 20 cocolitos de tipo planolito, sub-circular, asimétricos de talla también pequeña (3-4 μm de diámetro), En la parte central del cocolito se observa una pequeña apertura circular, que esta rodeada por delgadas suturas radiales.



Figuras 20 y 21. Microscopia de barrido. Cocofera de *O. antillarum*. (a) Apertura circular, (b) Sutures radiales.

Género: *Umbilicosphaera* Lohmann 1902

U. foliosa (Kamptner 1963 *ex* Kleijne 1993) Geisen *in* Saéz *et al.* 2003.

Umbilicosphaera foliosa solo se observó en la estación 12 en el nivel que corresponde a los 10 metros de profundidad.



Figura 22. Abundancia y distribución de *Umbilicosphaera foliosa*.

Cocoferas esféricas de entre 10 y 12 μm de longitud en su parte más larga. Los cocolitos son de tipo placolito y presentan una apertura circular central en donde usualmente se les observa una espina central o protuberancia en forma de gancho (la cual pierden con facilidad), el escudo distal tiene dos bandas de estrías radiales y el borde del cocolito es irregular.

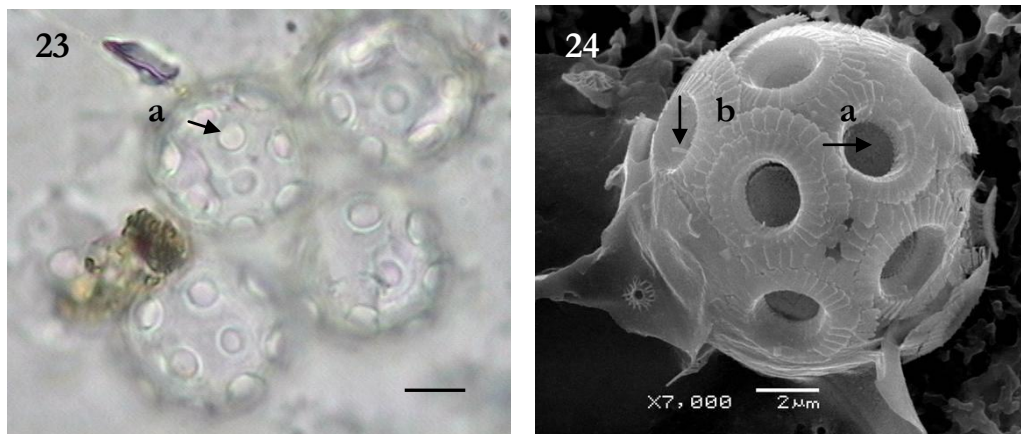


Figura 23. Microscopia de luz. Cocoferas esféricas de *U. foliosa*. (a) Apertura central (Escala= 5 μm). Figura 24. Microscopia de barrido. Cocofera esférica de *U. foliosa*. (a) Apertura central. (b) Espina central. (c) Estrías radiales.

Familia: Coccolithaceae Poche 1913 emend. Young *et* Bown 1997

Género: *Cruciplacolithus* Hay *et* Mohlerin Hay *et al.*1967

C. neobelis (McIntyre *et* Bé 1967) Reinhardt 1972 (Cocolithus).

Cruciplacolithus neobelis se le observo solo en la estación 11 en el nivel correspondiente a los 20 metros de profundidad.

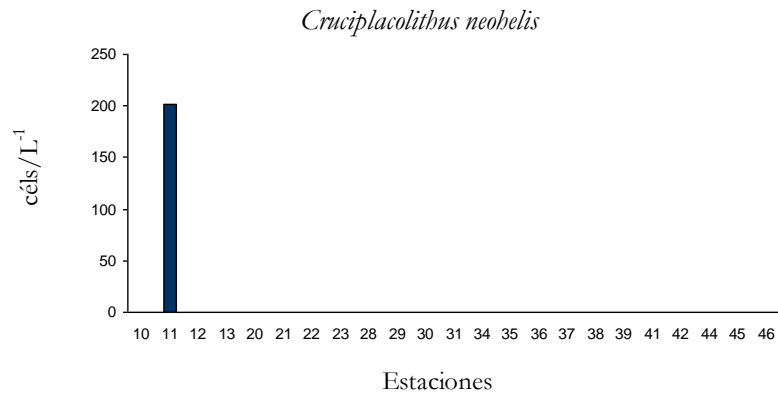


Figura 25. Abundancia y distribución de *Cruciplacolithus neobelis*.

Célula de talla pequeña de entre 7 y 9 μ m, con cocolitos de tipo placolito, borde ancho y con una estructura en forma de cruz al centro del cocolito. La cocsfera esta compuesta de aproximadamente 20 cocolitos (No ilustrado).

Familia: Rhabdosphaeraceae Heckel 1894

Género: *Discosphaera* Heckel 1894

D. tubifera (Murray et Blackman 1898) Ostenfeld 1900 (*Rhabdosphaera*)

Discosphaera tubifera se observó en la estación 36 en Lázaro Cárdenas en el nivel de superficie.

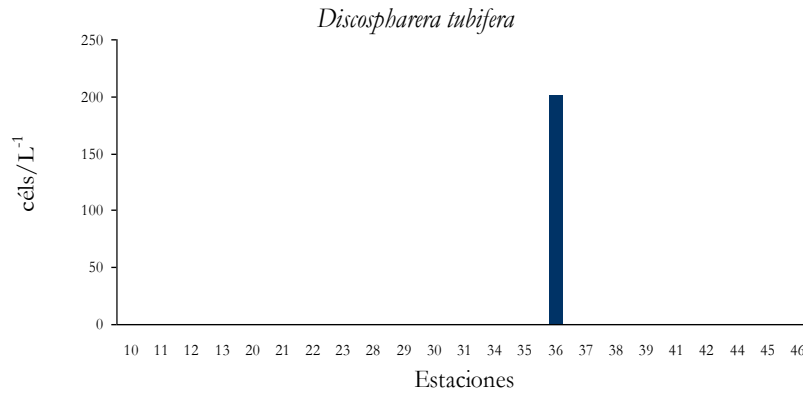
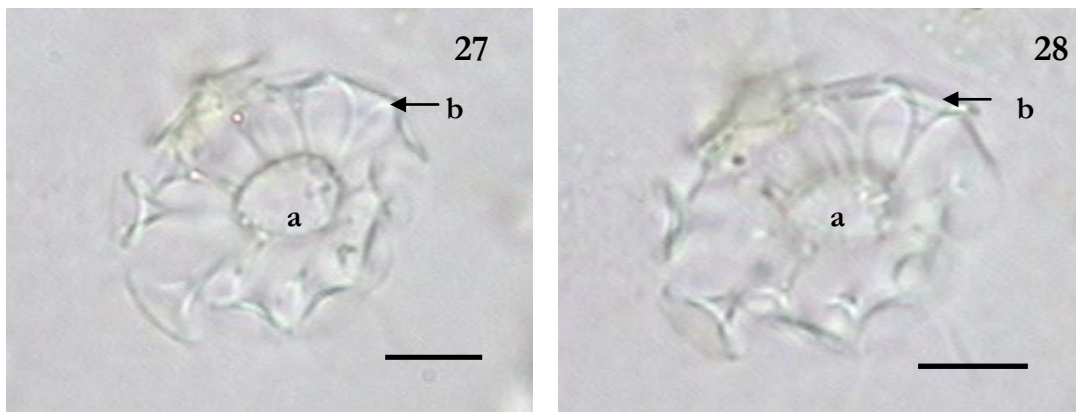


Figura 26. Abundancia y distribución de *Discosphaera tubifera*.

Cocosfera sub-esférica que presenta un número estimado de 11 heterococolitos de tipo rhabdolito. La forma evidente de éstos es de un embudo alargado, se sabe que cada cocolito tiene una base elíptica la cual no logra observarse en la imagen. La longitud promedio de cada Rhabdolito es de 5µm de la base al borde del embudo.



Figuras 27 y 28. Microscopia de luz. Cocosfera de *D. tubifera*. (a) Cocosfera. (b) Cocolito de tipo rhabdolito. (Escala= 5µm).

Familia: Noelaerhabdaceae Jerkovic 1970 emend. Young *et* Bown 1997

Género: *Emiliana* Hayrt *et* Moholer *in* Hay *et al.* 1967

E. buxleyi (Lohman 1902) Hay *et* Moholer *in* Hay *et al.* 1967

Emiliana buxleyi es una de las especies con mayor ocurrencia en el estudio, se observó su presencia en 17 estaciones de las cuales las estaciones 11, 12, 36 y 37 son las que presentan mayores abundancias.

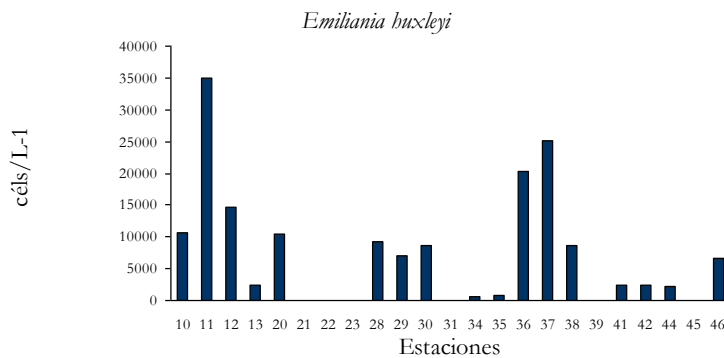


Figura 29. Abundancia y distribución de *Emiliana buxleyi*.

Cocosfera de forma esférica a sub-esférica, con un número variable de cocolitos elípticos de tipo placolito, esta variación depende de la etapa en el ciclo de vida (si esta en división celular se observan más cocolitos) y de las diversas variedades existentes. El cocolito presenta un apertura central elíptica con imbricaciones paralelas que van de la apertura hacia el borde exterior del cocolito.

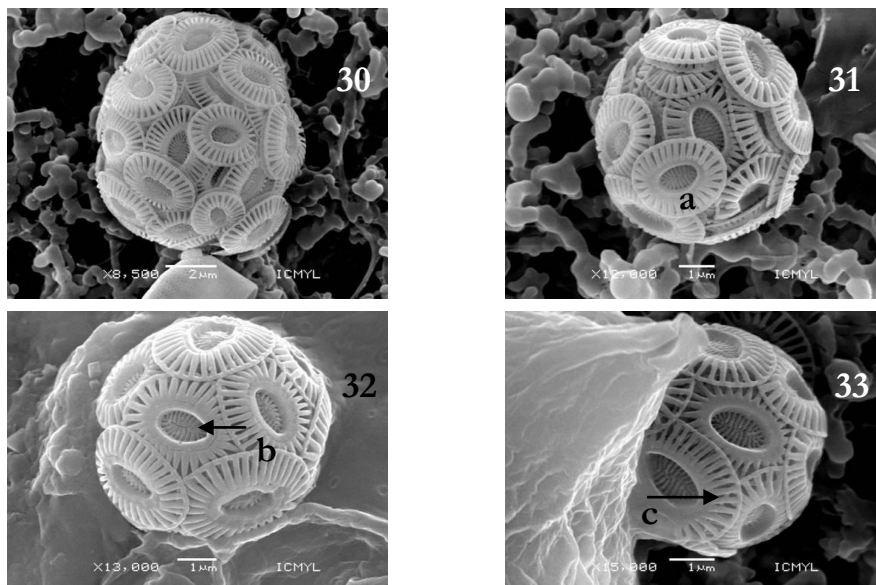


Figura 30. Microscopía de barrido. Cocosfera en división celular de *E. buxleyi*. Figura 31. Cocosfera esférica (a) cocolito elíptico. Figura 32. Cocosfera sub-esférica (b) apertura central elíptica. Figura 33. Cocosfera sub-esférica (c) Imbricaciones paralelas.

Género: *Gephyrocapsa* Kamptner 1943
G. ericsonii McIntyre et Bé 1967

Gephyrocapsa ericsoni solo se observó en tres estaciones en localidades a los extremos de la zona de estudio.

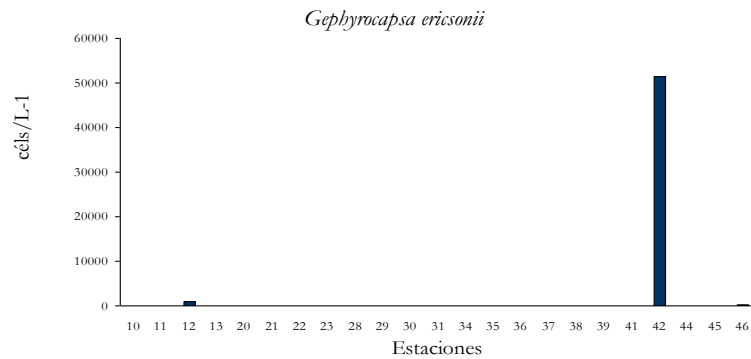


Figura 34. Abundancia y distribución de *Gephyrocapsa ericsoni*.

Cocosfera circular de talla pequeña (4 a 5 μm de diámetro) con aprox. de 8 a 10 cocolitos elípticos de tipo placolito (1.5-2.5 μm); cada cocolito tiene una apertura central amplia también elíptica y un borde delgado con estrías radiales marcadas a lo largo de éste; Se observa también un margen del borde irregular. Sobre la apertura central hay un puente formado por dos espinas que salen de ambos lados borde central de cada cocolito y se juntan en la parte media de éste formando un ángulo poco pronunciado, esta característica es de suma importancia para la determinación de la especie y la variedad.

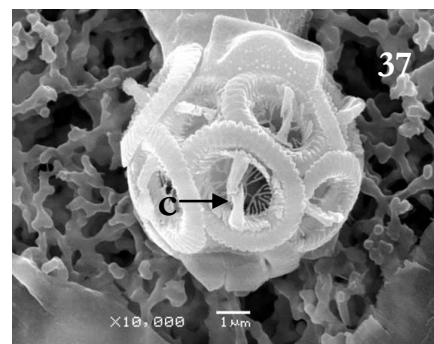
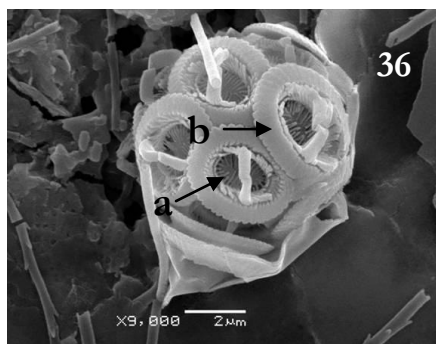
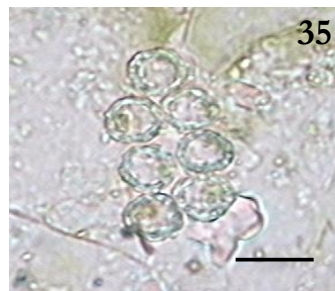


Figura 35. Cocosferas de *G. ericsonii* en microscopia de luz (Escala= 5 μ). Figura 36. Microscopia de barrido. Cocosfera de *G. ericsonii* (a) apertura central elíptica, (b) Borde irregular con estrías radiales. Figura 37. Cocosfera de *G. oceanica* (c) Puente formado por dos espinas.

G. oceanica Kamptner 1943.

Gephyrocapsa oceanica. Es otra de las especies con mayor número de ocurrencia ya que se observó en casi todas las estaciones con abundancias importantes, sus mayores abundancias se dan hacia la parte sur de la zona de muestreo en las zonas que corresponden a Lázaro Cárdenas y Acapulco.

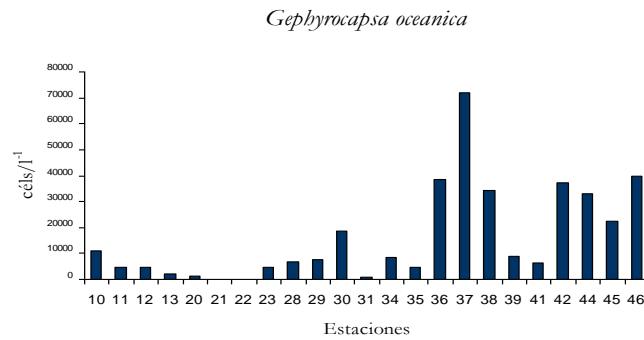


Figura 38. Abundancia y distribución de *Gephyrocapsa oceanica*.

Cocosfera circular a sub-circular, de talla grande entre 9 y 12 μm de diámetro. Presenta entre 10 y 25 cocolitos de tipo placolito (esta cantidad depende también de la etapa en el ciclo de vida). Cada cocolito tiene una apertura central amplia también elíptica con estrías radiales poco marcadas y un margen del borde regular; Sobre la apertura central hay un también un puente que en este caso es de un ángulo pronunciado a diferencia de *G. ericsonii*. Generalmente a esta especie se le encuentra en agregados de dos o más células.

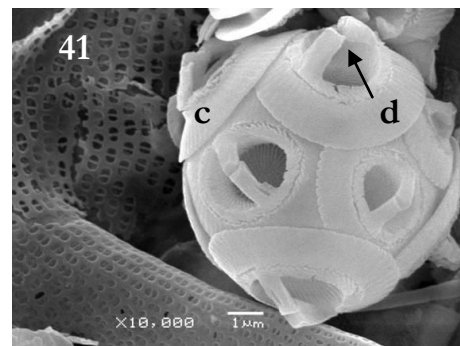
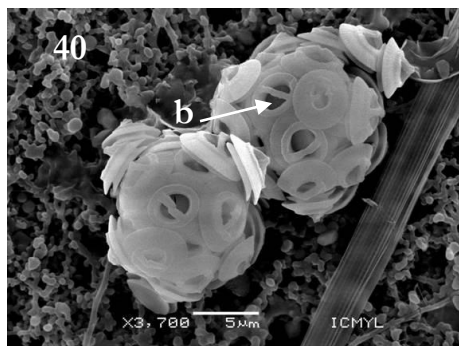
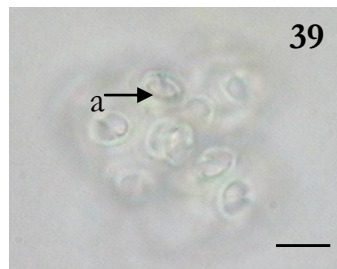


Figura 39. Cocosferas de *G. Oceanica* en microscopia de luz (a) puente formado por dos espinas (Escala= 5 μ). Figura 40. Microscopia de barrido. Cocosfera de *G. oceanica* (b) apertura central elíptica. Figura 41. Cocosfera de *G. oceanica* (c) Borde grueso regular con estrías radiales poco marcadas (d) Puente formado por dos espinas.

Género: *Reticulofenestra* Hay, Moler *et* Wade 1966

R. sessilis (Lohmann 1912) Jordan *et* Young, 1990

A *Reticulofenestra sessilis* se le observo en 10 estaciones, observando que la frecuencia de aparición aumenta hacia la zona sur a partir de la estación 34 en Lázaro Cárdenas.

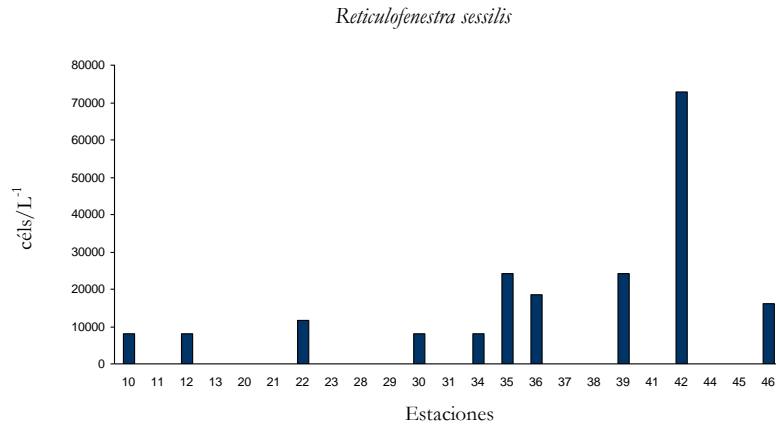
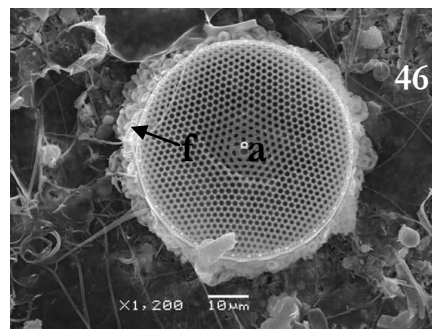
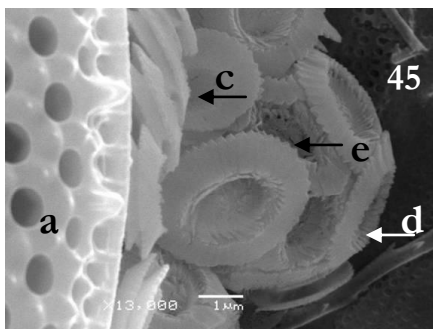
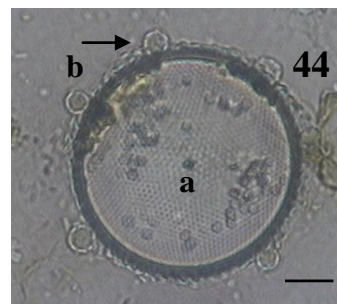
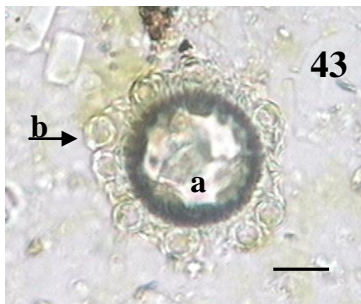


Figura 42. Abundancia y distribución de *Reticulofenestra sessilis*.

La forma de la cocosfera es sub-circular de tamaño pequeño (2.5-5 μ m). Presenta entre 10-12 cocolitos por cocosfera; los cocolitos son de tipo placolito tienen un área central ligeramente excavada. El borde del cocolito tiene estrías radiales paralelas alrededor de la zona excavada; el margen del borde es irregular, anguloso con forma de zig-zag.



Figuras 43 y 44. Microscopia de luz. Cocosferas de *R. sessilis* adheridas a (a) diatomea (*Thalassiosira punctifera*), (b) cocosferas (Escala= 5 μ). Figura 45. Microscopia de barrido. Cocosfera de *R. sessilis*, (c) cocolitos, (d) zona excavada, (e) margen irregular. Figura 46. (f) Cocosferas adheridas a diatomea (*T. punctifera*).

Familia: Ceratolithaceae Norris 1965

Género: *Florisphaera* Okada et Honjo 1973

F. profunda Okada et Honjo 1973

Florisphaera profunda fue observada en 4 estaciones siendo mayor su ocurrencia y abundancia hacia la parte sur frente a Lázaro Cárdenas y Acapulco.

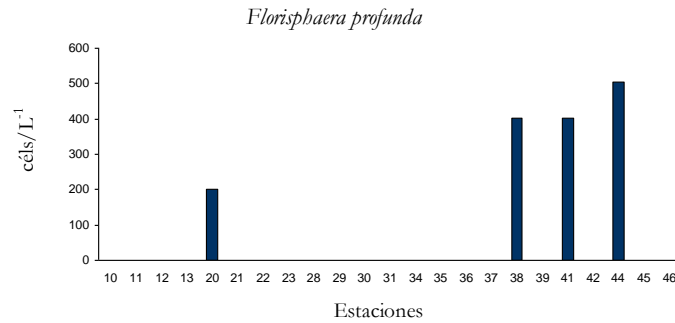
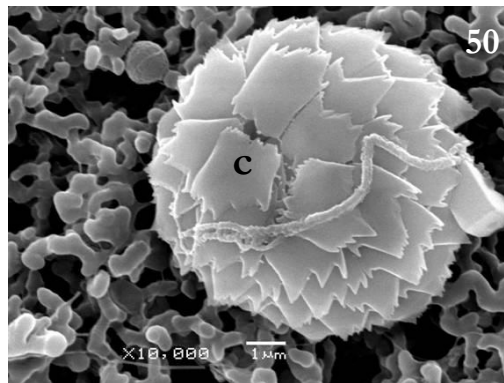


Figura 47. Abundancia y distribución de *Florisphaera profunda*.

Cocosfera elíptica en vista lateral y circular a sub-circular en vista transversal, presenta cocolitos de tipo nannolito de talla pequeña de entre 1.5 y 2.5 μ m de longitud en la parte más larga. La cocosfera tiene un arreglo formado por varias capas de cocolitos.



Figuras 48 y 49. Microscopia de luz. Cocosferas de *F. profunda* en vista transversal (a) circular, (b) sub-circular (Escala= 5 μ). Figura 50. Microscopia de barrido. Cocosfera de *F. profunda* (c) cocolitos de tipo nannolito.

Familia: Helicosphaeraceae Black 1971

Género: *Helicosphaera* Kamptner 1954 (=Helicopontosphaera Hay *et* Mohler 1967)

H. carteri (Wallich 1877) Kamptner 1954

A *Helicosphaera carteri* se le observó solo 3 estaciones.

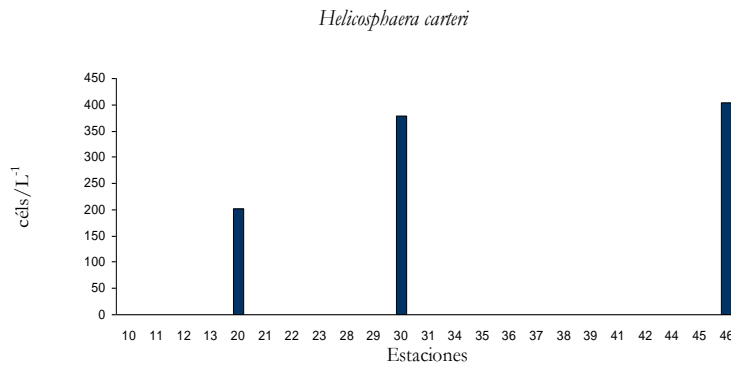


Figura 51. Abundancia y distribución de *Helicosphaera carteri*.

Cocosfera de forma sub-esférica compuesta por cocolitos elípticos de tipo helicolito que miden entre 8 y 11 μm de longitud en su parte más larga, los helicolitos presentan dos ranuras alargadas en la parte central del cocolito; el borde es en general grueso, hacia uno de los extremos este borde se engrosa aún más, y en esta zona más ancha del borde presenta estrías poco marcadas y al parecer sirve como zona de ensamblaje con otros cocolitos.

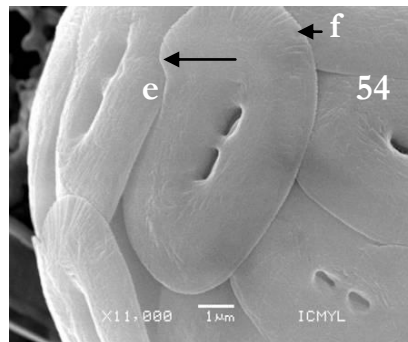
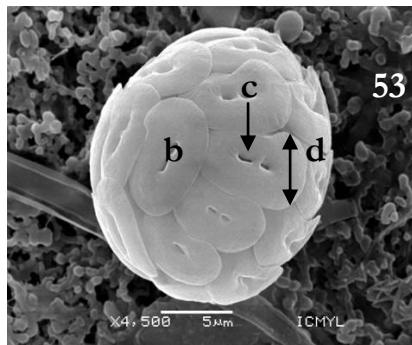
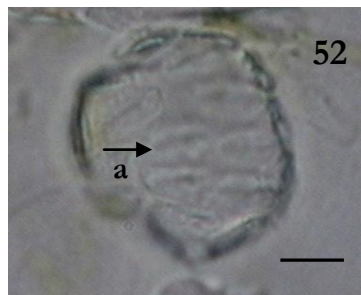


Figura 52. Microscopia de luz. Cocosfera de *H. carteri* (a) ranuras centrales (Escala= 5 μm). Figura 53. Microscopia de barrido. Cocosfera de *H. carteri* (b) cocolito de tipo helicolito, (c) ranuras centrales, (d) borde más ancho. Figura 54. Microscopia de barrido (e) zona de ensamblaje, (f) estrías poco marcadas.

H. hyalina Gaarder 1970

Helicosphaera hyalina solo se observó en dos estaciones (11 y 12) con una baja abundancia de organismos.

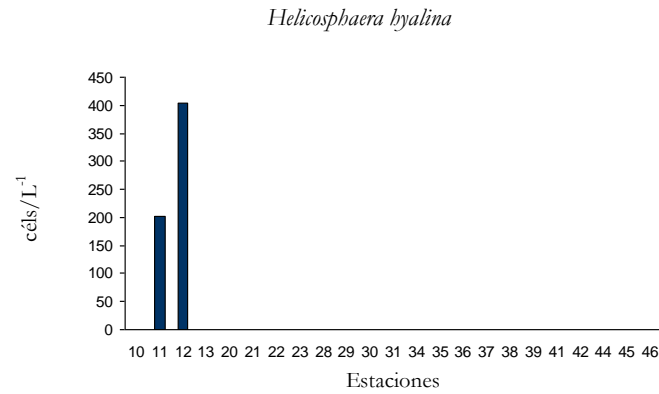


Figura 55. Abundancia y distribución de *Helicosphaera hyalina*.

Cocosfera elíptica con un número aproximado de 25 cocolitos de tipo helicólito; la parte central de los cocolitos es completamente cerrada y solo se observa una sutura oscura en la parte central de los cocolitos; el borde tiene estrías ordenadas paralelamente y en uno de los extremos del cocolito se observa una protuberancia con forma de espina.

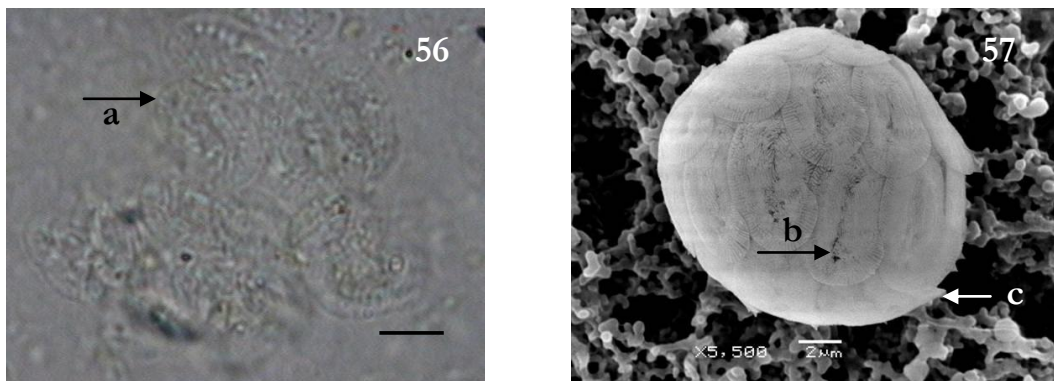


Figura 56. Microscopía de luz. (a) Cocolitos de tipo helicólito (Escala= 5 μ m). Figura 57. Microscopía de barrido. Cocosfera de *H. Hyalina* (b) costura central, (c) espina.

Familia: Syracosphaeraceae (Lohmann 1902) Lemmerman 1903

Género: *Coronosphaera* Gaarder in Gaarder et Heimdal 1977

C. mediterranea (Lohmann 1902) Gaarder in Gaarder et Heimdal 1977

Coronosphaera mediterranea sólo fue observada en la estación 36 a 30 metros de profundidad.

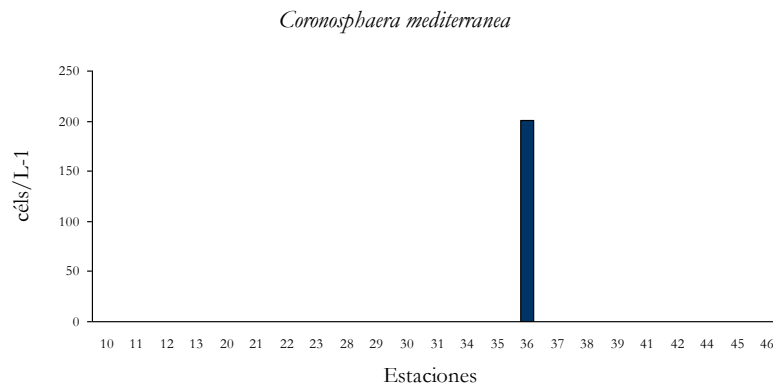
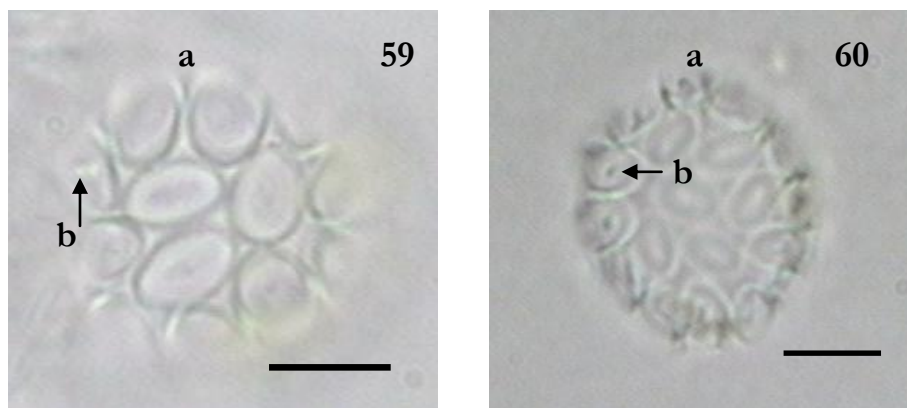


Figura 58. Abundancia y distribución de *Coronosphaera mediterranea*.

Cocosfera esférica de entre 10 y 13 μm de diámetro con cocolitos elípticos de tipo murolito, la parte interna del cocolito es aplanada con pequeñas estrías acomodadas radialmente, presentan una espina central alargada que no siempre se observa ya que la pierden con facilidad.



Figuras 59 y 60. Microscopia de luz. Cocosferas de *C. mediterranea*. (a) Cocolito elíptico de tipo murolito, (b) espina central. (Escala= 5 μm)

Género *Syracosphaera* Lohmann 1902

S. nana (Kamptner 1941)

Syracosphaera nana es otra especie que solo se observó en una estación (46) en los niveles que corresponde a 18 y 30 metros de profundidad.

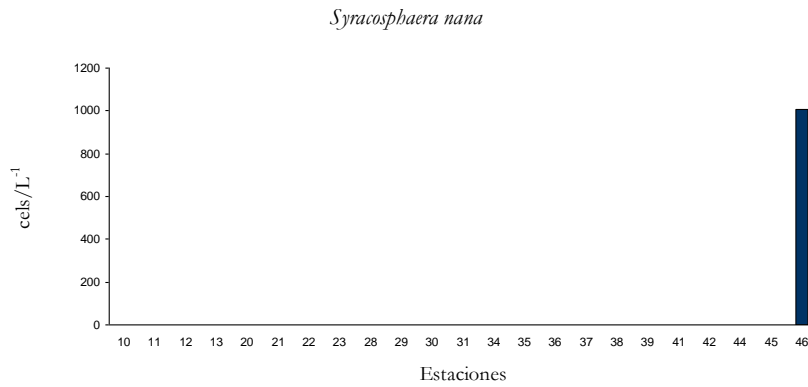
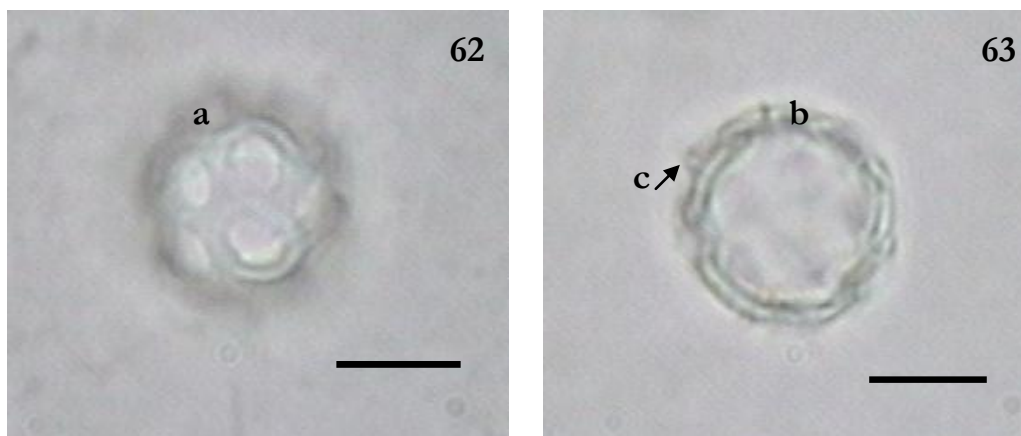


Figura 61. Abundancia y distribución de *Syracosphaera nana*.

Cocofera circular de talla pequeña (5-7 μ m), con cocolitos tipo muralito, pueden o no presentar una espina central en algunos cocolitos ya que la pierden con facilidad.



Figuras 62 y 63. (a) y (b) Cocoferas circulares de *C. mediterranea*, (c) Espina central. (Escala=5 μ m).

S. pulchra Lohmann 1902.

S. pulchra se localizo en 8 estaciones, encontrando en la estación 45 la mayor abundancia de organismos de esta especie.

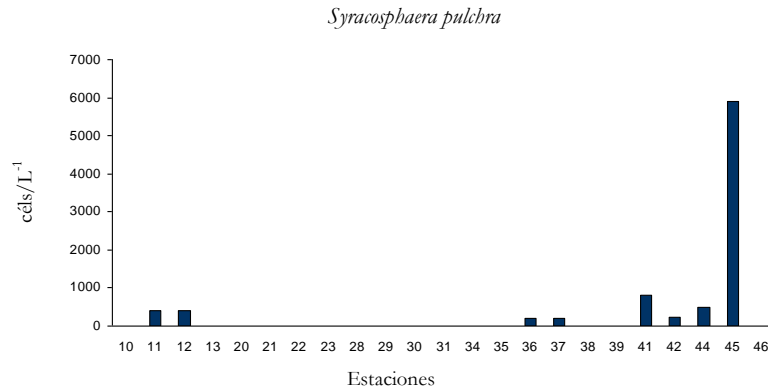


Figura 64. Abundancia y distribución de *Syracosphaera pulchra*.

Cocosfera de talla media (20-25 μ m), compuesta por cocolitos de tipo murolito. Los cocolitos que tienen forma elíptica, presentan una pared interna prominente y en la parte central del cocolito se observa una espina alargada que sobresale del cocolito.

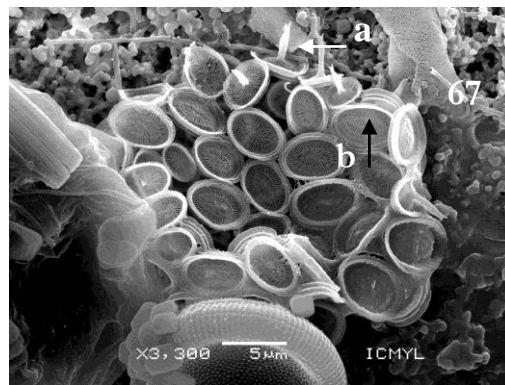
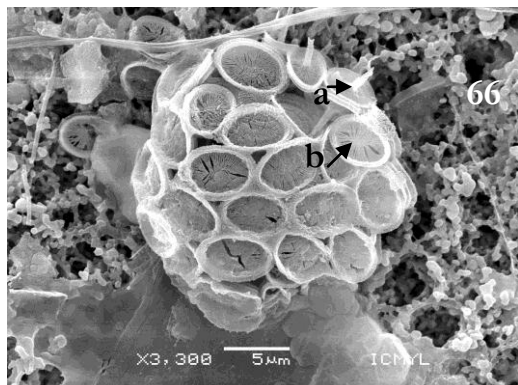
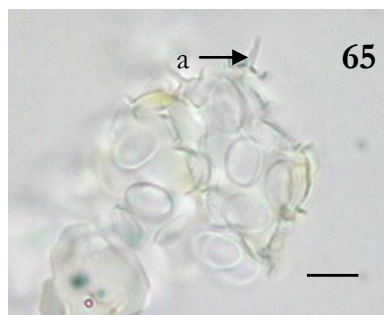


Figura 65. Microscopia de luz. Cocosferas de *S. pulchra*. (a) espina central (Escala= 5 μ). Figura 66. Microscopia de barrido. Cocosfera de *S. pulchra*. (b) cocolito de tipo murolito. (a) espina central. Figura 67. Cocosfera disgregada de *S. pulchra*. (b) cocolito de tipo murolito. (a) espina central.

Syracosphaera sp. Kleijne 1993

Syracosphaera sp. fue observada en 14 estaciones del área de muestreo principalmente hacia los extremos de la zona de estudio

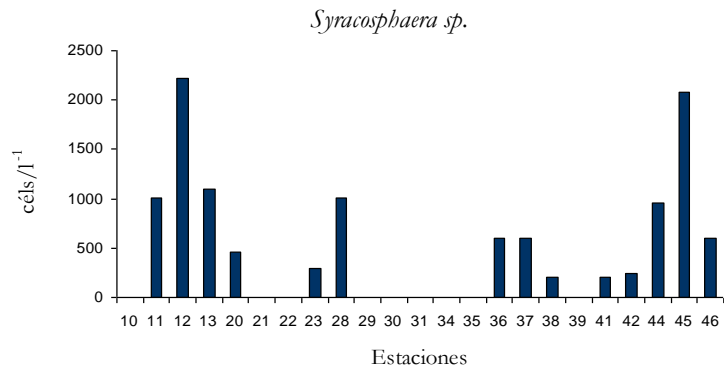


Figura 68. Abundancia y distribución de *Syracosphaera sp.*

Cocosfera disgregada, compuesta por múltiples cocolitos tipo murolito, de entre 4–5 μm de longitud.

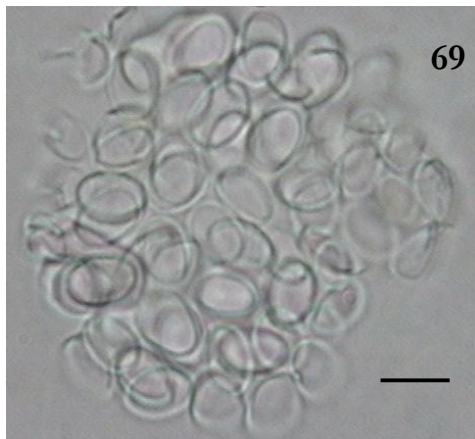


Figura 69. Cocolitos de tipo murolito *Syracosphaera sp.* (Escala= 5 μm)

Abundancia y distribución

La mayor abundancia de organismos se registró hacia la parte sur del Pacífico mexicano frente a las costas de Michoacán y Guerrero (estaciones 34 a 46) donde el número máximo fue de 165 279 Cél L⁻¹ (lo mas alto encontrado en este estudio). Por otra parte las mínimas abundancias se presentaron en la zona norte en las estaciones 13, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 31 y 41 con un una cifra inferior a las 20 000 células por litro (Fig. 70).

La distribución de los organismos de cada especie mostró una amplia variación tanto en las diferentes estaciones muestreadas como en la columna de agua.

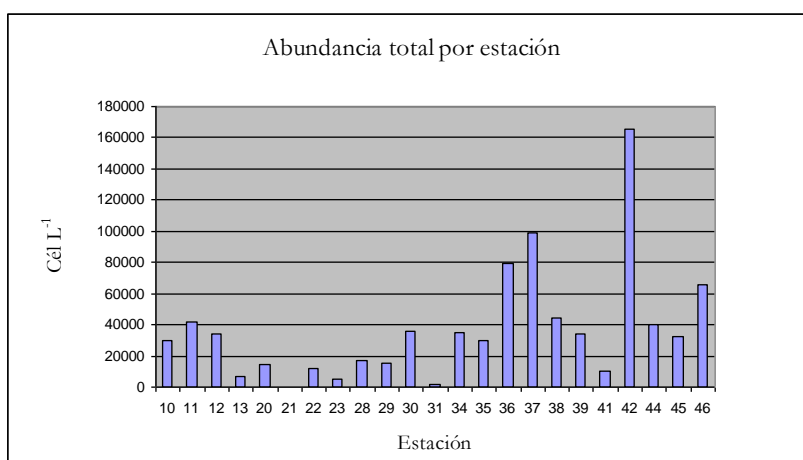


Figura 70. Abundancia de céls /L⁻¹ en cada una de las estaciones muestreadas.

El análisis del valor de importancia relativa (VIR), realizado a partir de los parámetros de abundancia y frecuencia, de las 17 especies encontradas, 4 presentaron un valor numérico elevado, por lo cual se les denominó como de “alta importancia” Estas especies fueron *Gephyrocapsa oceanica*, *Emiliana huxleyi*, *Reticulofenestra sessilis* y *Syracosphaera pulchra*, las otras especies con valores más bajos se nombraron como de “media” y “baja” importancia relativa.

A continuación se presentan las gráficas que muestran la abundancia y distribución de cocolitofóridos a distintas profundidades muestreadas, así como las especies con el mayor VIR para cada zona de muestreo.

Cabo Corrientes: estaciones 10, 11, 12 y 13

De acuerdo al análisis de VIR realizado con los datos de frecuencia y abundancia para la zona de Cabo Corrientes las especies que presentaron un mayor valor calculado, fueron *Emiliana huxleyi*, *Syracosphaera pulchra* y *Gephyrocapsa oceanica*.

El número estimado de organismos para la estación 10 fue 29 848 Cél L⁻¹. En general en dicha estación *G. oceanica* fue la especie que presentó mayor cantidad de organismos. La abundancia máxima fue ubicada a 75 metros con 9 087 Cél L⁻¹, donde *R. sessilis* fue la especie con mayor número de organismos.

La estación 10 se marcó en la parte más oceánica del transecto, donde los organismos se distribuyeron hasta 75 metros de profundidad. El intervalo de temperatura fue superior a los 15 °C e inferior a los 26 °C (Anexo I).

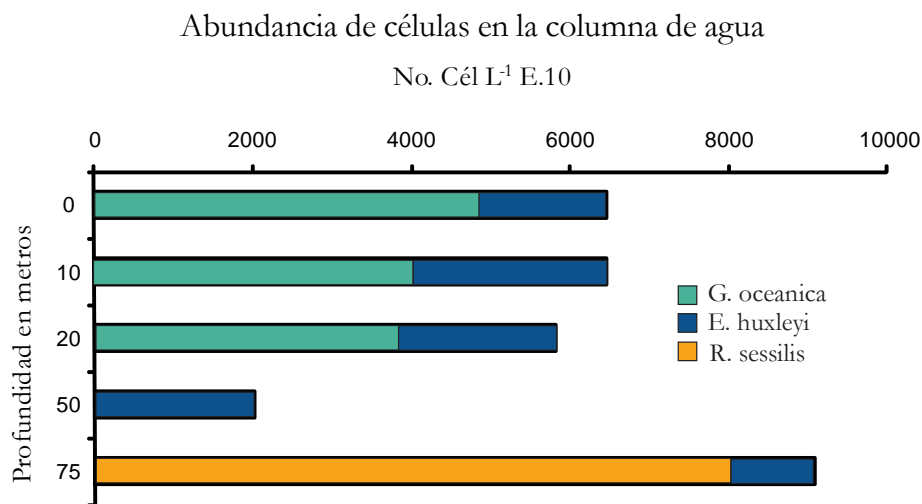


Figura 71. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 10.

En la estación 11 se presentó una abundancia de organismos de 41 602 Cél L⁻¹. El nivel muestreado a 20 metros es el que tuvo una mayor cantidad de células. *E. huxleyi* fue la especie dominante a esta profundidad y, en general, en toda la estación.

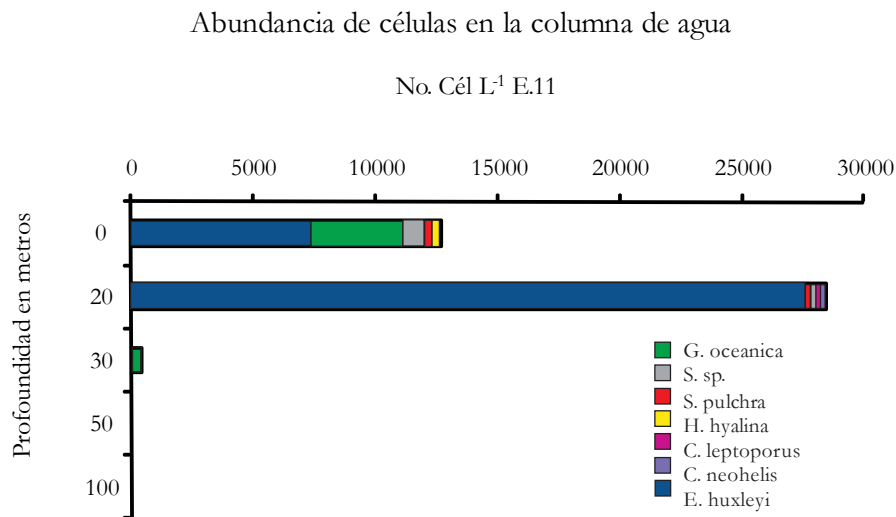


Figura 72. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 11.

El rango de distribución de cocolitofóridos para la estación 11 fue corto: de 0 a 30 metros de profundidad, siendo este último nivel el que coincide con la presencia de la termoclina observada en el perfil de temperatura (Anexo I).

La abundancia total calculada de cocolitofóridos en la estación 12 fue de 33 726 Cél L⁻¹. La mayor cantidad de organismos se presentó a 10 metros de profundidad con 17 569 Cél L⁻¹ (Fig. 73). Las especies con mayor abundancia observada fueron *R. sessilis* y *E. huxleyi*.

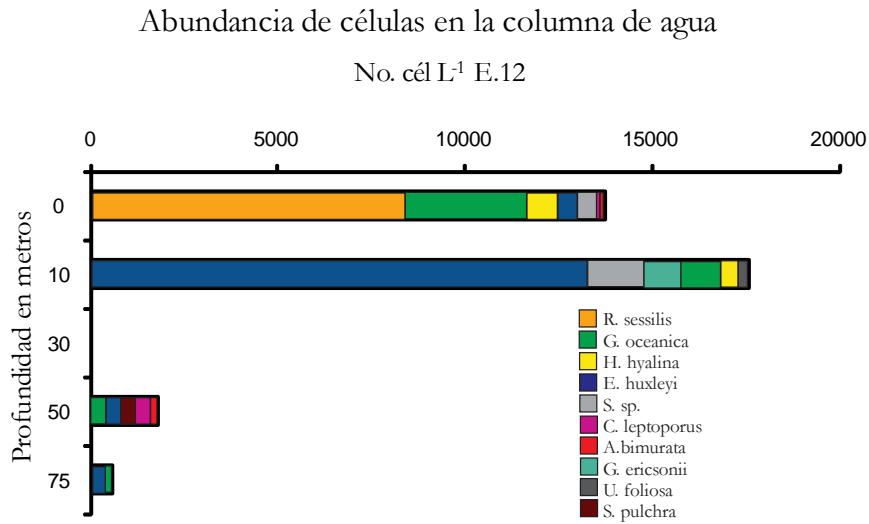


Figura 73. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 12.

Se muestra una distribución que abarca desde la superficie hasta los 75 metros, aunque se observó la ausencia total de cocolitofóridos a 30 metros. Se observa una relación inversa entre la presencia y abundancia de cocolitofóridos con la de los silicatos (Anexo II).

La cantidad de organismos que se calculó para la estación 13, es de 6 936 Cél L⁻¹, e igual que en la estación anterior el nivel que presentó un mayor número de organismos (4 406 Cél L⁻¹) fue el de 10 metros.

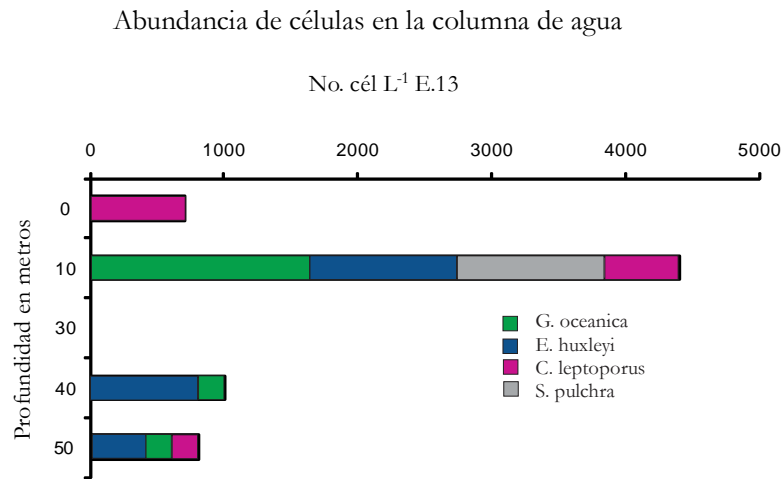


Figura 74. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 13.

La estación 13 corresponde a la parte más cercana a la costa, en la cual los organismos se distribuyeron de 0 hasta 50 metros de profundidad, aunque no se registraron cocolitofóridos a 30 metros de profundidad.

Manzanillo: Estaciones 20, 21, 22 y 23.

Para la zona de Manzanillo el análisis para evaluar el VIR de las especies indico que las especies con mayor valor de importancia de acuerdo a la frecuencia y la abundancia fueron *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica* y *Reticulofenestra sessilis*.

En la estación 20 la abundancia máxima de cocolitofóridos se presentó a los 30 metros de profundidad con 5 654 Cél L⁻¹. La abundancia total estimada para la estación es baja ya que apenas rebasa las 14 000 Cél L⁻¹.

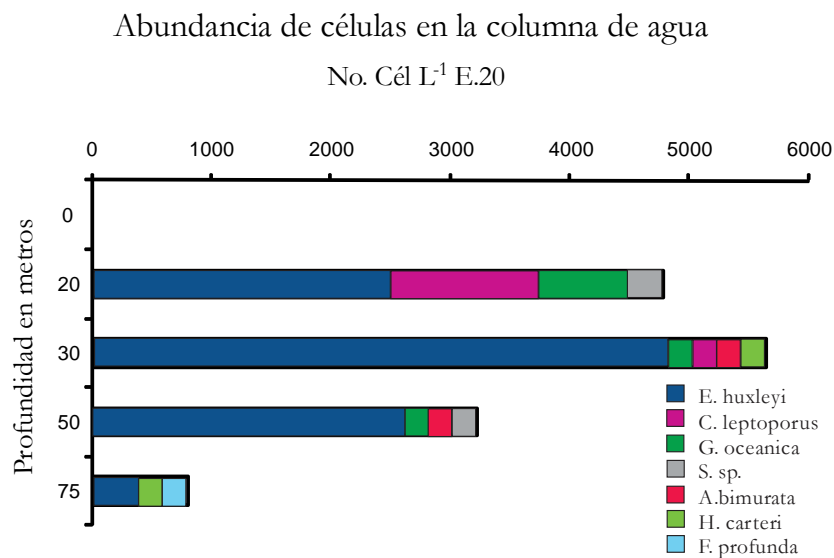


Figura 75. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 20.

La estación 20 es la más alejada de la zona costera en el transecto ubicado frente a las costas de Colima. La presencia de cocolitofóridos se registró desde los 20 hasta los 75 metros de profundidad. En la parte superficial no se encontraron cocolitofóridos. La presencia de organismos a partir de los 20 metros coincide con la termoclina observada en los datos del CTD (Anexo I).

En la estación 21 no se encontró ningún organismo.

La estación 22 tiene una abundancia también baja en la que se estimó un número de células por litro de apenas 11 792. La mayor abundancia se localizó a los 5 metros de profundidad con 11 540 Cél L⁻¹. Las especies encontradas fueron *R. sessilis* y *C. leptoporus* de las cuales la primera dominó sobre la segunda.

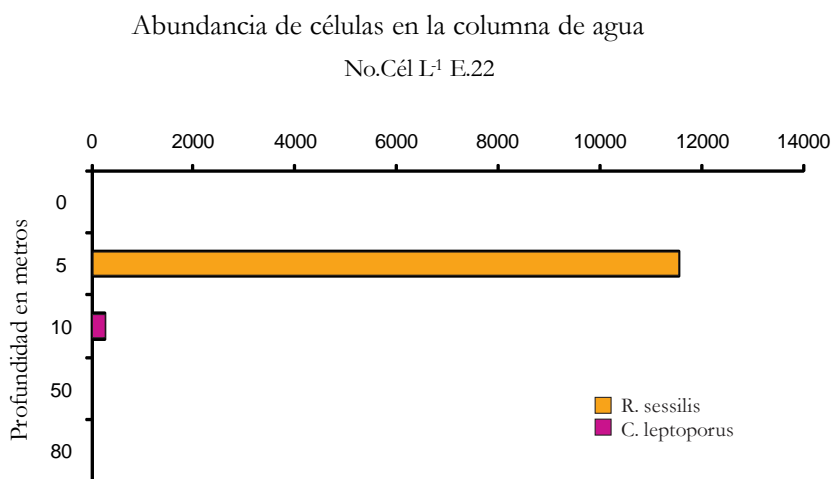


Figura 76. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 22.

La distribución en la columna de agua es limitada ya que solo abarca de 5 a 10 metros de profundidad. Al hacer la revisión de la gráfica de nutrientes presentes en la estación 22 (Anexo II) se puede observar una disminución en la cantidad de silicatos entre los 0 y 10 metros de profundidad (Anexo II), zona a la que corresponde la mayor abundancia de cocolitofóridos, es por ello que se sugiere nuevamente una relación inversa e indirecta entre los cocolitofóridos y la cantidad de este nutriente en la columna de agua.

La menor abundancia de Cél L⁻¹ de la localidad se presentó en la estación 23, que fue también la más cercana a la costa. La abundancia total calculada fue de 4 904 Cél L⁻¹.

G. oceanica fue la especie dominante en los diferentes niveles de la columna de agua y solo compartió la superficie con *S. sp.*

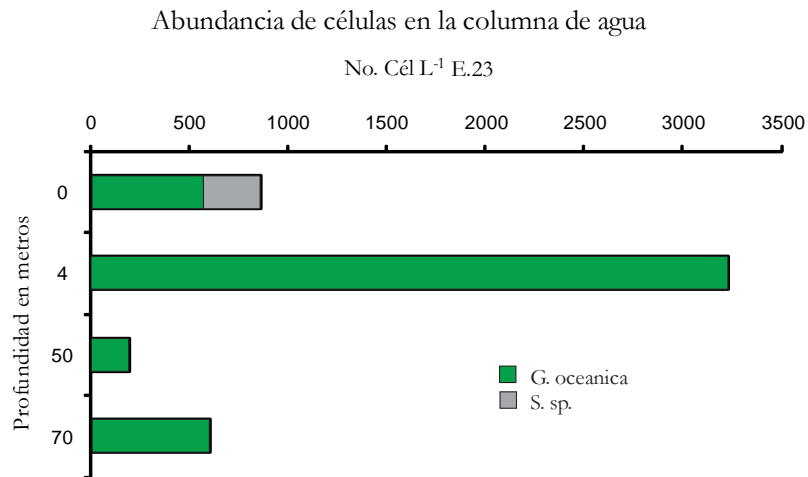


Figura 77. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 23.

La distribución de cocolitofóridos se observó de 0 a 70 metros de profundidad y el mayor número de organismos (3 231 Cél L⁻¹), se presentó a 4 metros, esta última profundidad corresponde con la de la termoclina (Anexo I)

Maruata: Estaciones 28, 29, 30 y 31.

En el análisis del valor de importancia relativa de las especies realizado de acuerdo a la abundancia y frecuencia, se encontró que para la zona de Maruata las especies con un valor de importancia mayor fueron nuevamente *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica* y *Reticulofenestra sessilis*, solo que en esta ocasión *G. oceanica* fue la especie que presentó el valor mas grande.

En la estación 28 frente a las costas de Michoacán se observó un aumento considerable en la abundancia de organismos para. El número estimado de organismos para la estación 28, que fue también la más alejada a la costa, fue 17 188 Cél L⁻¹. En superficie se localizó el mayor número de organismos con 16 762 Cél L⁻¹. *E. huxleyi* y *G. oceanica* fueron las especies de mayor abundancia.

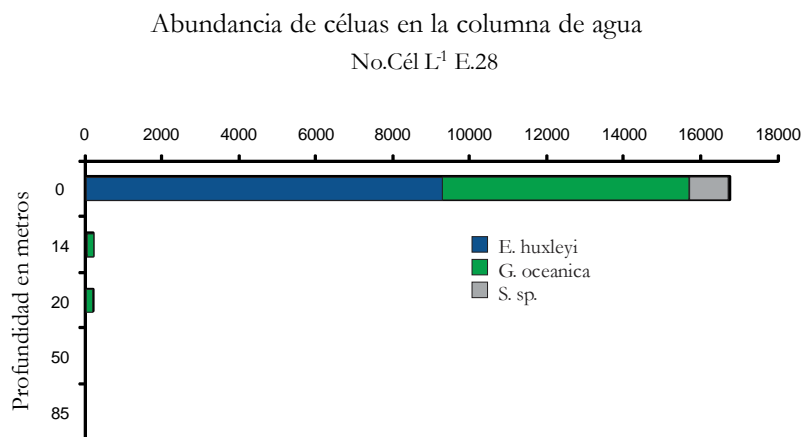


Figura 78. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 28.

La distribución de cocolitofóridos abarcó solo los tres primeros niveles de profundidad: 0, 14 y 20 metros y no se encontraron organismos en los últimos dos niveles muestreados (50 y 85 metros).

En la estación 29 disminuye la cantidad de organismos que se calcula están presentes en la columna de agua, el estimado total es de 15 517 Cél L⁻¹. La mayores abundancias se presentan a 0 y 20 metros de profundidad con 8 812 y 4 584 Cél L⁻¹, respectivamente. En dichas profundidades las especies presentes fueron *G. oceanica* y *E. huxleyi*.

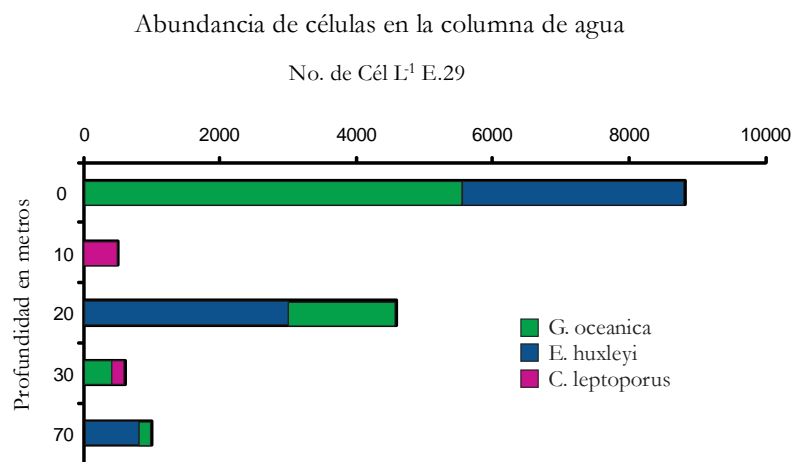


Figura 79. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 29.

Los organismos se encontraron desde los 0 metros y hasta 70 metros de profundidad. La estación presenta una distribución poco homogénea ya que hay niveles con muy pocos organismos y otras con un mayor número.

En la estación 30 se calculó un número de organismos de 35 888 Cél L⁻¹. En este caso se puede observar claramente como la abundancia de organismos disminuye conforme la profundidad aumenta. La especie con mayor abundancia fue nuevamente *G. oceanica*.

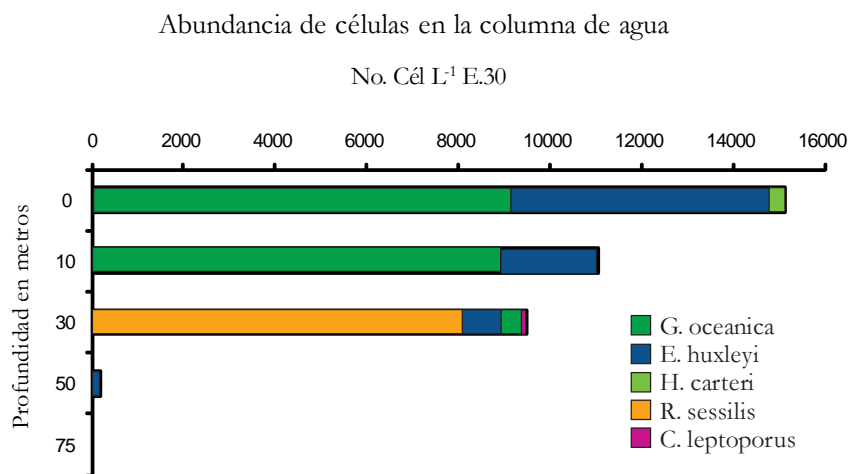


Figura 80. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 30.

La distribución de cocolitofóridos se presenta entre 0 y 50 metros de profundidad, en el nivel de 75 metros que fue también analizado no se observaron cocolitofóridos.

En la estación 31 (ubicada más cercana a la costa) la abundancia de organismos disminuye drásticamente con un valor estimado de $1\,548\text{ Cél}^{-1}$, de las cuales $1\,346\text{ Cél}^{-1}$ corresponden al nivel superficial de la columna de agua en donde *E. huxleyi* y *C. leptoporus* están presentes.

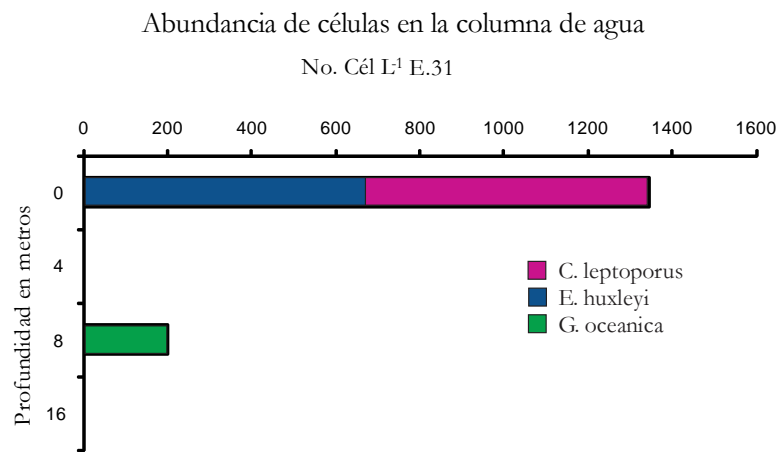


Figura 81. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 31.

En la estación 31 sólo se muestrearon 4 niveles: 0, 4, 8 y 16 metros, la baja distancia entre ellos es debido a la característica somera de la estación. Sin embargo, los organismos sólo se encontraron distribuidos entre los niveles de 0 y 8 metros.

Lázaro Cárdenas: Estaciones: 34, 35, 36, 37, 38 y 39

Gephyrocapsa oceanica, *Emiliana huxleyi* y *Reticulofenestra sessilis* fueron las especies que presentaron los valores más altos en el análisis del Valor de importancia relativa analizada de acuerdo a la frecuencia y abundancia de las especies.

Para la estación 34 la estimación de abundancia fue de 17 492 Cél L⁻¹; la mayor cantidad de organismos se observó a 20 metros (8 885 Cél L⁻¹) en donde *R. sessilis* fue la especie con mayor número de individuos. El nivel superficial también muestra una abundancia importante de Cél L⁻¹ (6 990) pero en este caso es *G. oceanica* quien presenta una mayor cantidad de células.

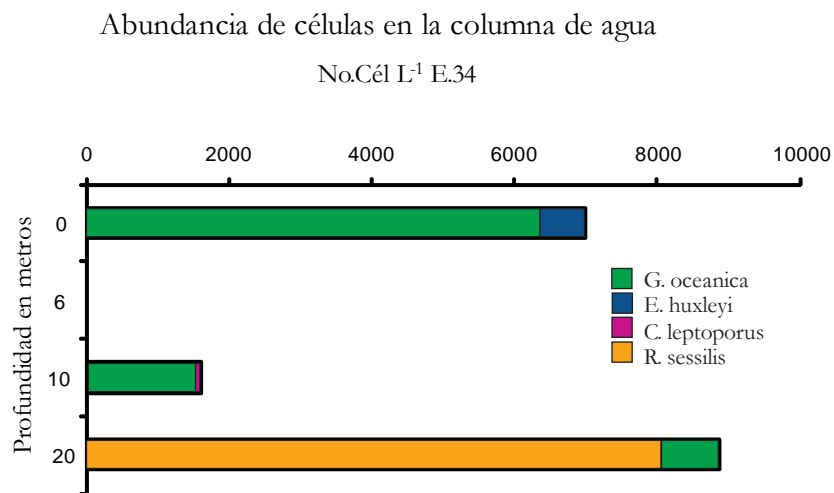


Figura 82. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 34.

Esta es la estación más cercana a la costa y nuevamente una zona de poca profundidad por lo cual los niveles muestreados son muy cercanos unos a otros. La distribución se registró de 0 a 20 metros. Se tomaron cuatro niveles: 0, 6, 10 y 20 metros. La presencia de organismos se dio a 0, 10 y 20 metros de profundidad.

El número calculado de cocolitofóridos para la estación 35 fue de 29 889 Cél L⁻¹. La mayor cantidad de organismos calculada fue ubicada a 10 metros de profundidad donde *R. sessilis* fue la especie de mayor abundancia así como en toda la estación.

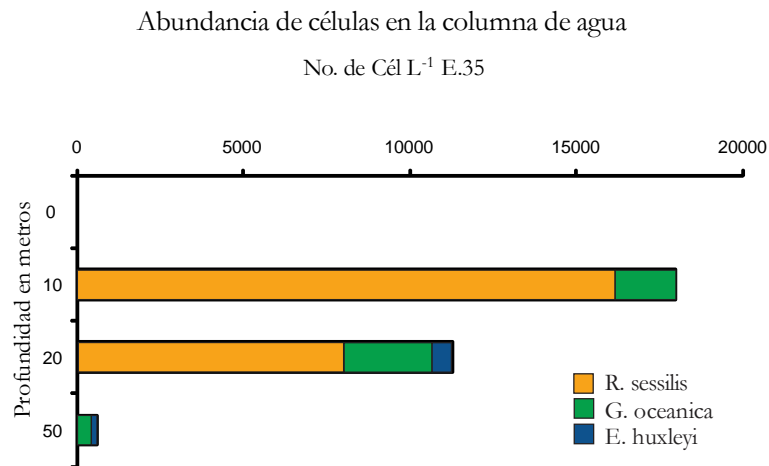


Figura 83. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 35.

La estación 35 se ubicó también cerca de las costas de Lázaro Cárdenas, en ésta estación aumenta la profundidad y por tanto el intervalo de distribución (hasta los 50 metros). Sólo se tomaron cuatro niveles de los cuales en el nivel superficial no se encontraron cocolitofóridos.

La abundancia en la estación 36 es considerablemente mayor que en estaciones anteriores con 79 585 Cél L⁻¹; los niveles en los que se presentan más organismos son evidentemente los de 0 y 20 metros de profundidad. La cantidad de especies es también mayor que en otras estaciones, aunque las dominantes o de mayor abundancia siguen siendo *G. oceanica*, *E. huxleyi* y *R. sessilis*.

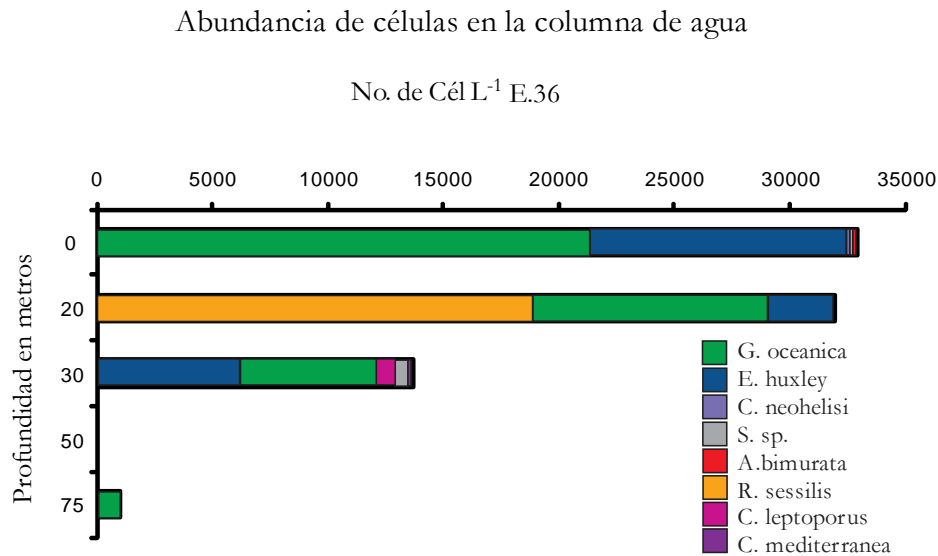


Figura 84. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 36.

La estación se encuentra ubicada entre la zona costera y la oceánica; la distribución de organismos se presentó entre 0 y 75 metros de profundidad. En el nivel de 50 metros hay ausencia de cocolitofóridos.

En la estación 37 la abundancia de organismos fue un poco mayor que en la anterior con 98 957 Cél L⁻¹ estimadas. Nuevamente es en la superficie en donde se presenta el número más alto de organismos. La abundancia disminuye abruptamente a los 10 metros y vuelve a aumentar en los siguientes niveles sin alcanzar la cantidad de Cél L⁻¹ que se localizó a 0 metros. La especie de mayor abundancia en los primeros cuatro niveles fue *G. oceanica*.

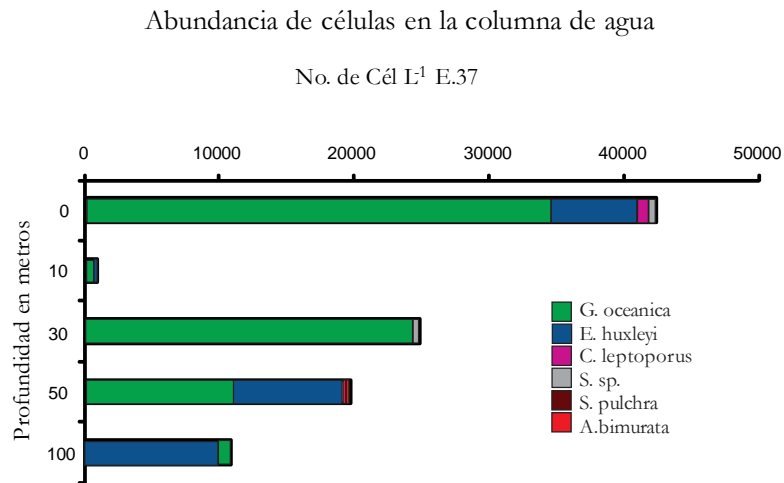


Figura 85. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 37.

La estación 37 se encuentra más cercana a la zona oceánica que a la costera, y la distribución de cocolitofóridos alcanza hasta los 100 metros de profundidad. Los niveles que están marcados a 0, 10, 30, 50 y 100 metros presentan una distribución poco homogénea ya que varía el número de organismos en cada uno de éstos y la composición de las especies se ve también modificada.

La abundancia en la estación 38 se calculó en 44 025 Cél L⁻¹, la mayor cantidad de organismos se observó en el nivel más profundo de la estación, a 88 metros de profundidad con 13 328 Cél L⁻¹ de los cuales mas del 50 % corresponde a *G. oceanica* y el resto a *E. huxleyi*.

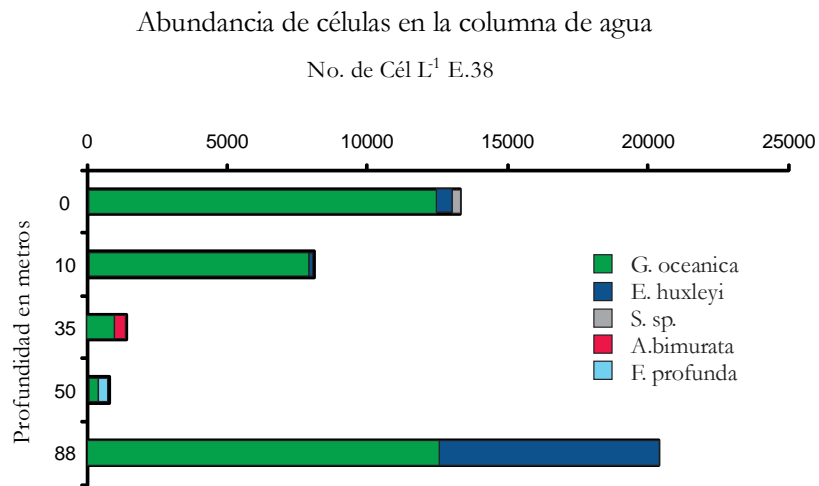


Figura 86. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 38.

La distribución de cocolitofóridos en la columna de agua es poco homogénea ya que los organismos se distribuyen más hacia los niveles extremos en la columna de agua que hacia las profundidades intermedias.

En la estación 39 se observó una baja abundancia de organismos en los primeros niveles de la columna de agua, aumentando drásticamente en el tercer nivel que corresponde a 20 metros de profundidad con lo que alcanzó un número aproximado de 25 042 Cél L⁻¹, en los siguientes niveles disminuye nuevamente la abundancia de organismos.

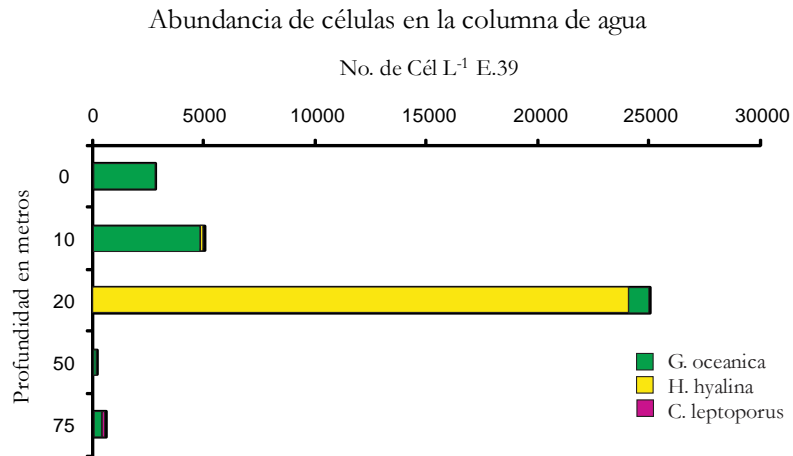


Figura 87. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 39.

La distribución de organismos es poco homogénea ya que en este caso, es hacia los extremos en donde son pocos los organismos encontrados, y es en la parte media en donde se encuentra la mayor cantidad de éstos.

Acapulco: Estaciones: 41, 42, 44, 45 y 46.

En Acapulco el análisis de importancia relativa arrojó que *Gephyrocapsa oceanica*, *Reticulofenestra sessilis* y *Gephyrocapsa ericsonii* son las especies con un VIR más alto de acuerdo a sus abundancias y frecuencias de ocurrencia.

La abundancia de organismos en la estación 41 alcanza un máximo calculado de 6 462 Cél L⁻¹, esta cantidad disminuye conforme aumenta la profundidad en la columna de agua, en el nivel de 75 metros aumenta un poco nuevamente.

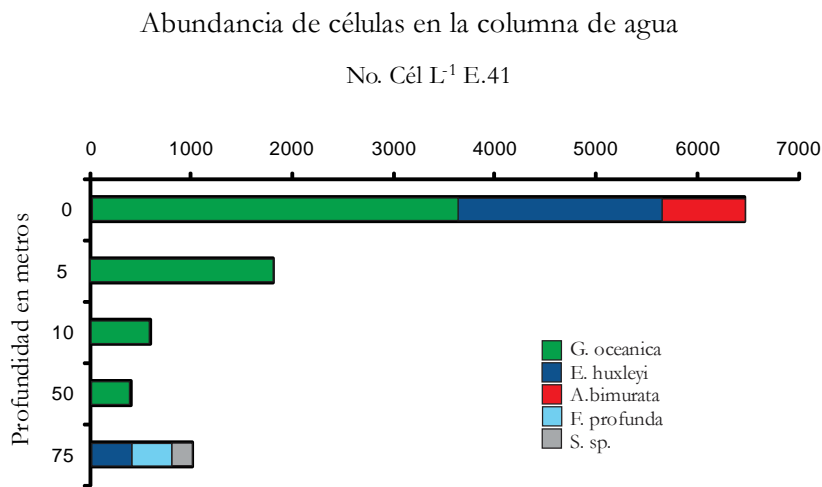


Figura 88. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 41.

La distribución nuevamente es heterogénea, en el nivel de superficie se encuentra la mayor cantidad de cocolitofóridos, en este nivel es también donde la cantidad de nutrientes como los silicatos están en menor proporción (Anexo II); cuando los silicatos aumentaron se observó que los cocolitofóridos disminuyeron.

La estación 42 fue en la que se observó el mayor número de Cél L⁻¹ a lo largo de todo el estudio, un número aproximado de 165 279 Cél L⁻¹. La estación fue muestreada en las orillas de la bahía de Acapulco.

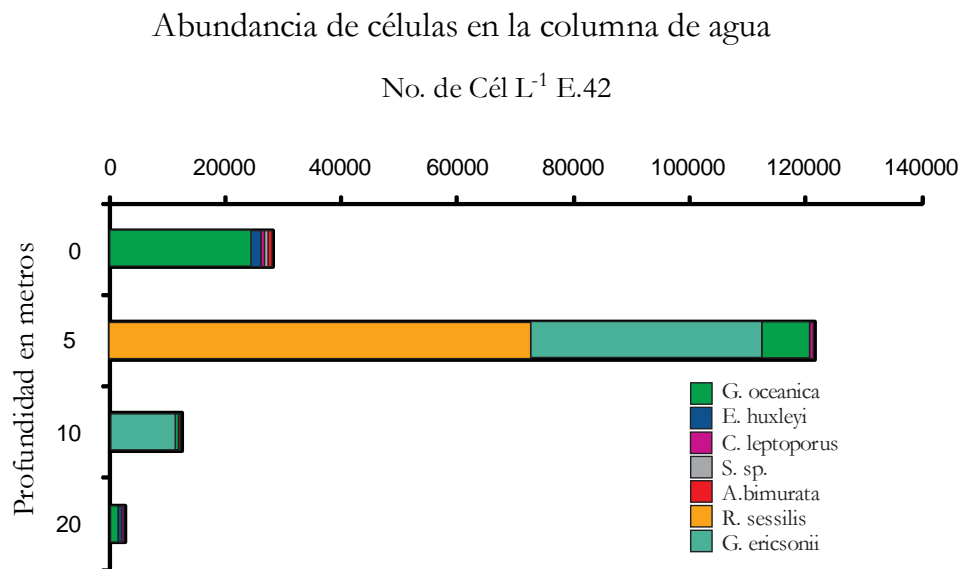


Figura 89. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 42.

Debido a la poca profundidad de la zona, solo se tomaron cuatro niveles, el más profundo fue a 20 metros. La abundancia no fue homogénea, los organismos se concentraron en mayor cantidad a 5 metros y disminuyeron hacia los extremos.

La abundancia que se observó para la estación 44 fue mucho menor con respecto a la de la bahía ya que se calculó un número de 39 802 Cél L⁻¹. La mayor abundancia en la estación se observó a 0 y 5 metros disminuyendo drásticamente en los siguientes niveles. Los organismos se distribuyeron desde superficie hasta 30 metros. En el nivel muestreado a 75 metros no se encontró coccolitofórido alguno.

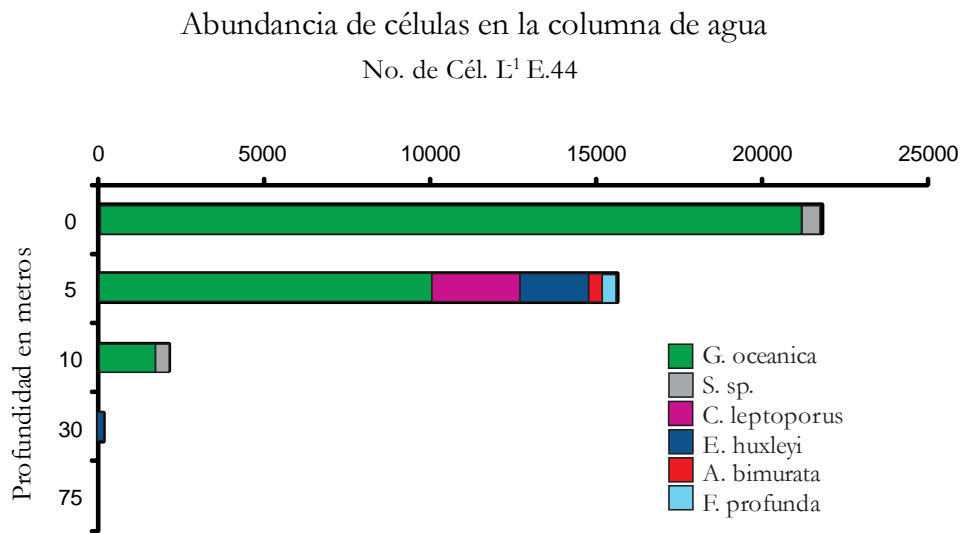


Figura 90. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 44.

Los organismos en la estación 45 se localizaron con una abundancia de 39 802 Cél L⁻¹. Los cocolitofóridos se distribuyeron a lo largo de la columna de agua desde 0 hasta 50 metros de profundidad. La mayor cantidad de organismos se localizó en los niveles más superficiales de 0 y 14 metros de profundidad.

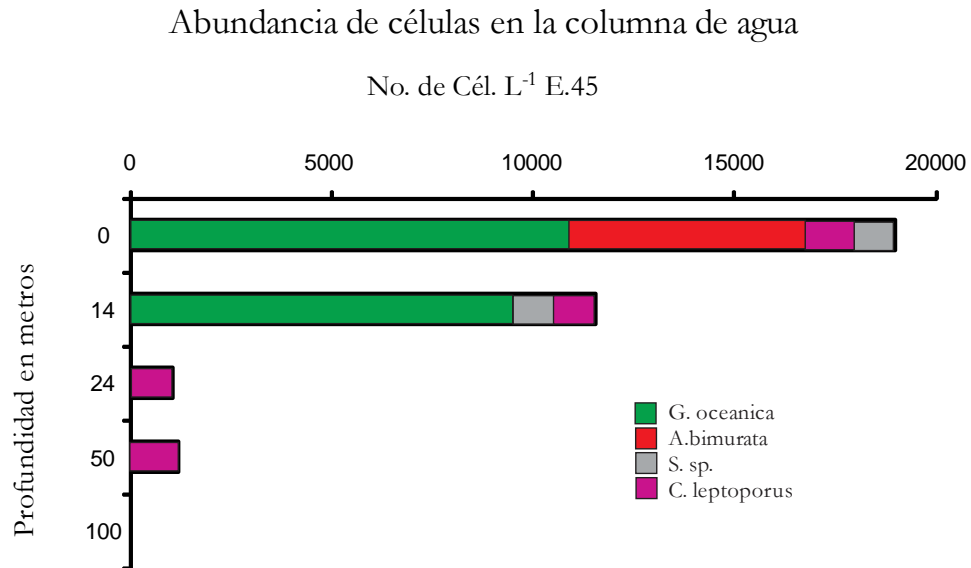


Figura 91. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 45.

La estación 46 del transecto correspondiente a Acapulco, que fue también la más lejana a la costa, alcanzó un número estimado de 65 433 Cél L⁻¹.

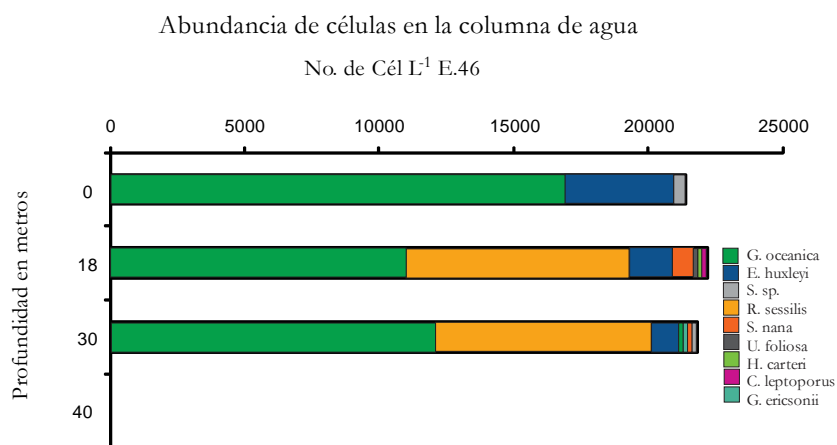


Figura 92. Abundancia y distribución por especie en los distintos niveles de la columna de agua para la estación 46.

La distribución de organismos en este punto fue más homogénea a 0, 18 y 30 metros de profundidad, a 40 metros no se encontraron cocolitofóridos.

DISCUSIÓN

La composición de cocolitofóridos a lo largo del Pacífico Tropical Mexicano durante los meses de abril-mayo esta conformada por 17 especies, lo que representa una diversidad baja en comparación con las 33 especies reportadas para el Golfo de México (Gaarder y Hasle, 1971). La baja diversidad puede deberse a la composición de los sedimentos que se vierten a cada océano, en la parte sur del Golfo de México existe un gran aporte de carbonatos a la altura de la península de Yucatán debido a la composición carbonatada y a su estructura de tipo cárstica (Padilla y Sánchez, 2007), aunque también existen grandes aportes terrígenos por parte de los ríos que atraviesan la Sierra Madre Oriental. Estas características propician un aumento tanto en diversidad como en abundancia de organismos carbonatados como lo son los cocolitofóridos. Por otra parte, el aporte de sedimentos al Pacífico Tropical Mexicano es diferente al del Golfo de México, debido principalmente al extenso volcanismo que le confiere un carácter más silíceo. Esta característica permite que organismos como radiolarios, silicoflagelados y diatomeas presenten una elevada diversidad y abundancia.

Las especies que presentaron un máximo valor de importancia relativa en todas las estaciones fueron *E. huxleyi* y *G. oceanica*, especies que a diferencia de otras tienen tolerancia a ambientes eutróficos (Hulburt, 1967; Hulburt y Corwin 1969), una de las posibles causas por las que presentan elevadas abundancias y frecuencias se debe a la presencia de abundantes descargas residuales llevadas por el Río Balsas o hacia las zonas turísticas como la Bahía de Acapulco que conlleva la eutrofización de las aguas costeras y con ello la abundancia de especies tolerantes a esas condiciones (Berge, 1962; Smayda, 1966; Hulburt, 1971; Marshall, 1976; Marshall and Cohn, 1983; Hallegraeff, 1984; Mitchell-Innes y Winter, 1987; Verbeek, 1989; Winter, 1985).

Por otra parte el análisis estadístico (VIR) permitió reconocer que *Reticulofenestra sessilis*, no presenta preferencia latitudinal pero si se encuentra en grandes abundancias a lo largo de la zona de muestreo y siempre en asociación con *Thalassiosira punctifera*, condición que no ha sido explicada hasta el momento (Hernández-Becerril, comm. Pers.). En las demás especies no fue posible encontrar un patrón de distribución latitudinal debido a su baja ocurrencia a lo largo del estudio.

La abundancia de cocolitofóridos no es dominante en las muestras estudiadas, ya que el grupo que se observa con abundancias altas son las diatomeas. Por otra parte la abundancia de cocolitofóridos fue variable a lo largo del PTM ya que en zonas como Cabo Corrientes el número de células por litro fue muy bajo en comparación con las grandes cantidades calculadas frente las costas de Lázaro Cárdenas y Acapulco, para el primer caso, se sugiere que la baja abundancia de cocolitofóridos se debe a las mareas rojas registradas en las zonas de muestreo, en contraste con Lázaro Cárdenas y Acapulco en donde no se registraron estos eventos biológicos.

En cuanto a la distribución vertical no se encontró alguna tendencia que muestre que los cocolitofóridos estén presentes a alguna profundidad específica. Al momento de comparar la gráfica de abundancia en la columna de agua con los perfiles de temperatura para la misma estación (Anexo I) para evaluar alguna posible relación con la termoclina, se observaron cambios en algunas estaciones a la profundidad de máximo cambio de temperatura; sin embargo no se puede afirmar que tenga influencia directa con las abundancias de cocolitofóridos en la columna de agua ya que no sucedió en todas las estaciones.

Por otro lado, los nutrimentos muestran un comportamiento similar al de la termoclina, ya que también se observa que en algunas estaciones la proporción de silicatos es inversamente proporcional a la abundancia de cocolitos presentes a la misma profundidad; sin embargo, esta condición no se presentó en todas las estaciones por lo que se infiere que si bien pueden tener influencia en la distribución, abundancia y diversidad de los cocolitofóridos, no son limitantes.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que para abril-mayo del 2010, las zonas muestreadas del Pacífico Tropical Mexicano (Jalisco, Colíma, Michoacán y Guerrero) presentan una baja diversidad de cocolitofóridos comparada con otras regiones estudiadas en México, particularmente con el Golfo de México.

De las tres especies más abundantes a lo largo de la zona de estudio, *Gephyrocapsa oceanica* presenta mayor abundancia hacia la parte sur (Lázaro Cárdenas y Acapulco), *Emiliana huxleyi* hacia el norte (Cabo Corrientes) y *R. sessilis* siempre asociada a la diatomea *T. punctifera* se distribuye homogéneamente a lo largo del Pacífico Tropical Mexicano. Para las otras especies no fue posible identificar ningún patrón latitudinal.

En la columna de agua, no se observan patrones de distribución característicos, ya que las especies se encontraron indistintamente a diferentes profundidades, sin ninguna relación aparente con las características ambientales o nutrimentos.

La distribución y abundancia de los cocolitofóridos a lo largo de las estaciones mostraron variaciones importantes en cuanto a las especies denominadas como de “baja importancia relativa”.

La abundancia de algunos cocolitofóridos se modificó de acuerdo a la cantidad de nutrimentos, las zonas con mayores abundancias son las que presentan un mayor aporte de nutrimentos (Lázaro Cárdenas y Acapulco).

La abundancia en la que se encontró a *R. sessilis* es un nuevo aporte en México.

El presente estudio se llevó a cabo en los meses de abril y mayo del 2010 y solo se pudo observar un fragmento de la composición total por lo que no se puede afirmar que las abundancias y frecuencias se den en las mismas dimensiones para todo el año.

LITERATURA CONSULTADA

- Berge, G., 1962, Discoloration of the sea due to a *Coccolithus huxleyi* "bloom". *Sarsia*. 6:27-40.
- Billard, C., 1994, Life cycles. En: Green, J.C., y Leadbeater, B.S.C. *The haptophyte algae*. Systematics Association. 51: 167-186.
- Billard, C. e Inouye, I., 2004, What is new in coccolithophore biology? En: Thierstein, R. H. y Young, J.R. (Ed.), *Coccolithophores: From Molecular Processes to Global Impact*. Alemania: 1-20.
- Bown, P., (Ed.) 1998, *Calcareous nanofossil biostratigraphy*. Kluwer Academic.
- Brand, E., 1994. Physiological ecology of marine coccolithophores, En Winter A. y W. G. Siesser. (Editores), *Coccolithophores*. Cambridge University Press. Cambridge: 39-46.
- Brown, C.W. y Yoder, J.A., 1994, Coccolithophorid blooms in the global ocean, *Journal of Geophysical Research*.
- Charlson, R.J., Lovelock, J.E., Andreae, M.O., y Warren, S.G., 1987, Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate, *Nature* (326), 655-661.
- Cortés, M. Y., 2000, Further evidence for the heterococcolith-holococcolith combination *Calcidiscus leptoporus* – *Crystallolithus rigidus*. *Marine Micropaleontology*, 35-37.
- Cros, L., 2001, Planktonic coccolithophores of the NW Mediterranean, tesis post-doctoral Universidad de Barcelona.
- Cros, L., y Fortuño, J.M., 2002. Atlas of Northwestern Mediterranean coccolithophores. *Scientia Marina*, (66).

- Cros, L., Kleijne, A., Billar, C., y Young, J.R., 2000, New examples of holococcolith-heterococcolith combination and their implications for coccolithophorid biology. *Maryne Micropaleontology*. (39) 1-34.
- De la Lanza-Espino, G., 2001, Características físicas y químicas de los mares de México, *Instituto de Geografía*, Universidad Nacional Autónoma de México, Plaza y Valdez, México, 149 p.
- Denman, K.L., y Peña, M.A., 1999, Responses to Climate Change of Coupled 1-D Mixed Layer Planktonic Ecosystem Models *Institute of Ocean Sciences*, (49), 5739-5757.
- Fresnel, J., 1989, Les Coccolithophorides (Prymnesiophyceae) du litoral: Genres: Cricosphaera, Pleurochrysis, Cruciplacolithus, Hymenomonas et Ochrosphaera. Ultrastructure, cycle biologique, systématique. Tesis doctoral, Universidad de Caen.
- Gaarder, K.R., y Hasle G. R., 1971, Coccolithophorids of the Gulf of Mexico. *Institute of Marine Biology*, University of Oslo, Norway.
- Garfield, P.C., Packard, T.T., Friederich, G.E., Codispoti, L.A. 1983. A subsurface particle maximum layer and enhanced microbial activity in the secondary nitrite maximum of the northeastern tropical Pacific Ocean. *Journal of Marine Research*, 41: 747-768.
- Hallegraeff, G. M., 1984, Coccolithophorids (calcareous nanoplankton) from Australian waters. *Botanica Marina*, (27), 229-47.
- Hernández-Becerril, D. U., Bravo, E. y Ramírez, Y., 2001, Coccolithophorids from the west coast of Baja California, Mexico. *Hydrobiología* (452) 31-45.
- Hernández-Becerril, D.U., Bravo, E., Aké, J. A., 2007, Phytoplankton on the western coasts of Baja California in two different seasons in 1998. *Scientia Marina* (71) 735-743.
- Hulbert, E. M. y Mackenzie, R. S., 1971, Distribution of Phytoplankton species at the western margin of the North Atlantic Ocean. *Bulletin of Marine Science*, (21), 603-12.

- Hulburt, E. M., 1967, A note on regional differences in phytoplankton during a crossing of the southern North Atlantic Ocean in January, 1967. *Deep-Sea Research*, (14), 685-90.
- Iglesias-Rodríguez, M., Brown, C. W., Doney, S. C., Kleypas, J., Kolber, D., Kolber, Z., Hayes, P. K. y P. G. Falkowski, 2002, Representing key phytoplankton functional groups in ocean carbon cycle models: Coccolithophorids. *Global Biogeochemical Cycles*.
- Inouye, I., y Pinnear, R.N. 1988. Light and electron microscope observations of the type species of *Syracosphaera*, *S. Pulchra* (Primmnesiophyceae). *British Phycological Journal*. (23) 205-217.
- Jordan, R.W. y Chamberlain, A.H.L., 1997, Biodiversity among haptophyte algae. *Biodiversity and Conservation* (6) 131-152.
- Klaveness, D., 1973, The microanatomy of *Calyptosphaera sphaeroidea*, with some supplementary observations in the motile stage of *Coccolithus pelagicus*. *Norwegian Journal of Botany*. (20), 151-162.
- Kleijne, A., 2003, Morphology, taxonomy and distribution of extant Coccolithophorids (calcareous nannoplankton), Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.
- Kirst, G. O., 1996, Osmotic adjustment in phytoplankton and macroalgae. En: Kiene, R.P., Visscher, P.T., Keller, M.D., Kirst, G.O. (Ed). *Biological and environmental chemistry of DMSP and related sulfonium compounds*. NY.
- Marshall, H. G., 1976, Phytoplankton distribution along the eastern coast of the USA. I. Phytoplankton composition, *Marine. Biological Research*, (38), 81-89.
- Marshall, H. G. y Cohn, M. S., 1983, Distribution and composition of Phytoplankton in northeastern coastal waters of the United States. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, (158), 1314-17.
- Malin, G. y Steinke, M., 2004, Dimethyl sulphide production: what is the contribution of the coccolithophores? En: Thierstein, H.R. and Young, J.R. (eds.), *Coccolithophores from molecular processes to global impact*, *Springer Verlag*, Berlin, 127-164.

- Manton, I. y Leedale, G. F., 1963, Observation on the microanatomy of *Crystallolithus hyalinus*. *Mikrobiologie*, (47), 115-136.
- Manton, I. y Leedale, G. F., 1969, Observation on the microanatomy of *Coccolithus pelagicus* and *Cricosphaera carerae*, with special reference to the origin and nature of coccoliths and scales. *J. Mar. Biol. Ass.* (49), 1-16.
- Mc Intyre, A., A. W. H. Bé. 1967. Modern coccolithophoridae of the Atlantic Ocean. I. Placoliths and Cyrtoliths. *Deep-Sea Res.*, 14:561-597.
- Menard, H.W., y Smith, S.M., 1966, Hypsometry of ocean basin provinces. *Journal of Geophysical Research* (71) 4305-25.
- Mitchell-Innes, B. A. y Winter, A., 1987, Coccolithophores: a major phytoplankton component in mature upwelled waters off the Cape Penninsula, South Africa in March, 1983. *Mar. Biol.*, (95) 25-30.
- Okada, H., and S. Honjo., 1973, The distribution of oceanic Coccolithophorids in the Pacific. *Deep-Sea Research*, (20), 355-374.
- Padilla y Sanchez, R.J., 2007, Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. (59), 19-42.
- Rowson, J.D., Leadbeater, B.S.C., y Green, J.C., 1986, Calcium carbonate deposition in the motile (*Crystallolithus*) phase of *Coccolithus pelagicus*. (Primnesiophyceae). *Br. Phycol. J.*, (21),359-370.
- Smayda, T. J., 1966, A quantitative análisis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. III. General ecological conditions, and the phytoplankton dynamics at 8 45'N, 79 23'W from November 1954 to May 1957. *Bull. Inter- Amer. Trop. Tuna Commn.*, (11), 355-612.
- Steinke, M., Malin, M., Turner, G. S. M., Liss, P. S., 2000, Determinations of dimethyl sulphoniopropionate (DMSP) activity using headspace analysis of dimethylsulphide (DMS). *Journal of Sea Research*, (410), 13-23.

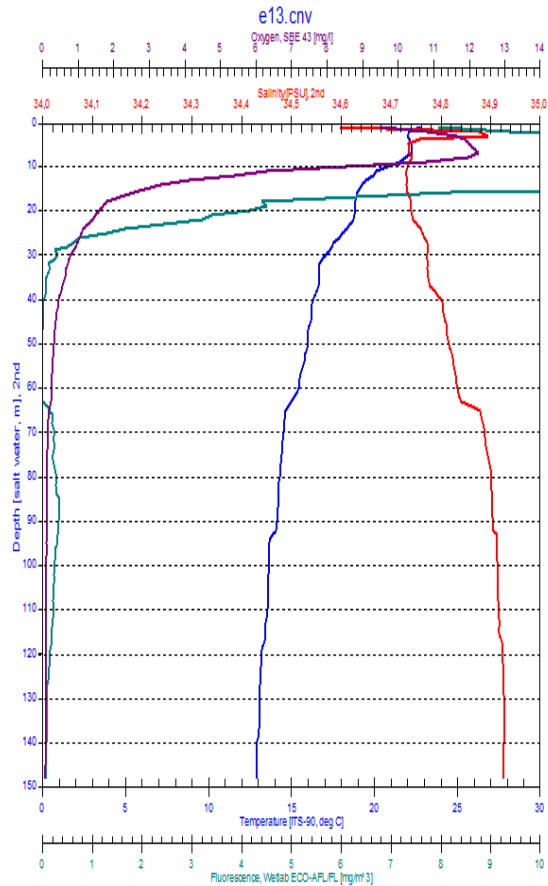
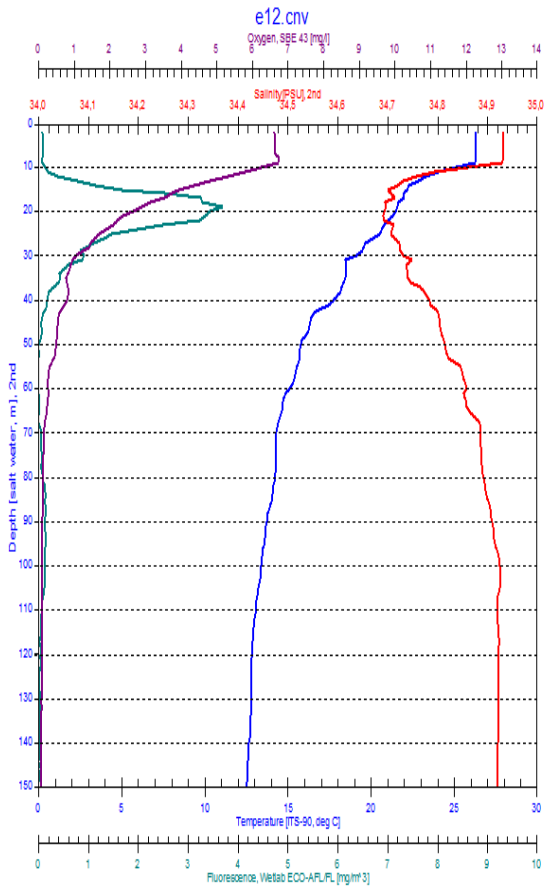
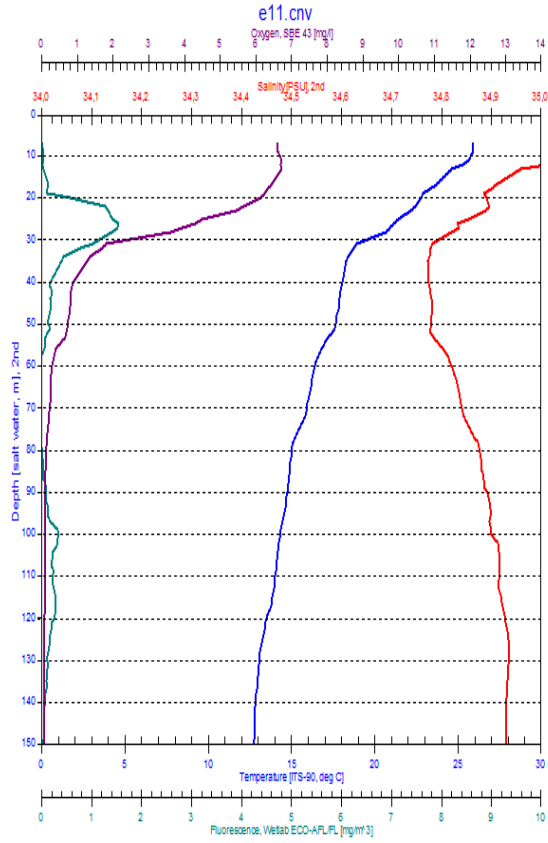
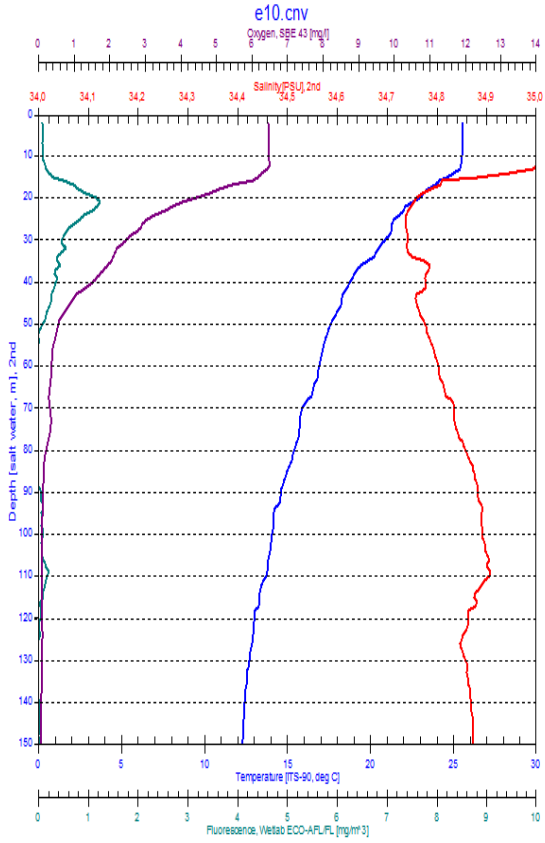
- Tappan, H., 1980, Haptophyta, Coccolithophores, and other calcareous nannoplankton. En:
Tappan, H. (Editor), *The paleobiology of plants protists*, San Francisco California.
- Thierstein, H. R., y Young, J.R., (Editores), 2004, Coccolithophores, From Molecular Processes to
Global Impact.
- Trasviña, C.A., Lluch, C. D., Filonov, A., y Gallegos, A., 1999, El Pacífico Tropical Mexicano y "El
Niño". En: Magaña, V., (Editor), Impacto del "Niño" en México.
- Verbeek, J. W., 1989, Recent calcareous nannoplankton in the southernmost Atlantic.
Polarforschung, (50), 54-60.
- Weare, B. C., Strub, P. T., y Samuel, M. D., 1981, Annual mean surface heat fluxes in the tropical
Pacific Ocean. *Journal of Physical Oceanography*. (11), 705-717.
- Westbroek, P., Young, J.R. y Linschooten, K., 1989, Coccolith production (Biomineralization) in
the marine alga *Emiliania Huxleyi*. *J. Protozool.*,36 (4):368-373.
- Winter, A., Jordan, R.W., and Roth, P.H., 1994, Biogeography of living coccolithophores in ocean
waters: in Winter, A., and Siesser, W.G., eds., *Coccolithophores*: Cambridge, UK,
Cambridge University Press, 161–177.
- Winter, A., 1985, Distribution of living coccolithophores in the California Current System,
Southern California Borderland. *Mar. Micropaleontol.*, (4), 197-223.
- Wolfe, G.V., Steinke, M., Kirst G.O., 1997, Grazing-activated chemical defence in a unicellular
marine alga. *Nature* (387), 894-897.
- Wyrtki, K., 1965, Surface currents of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Inter Am. Trop. Tuna
Comm.* (9), 269-304.
- Wyrtki, K., 1966, Oceanography of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Oceanogr. mar. Biol.*, (4), 33-
68.

- Wyrтки, K., 1967, Circulation and water masses in the eastern equatorial Pacific Ocean. *Int. J. Oceanol. Limnol.*, (1), 117-147.
- Yáñez-Rivera, J.L., 1989, Estudio ecológico de las comunidades de gasterópodos macroscópicos de algunas playas rocosas de la costa de estado de Jalisco, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Young, J. R., 1989, Observations on heterococcolith rim structure and its relationship to developmental process. En: Crux, J.A., y E. van Heck, S. (Eds). *Nannofossils and their applications. Chichester*, 1-20.
- Young, J. R., Ziveri, P., 2000, Calculation of coccolith volume and its use in calibration of carbonate flux estimates. *Deep Sea Res. Part II: Topical Studies in Oceanography*, (47) 9-11.
- Young, J. R., Geisen, M. L., Kleijne, A., Sprengel, C., Probert, I., Ostergaard, J.B., 2003, A guide to extant coccolithophore taxonomy. Druckstudio Digital Concept. Bremerhaven, Alemania.

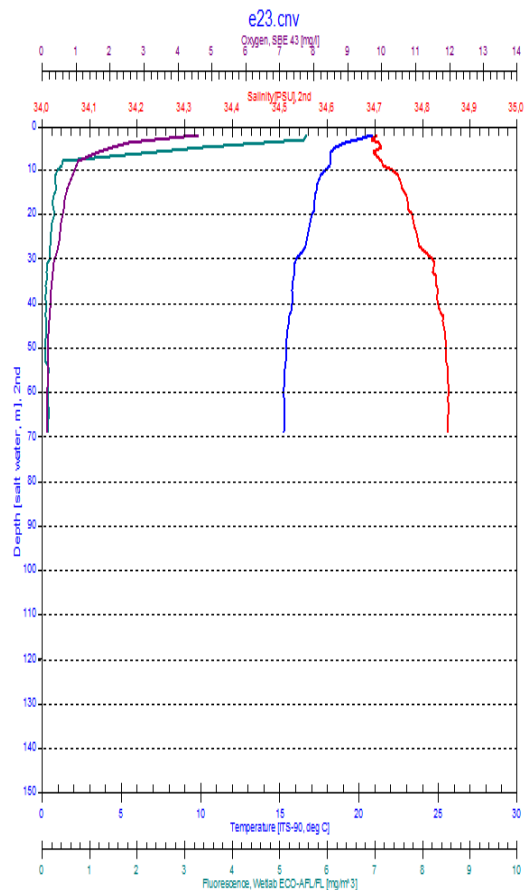
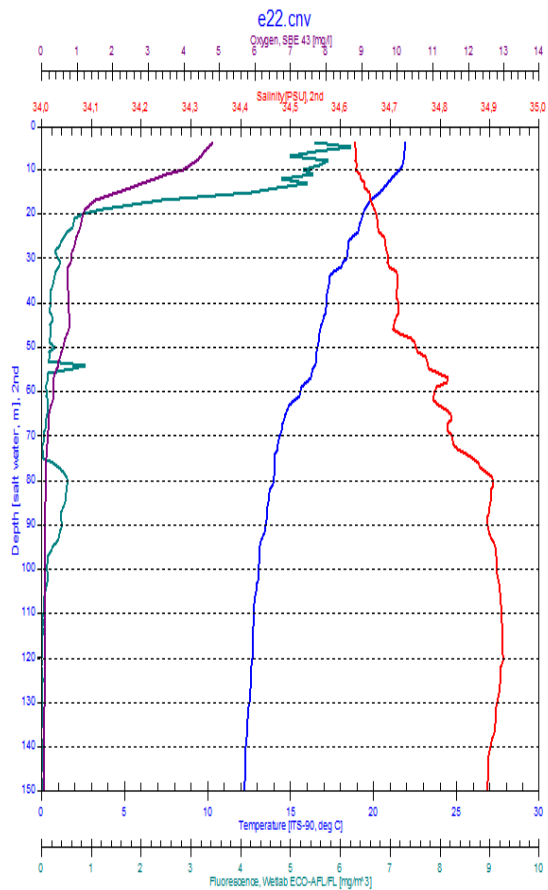
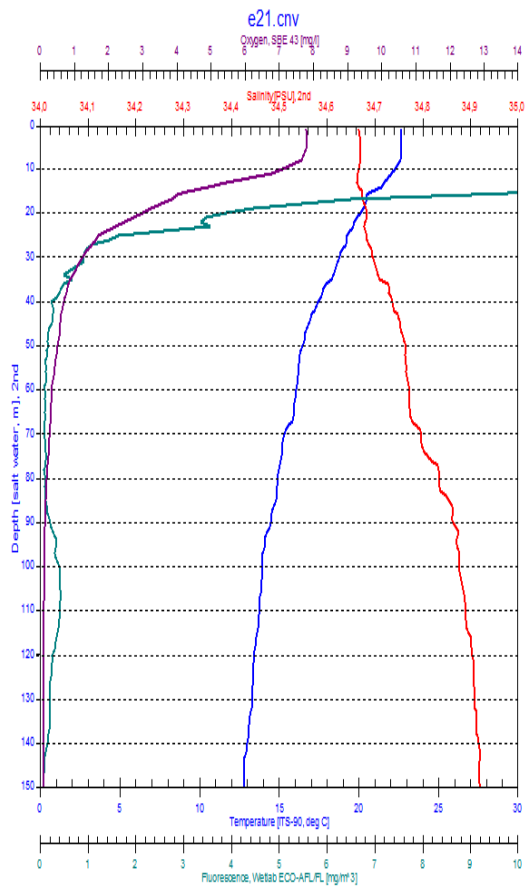
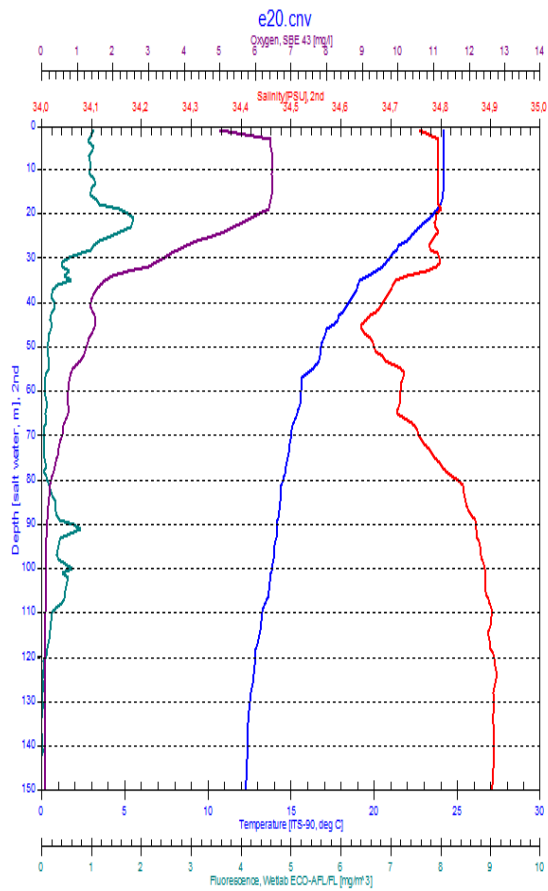
ANEXO I

Perfiles de oxígeno (en morado), salinidad (en rojo), fluorescencia (en verde) y temperatura (en azul).

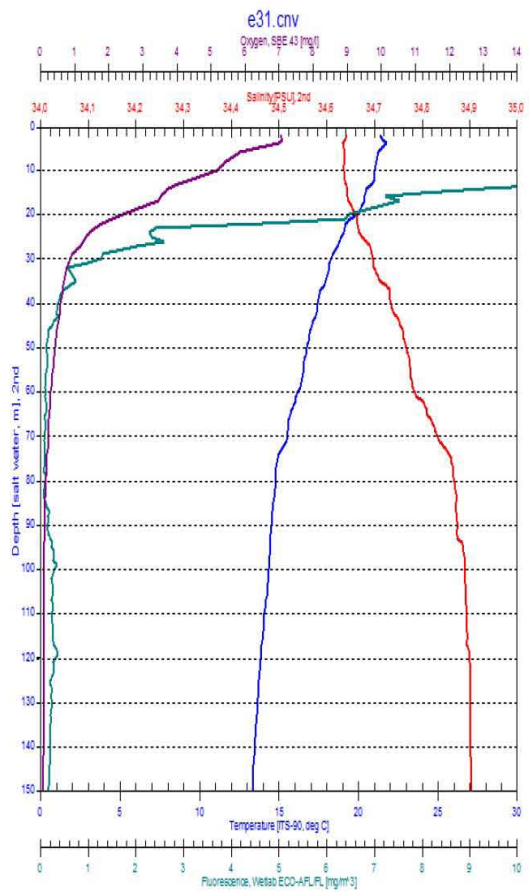
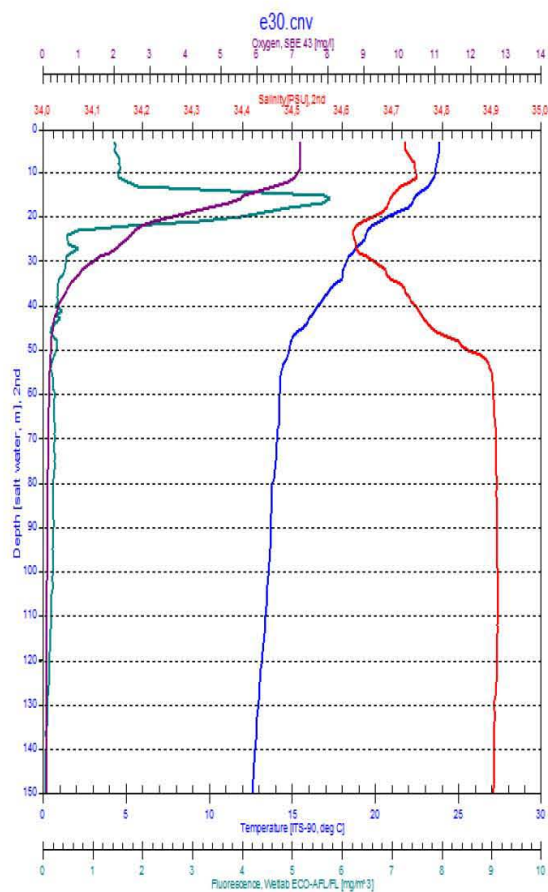
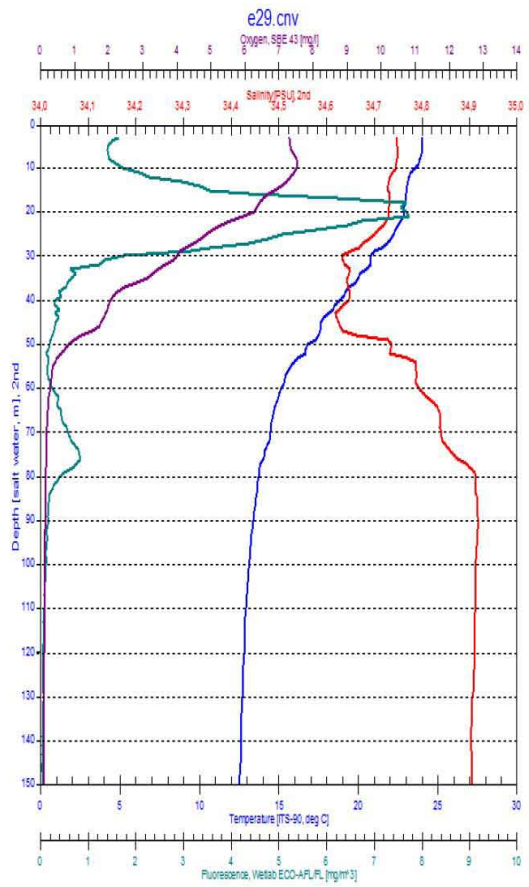
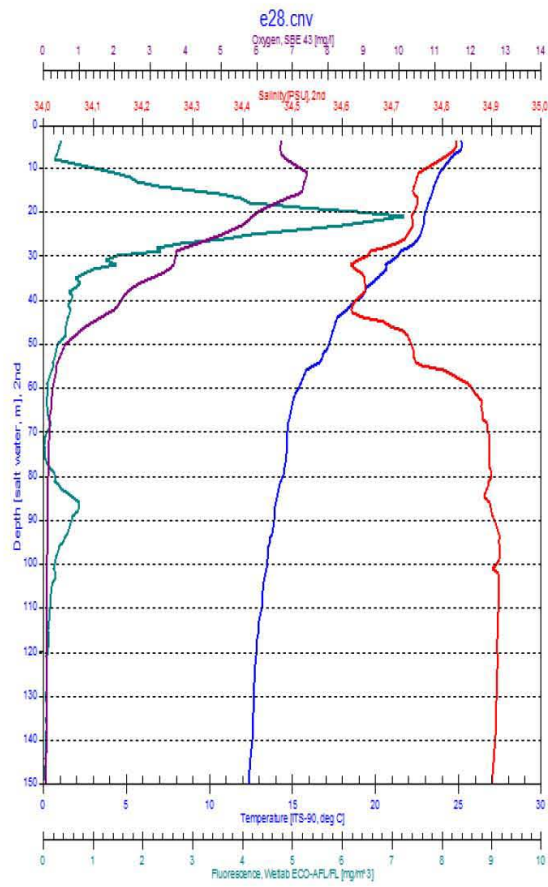
Perfiles correspondientes a las estaciones de Cabo Corrientes.



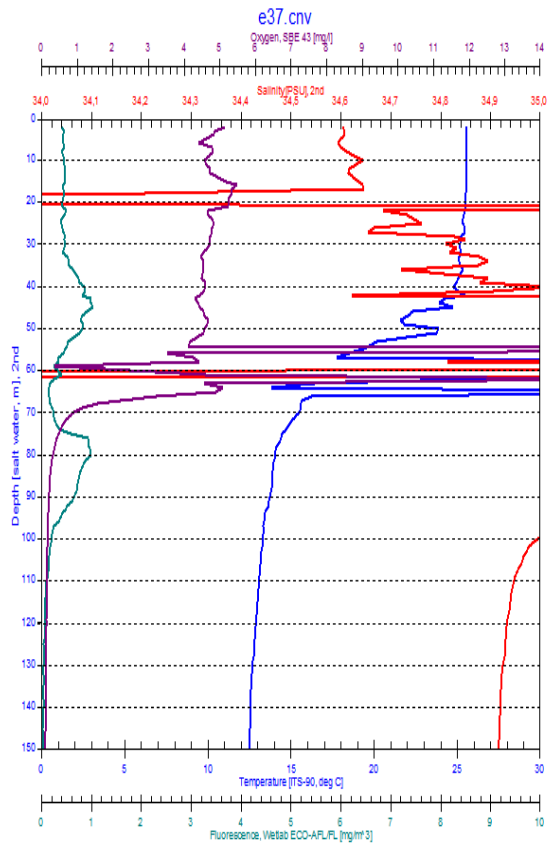
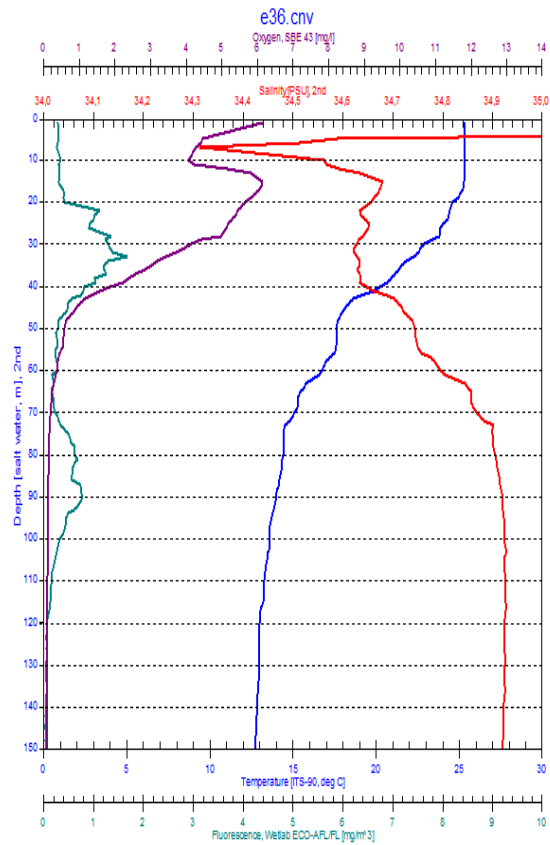
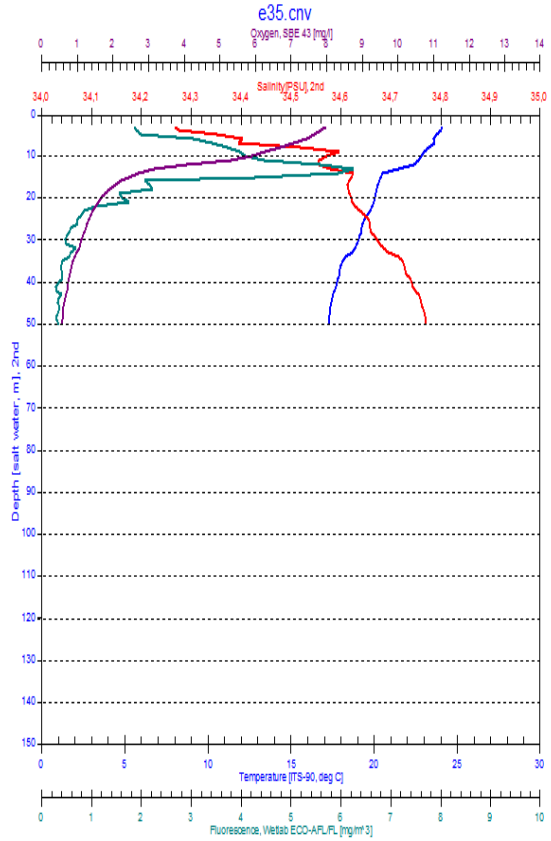
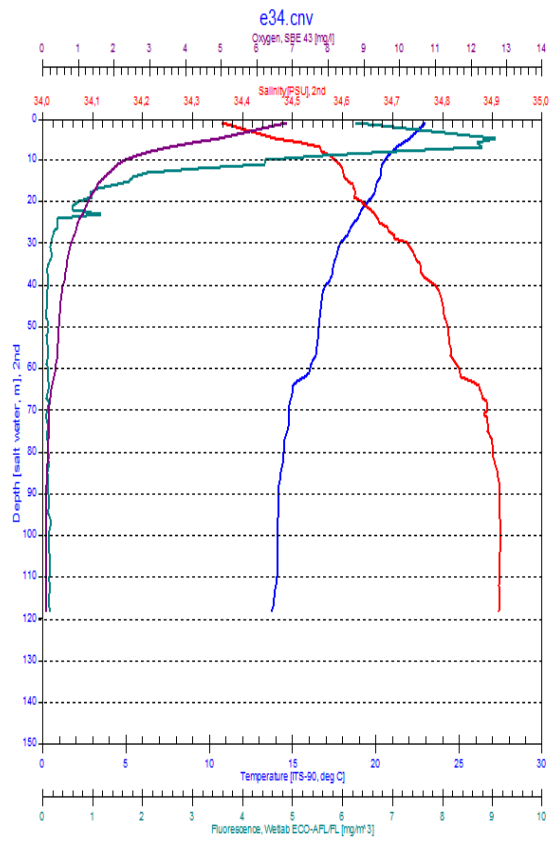
Perfiles correspondientes a Manzanillo.

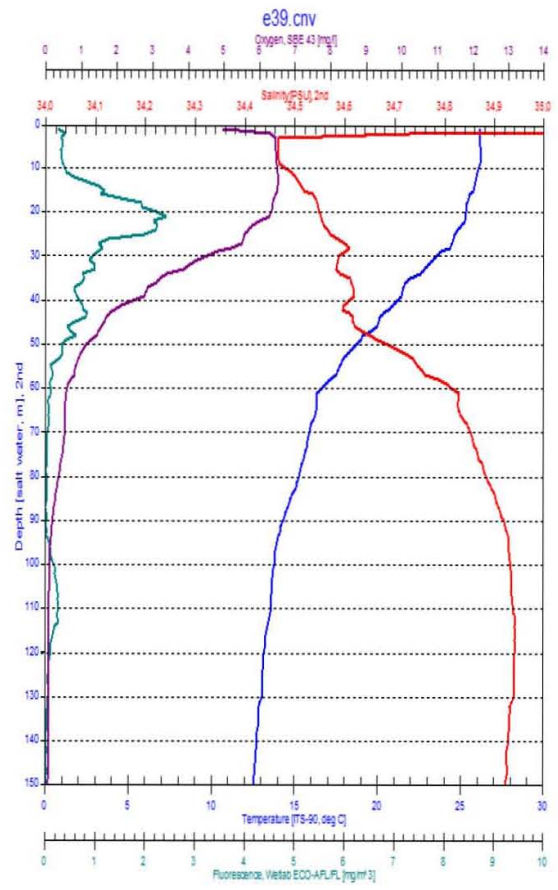
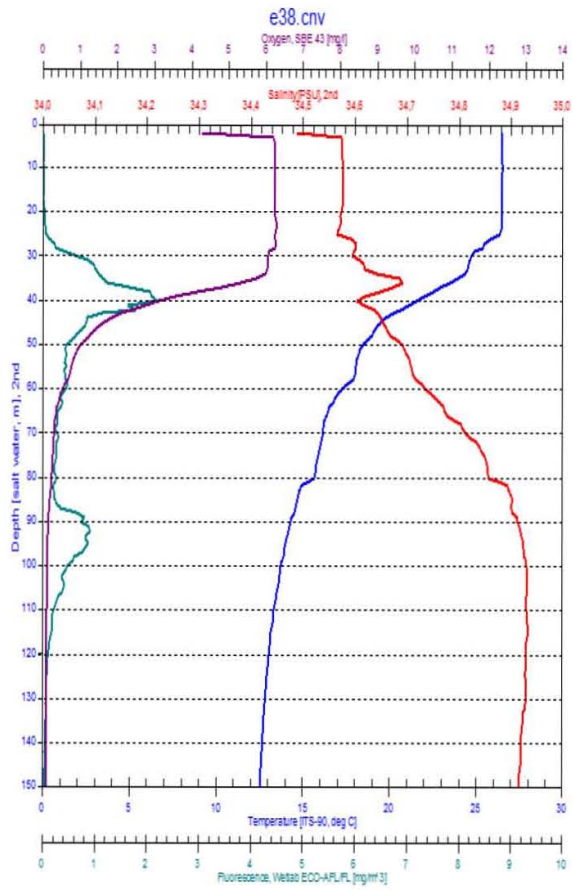


Perfiles correspondientes a Maruata.

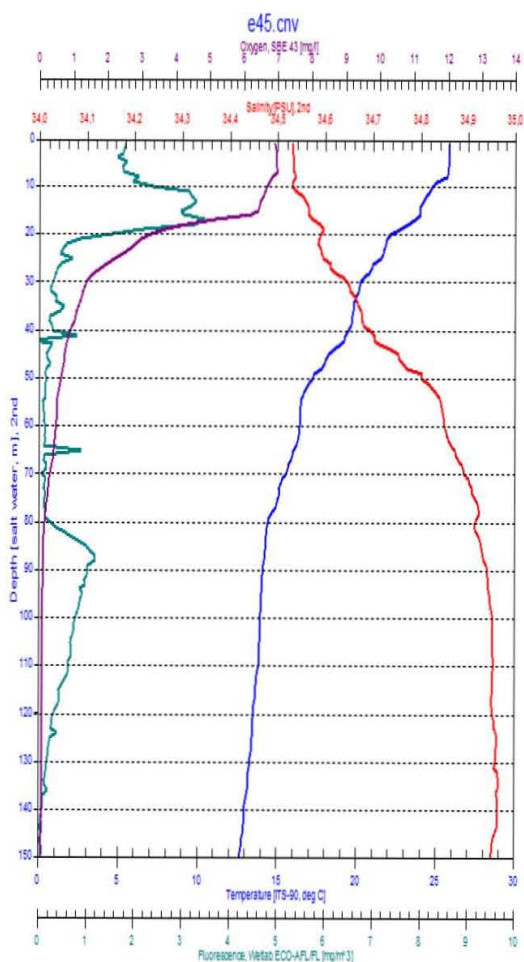
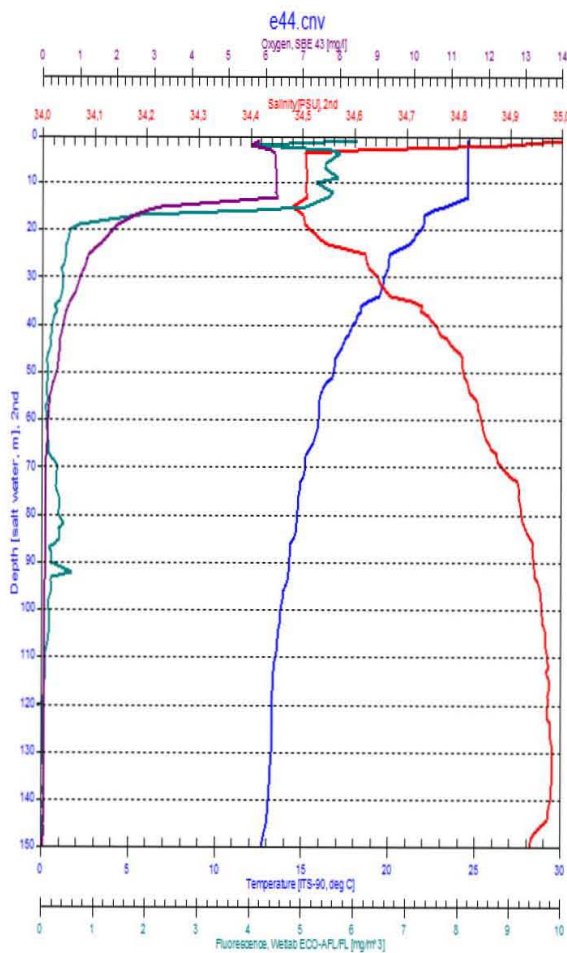
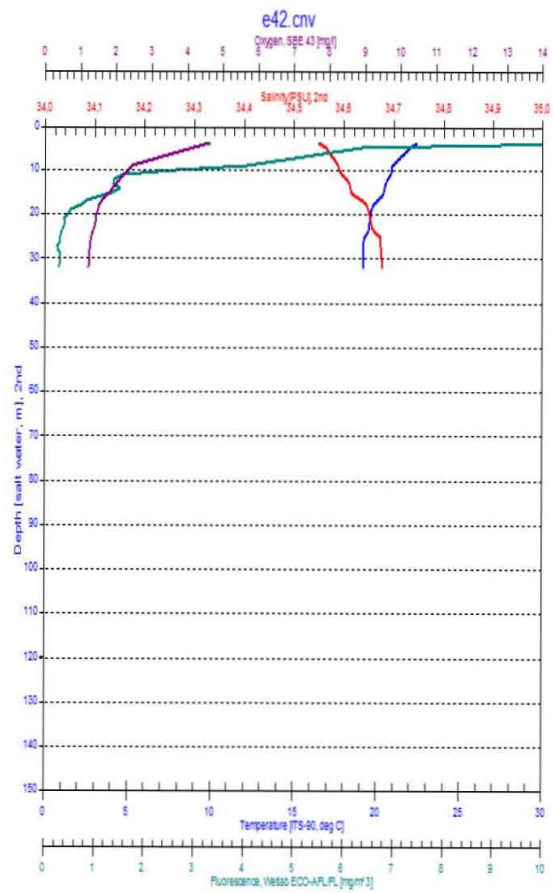
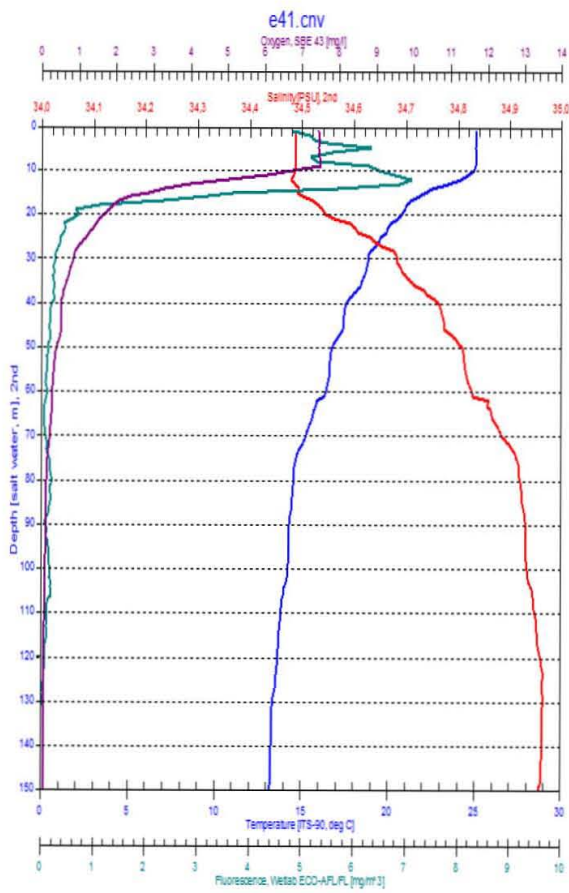


Perfiles correspondientes a Lázaro Cárdenas.

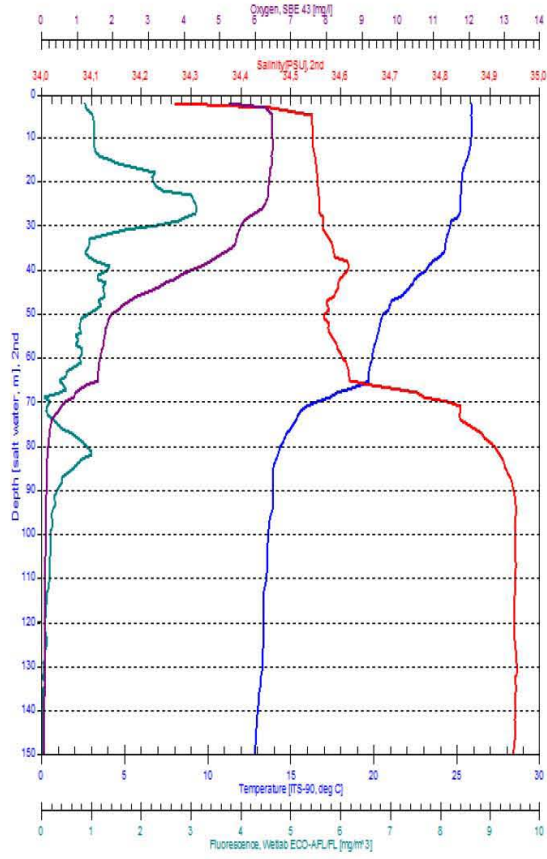




Perfiles correspondientes a Acapulco.



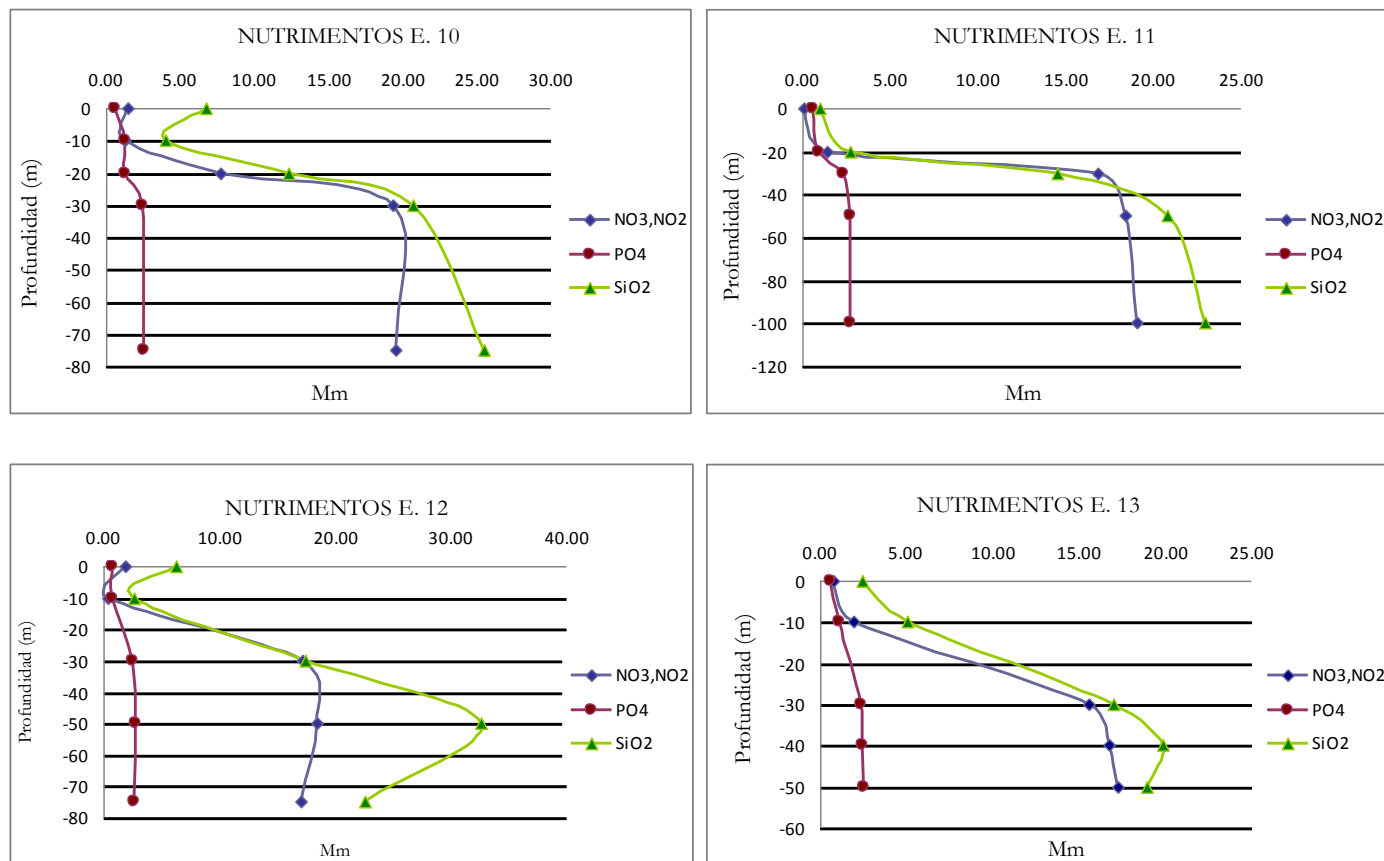
e46.cnv



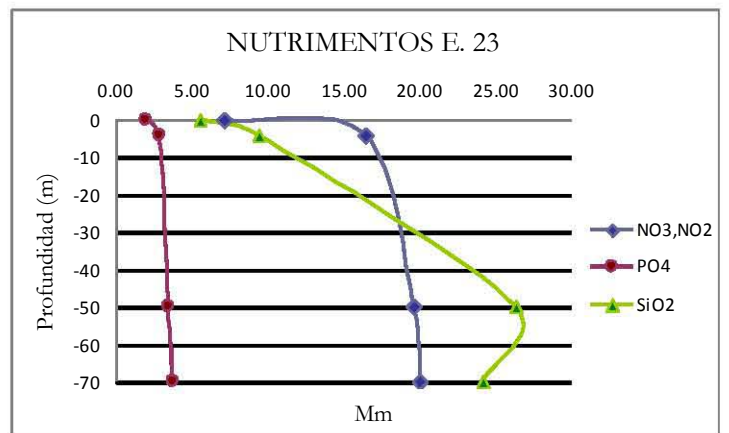
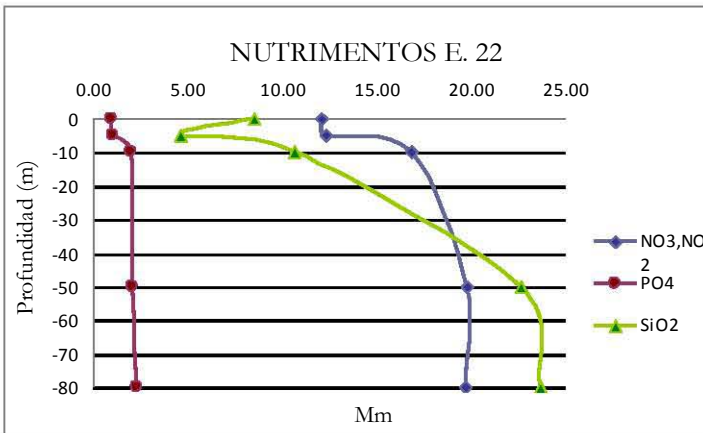
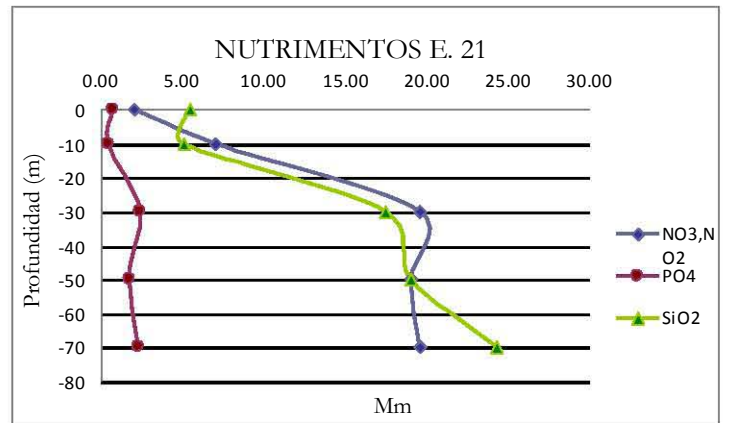
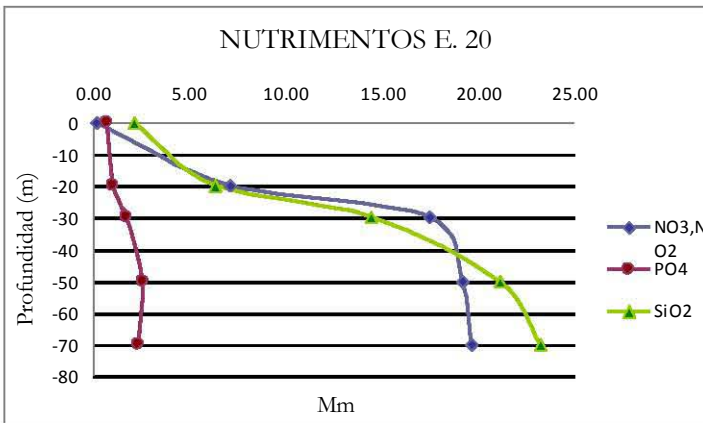
ANEXO II

Gráficas de nutrientes: Nitratos (línea azul), Fosfatos (línea roja) y Silicatos (línea verde).

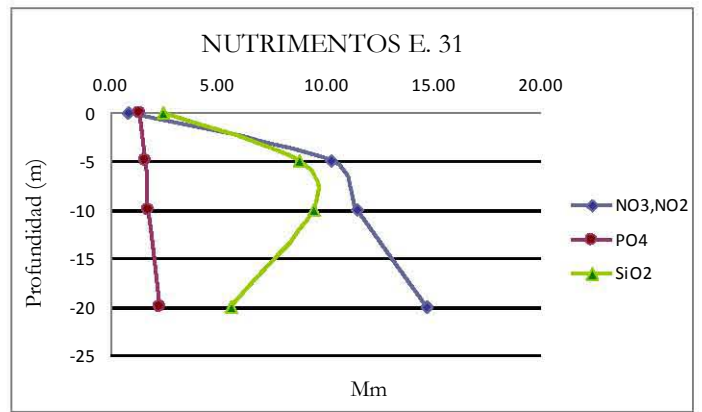
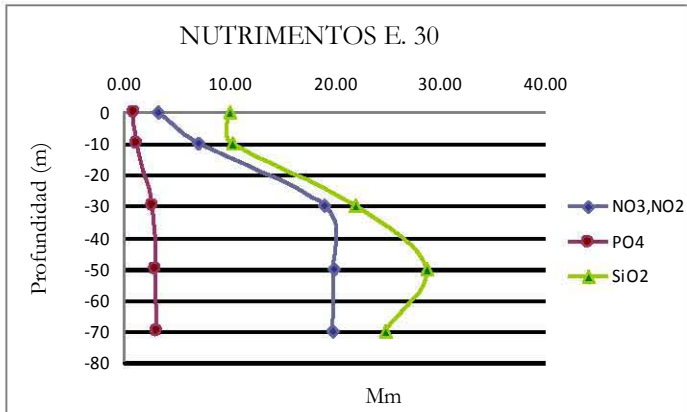
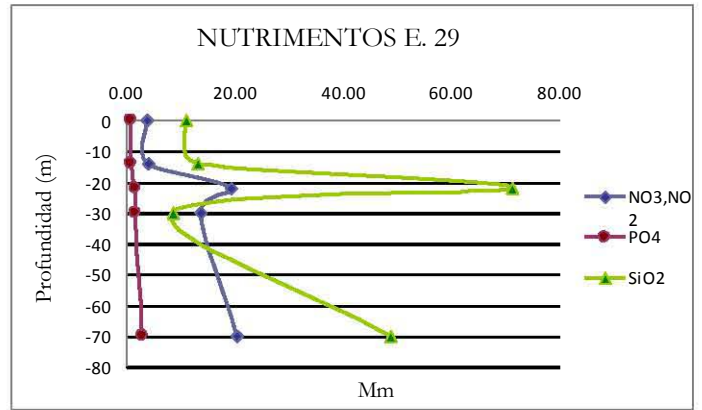
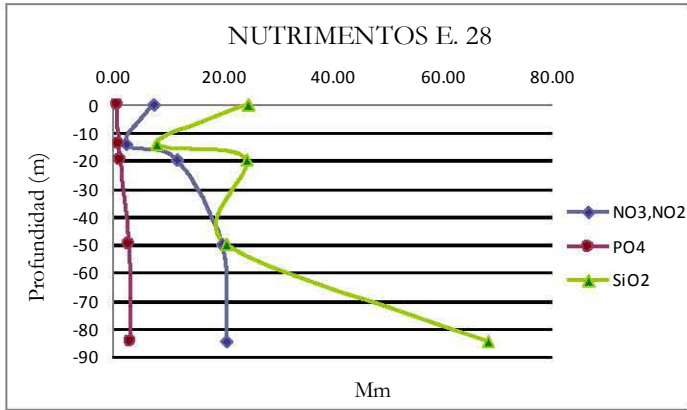
Nutrientes de las estaciones en Cabo Corrientes.



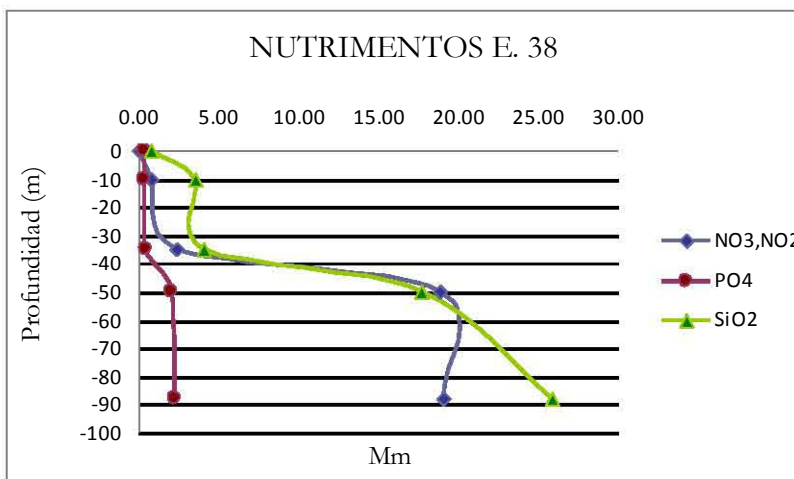
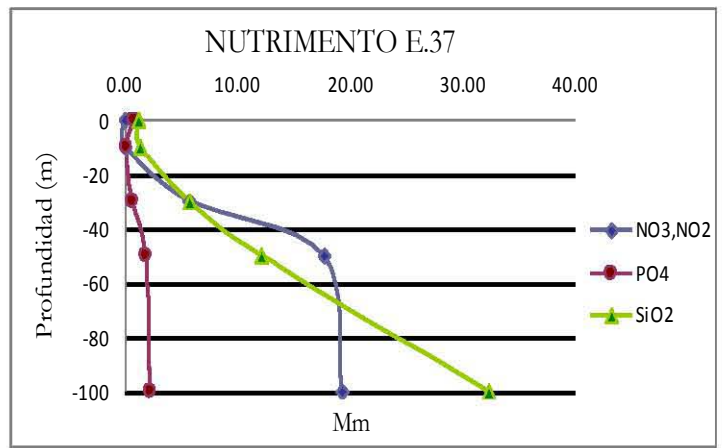
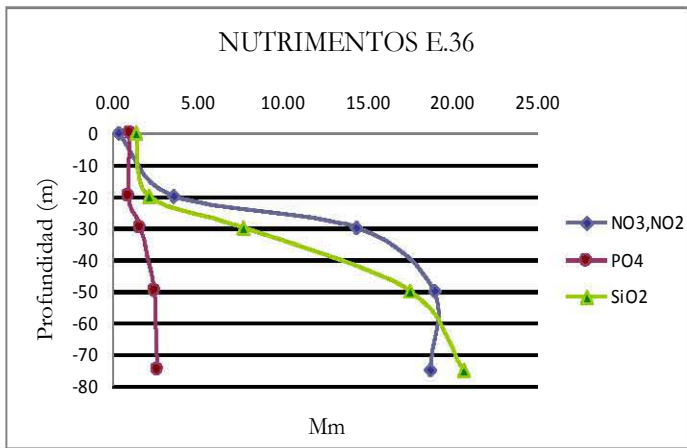
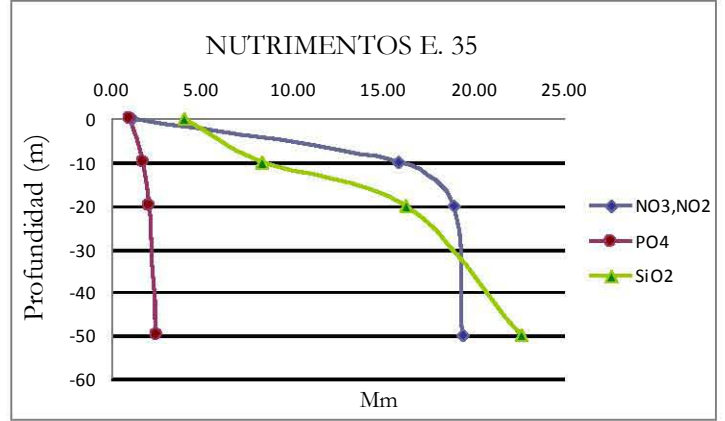
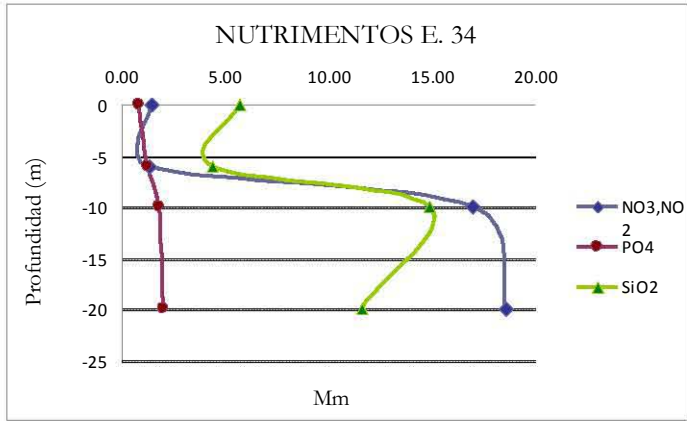
Nutrimientos de las estaciones en Manzanillo.



Nutrimientos en las estaciones de Maruata.



Nutrimientos en las estaciones de Lázaro Cárdenas



Nutrimientos en las estaciones de Acapulco.

