

00322



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

60

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTRUCTURA DEL FITOPLANCTON Y SU RELACIÓN CON
LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN EL SURESTE
DEL GOLFO DE MÉXICO (ABRIL 2000)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

JOSÉ ALEJANDRO GARCÍA RESÉNDIZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIRECTOR DE TESIS: DR. DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRIL



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION

DISCONTINUA



DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: " Estructura del fitoplancton y su relación con las condiciones oceanográficas en el sureste del Golfo de México" (Abril 2000).

realizado por José Alejandro García Reséndiz

con número de cuenta 090217982 . quien cubrió los créditos de la carrera de:
Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis	Dr. David Uriel Hernández Becerril. <i>David Uriel Hernández B.</i>
Propietario	
Propietario	Dr. David Alberto Salas de León. <i>David Alberto Salas de León</i>
Propietario	Dr. Javier Carmona Jiménez. <i>Javier Carmona Jiménez</i>
Suplente	Dr. Enrique Arturo Cantoral Uriza. <i>Enrique Arturo Cantoral Uriza</i>
Suplente	Dr. Daniel León Álvarez. <i>Daniel León Álvarez</i>

Consejo Departamental de Biología.

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



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias por haberme dado la oportunidad de seguirme superando.

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

Al personal del B/O "Justo Sierra" por su apoyo para obtener las muestras para este trabajo y sobre todo por su amistad.

A mi director de tesis Dr. David Uriel Hernández Becerril por su apoyo y su paciencia.

Al Dr. David Salas de León por el procesamiento de los datos de CTD, por guiarme y transmitirme mucho de su conocimiento.

A la Dra. Adela Monreal por todos los datos aportados y sus comentarios a este trabajo.

A la Dra. Martha Signoret por el procesamiento de datos de perfilador de clorofila *a*, por los consejos que me ha dado y por su amistad.

Al M. en C. Ernesto Bravo Sierra y M. en C. Norberto Pasten Miranda por su compañerismo y sus comentarios que siempre fueron oportunos.

A mis revisores de tesis Dr. Javier Carmona, Dr. Enrique Cantoral y Dr. Daniel León por sus observaciones a este trabajo.

A Alejandro, Eduardo y Marco por su amistad de tantos años.

A la familia Aguilar Sánchez por recibirme como un integrante más.

A los quinientos de mis mejores amigos que he conocido a lo largo de mi vida.

A Alejandra, porque a pesar de todo sigo contando con su apoyo y sobre todo con su cariño.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recreacional.

NOMBRE: Jose Aljandio

Garcia Escobar

FECHA: 25-Sep-03

FIRMA: [Firma]

Dedico esta tesis

A Aurelia, por todo su amor y su apoyo

A Lulú por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida

A mis hermanos, Marcela, Isabel, Blanca, Miguel y Jesús por su cariño y compañía.

A mis sobrinos por compartir tantos momentos de alegría

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL FITOPLANCTON.....	2
ANTECEDENTES.....	6
OBJETIVOS.....	10
METODOLOGÍA.....	11
AREA DE ESTUDIO.....	11
TRABAJO DE CAMPO.....	15
TRABAJO DE LABORATORIO.....	15
TRABAJO DE GABINETE.....	15
CONSIDERACIONES AL METODO DE CONTEO.....	17
INDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER.....	18
RESULTADOS.....	20
ZONA DEL RIO COATZACOALCOS.....	25
ZONA DEL SISTEMA GRIJALVA-USUMACINTA.....	27
ZONA DEL CAÑON DE CAMPECHIE.....	30

DISCUSIÓN.....	35
COMPOSICIÓN DE ESPECIES.....	35
ABUNDANCIA DE ESPECIES.....	36
ANÁLISIS DE DIVERSIDAD CON RELACIÓN A LOS FACTORES AMBIENTALES.....	37
CLOROFILA.....	39
CONCLUSIONES.....	41
PERSPECTIVAS.....	42
LITERATURA CITADA.....	43

RESUMEN

Se estudió la estructura del fitoplancton en función a la composición, abundancia y diversidad de especies, en el sur del Golfo de México. Las muestras se colectaron durante la campaña oceanográfica PROMEBIO III, realizada en abril del 2000. Se obtuvieron 27 muestras en 9 estaciones a 3 diferentes profundidades: 3 estaciones enfrente del río Coatzacoalcos, 3 frente a la desembocadura del Sistema Grijalva-Usumacinta y 3 en la zona del Cañón de Campeche. Se obtuvieron datos de temperatura, conductividad y presión en la columna de agua utilizando un CTD. Se hicieron estimaciones de clorofila *in situ* a partir de la fluorescencia con un perfilador Bioesferical PNF 300. Las muestras de agua con fitoplancton se filtraron de inmediato, utilizando filtros Millipore de 0.45 μm , enjuagando al final con agua destilada para eliminar el exceso de sal. Las observaciones de fitoplancton se realizaron con microscopio óptico y microscopio electrónico de barrido para determinación y conteo de especies. Se identificaron 114 taxones de diatomeas, 31 cocolitofóridos, de los cuales 7 son nuevos registros para la zona, 32 dinoflagelados y 2 silicoflagelados. Los grupos que más destacaron en su abundancia fueron las diatomeas de las que sobresalieron *Nitzschia bifurcata*, *Nitzschia bicapitata* y *Thalassionema nitzschioides*, mientras que por los cocolitofóridos sobresalen: *Emiliania huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*. Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') variaron entre 0.96 bits en la estación 37 a 10 m y 5.12 bits en la estación 22 a 100 m. Con respecto a la estructura del fitoplancton, en la zona costera frente al río Coatzacoalcos se encontró una flora característica de condiciones oceánicas por lo que fue muy similar a las encontradas en el Cañón de Campeche, mientras que frente al sistema Grijalva-Usumacinta se localizaron dos florecimientos de cocolitofóridos teniendo relación con las capas de mezcla de agua oceánica y la pluma de los ríos. En la parte norte del Cañón de Campeche fuertes corrientes del Canal de Yucatán y vientos del sur arrastran organismos de la plataforma continental hasta esta zona, que son llevados a la superficie junto con una cantidad de nutrientes que son elevados por el giro ciclónico que existe en la zona, encontrándose una amplia diversidad incluyendo a todos los grupos. Se puede concluir que hay una estrecha relación entre la estructura del fitoplancton y las condiciones oceanográficas reflejándose en la composición de especies en la columna de agua. El método de filtros de membrana utilizado se emplea comúnmente para la colecta de cocolitofóridos, sin embargo fue útil para determinar la estructura del fitoplancton preservable.

INTRODUCCION

El sur del Golfo de México es una de las zonas marinas de mayor importancia económica para el país, posee una gran actividad petrolera y grandes depósitos de hidrocarburos y gas natural; incluye gran parte de la plataforma de Yucatán en la que en sus aguas costeras, arrecifes e islas poseen una gran diversidad de organismos. Es una zona rica en pesquerías sostenidas por la alta producción primaria, que da lugar a una sólida cadena trófica en una numerosa variedad de hábitats. Estas pesquerías son ampliamente explotadas y producen una gran cantidad de divisas al país, por lo que el estudio de producción primaria es importante, pues es la base la riqueza de las pesquerías en esos lugares (Secretaría de Pesca 1990).

Características generales del fitoplancton

El plancton se encuentra formado por organismos microscópicos de hábitat pelágico con capacidad limitada de locomoción que son arrastrados por las corrientes. Viven tanto en las aguas marinas como en las continentales y se dividen en zooplancton y fitoplancton.

El fitoplancton cumple diversas funciones dentro del ecosistema pelágico, es responsable del 90 % de la producción de materia orgánica; sintetiza su alimento utilizando la luz del sol por medio de la fotosíntesis, además de la utilización de otros nutrimentos. El fitoplancton se ubica generalmente en la zona eufótica en donde hay mayor captación de luz y es el principal responsable del bombeo biológico del CO₂ de las aguas superficiales a las profundas (Libes, 1992). En las redes tróficas marinas el zooplancton se alimenta del fitoplancton, transfiriendo energía a los peces, mamíferos y aves marinas.

De manera general el fitoplancton se clasifica en función del tamaño como se describe en la tabla 1.

Microplankton	20-200 μm	Diatomeas, dinoflagelados
Nanoplankton	2-20 μm	Diatomeas pequeñas, coccolitofóridos y otros flagelados
Picoplankton	menor a 2 μm	Algunos eucariontes y cianobacterias

Tabla I Clasificación del fitoplancton de acuerdo a su tamaño (Nybakken, 1997)

En el agua marina existe una gran diversidad de especies fitoplanctónicas, las que varían al cambiar las condiciones en el medio que las rodea, es decir, que la diversidad varía conforme se va alejando de la costa, cerca de la desembocadura de los ríos o lagunas costeras.

La distribución del fitoplancton en la columna de agua depende de varios factores: la irradiación solar, la densidad del agua, turbulencia, nutrientes, corrientes, temperatura, salinidad; y su relación con las características fisiológicas de los organismos.

Los grupos que forman el fitoplancton son las diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados, coccolitofóridos, flagelados desnudos y las cianobacterias. La estructura básica del fitoplancton puede ser evaluada sobre la base de la composición de especies, las especies predominantes, la diversidad y la abundancia.

En los mares fríos y templados las diatomeas, dinoflagelados y los coccolitofóridos constituyen los grupos más importantes, siendo responsables de la gran producción en este tipo de aguas.

Las diatomeas es uno de los grupos más numerosos dentro del fitoplancton. Son células solitarias o coloniales con una frustula o pared celular impregnada de sílice, similar a una caja de petri, con una valva mayor (epiteca) y otra menor (hipoteca) que encajan perfectamente. El tipo de pigmentos que poseen son clorofila *a* y *c2*, fucoxantina, diatoxantina. (Hernández-Becerril; 2003). El número de especies de diatomeas marinas varía de 1365 y 1783 (Sournia 1995). Son el grupo más conocido y diverso de microalgas

perfectamente. El tipo de pigmentos que poseen son clorofila *a* y *c2*, fucoxantina, diatoxantina. (Hernández-Becerril; 2003). El número de especies de diatomeas marinas varía de 1365 y 1783 (Sournia 1995). Son el grupo más conocido y diverso de microalgas planctónicas marinas, están distribuidas en los mares de todo el mundo y frecuentemente dominan la comunidad fitoplanctónica en número y biomasa, pero su contribución es mayor en zonas neríticas y de surgencias, así como en aguas turbulentas y frías. Algunas especies pueden reproducirse rápidamente en periodos cortos produciendo mareas rojas que son dañinas para las pesquerías (Round *et al* 1990)

Los dinoflagelados, son un grupo diverso dentro del fitoplancton marino. Su máxima diversidad se produce en aguas tropicales teniendo una gran variedad de formas. Tienen una cubierta celulósica y dos flagelos heterocontos, pueden tener apéndices notables como espinas, cuernos y aletas. Existen formas con teca endurecida (dinoflagelados tecados) y otras con teca más frágil (dinoflagelados desnudos o atecados) (Fensome *et al.*, 1999). Los principales pigmentos que poseen son clorofilas *a* y *c2*, perinidina y dinoxantina. Algunas especies de este orden no poseen cloroplastos teniendo una alimentación heterotrofa por lo que no realizan fotosíntesis, mientras otras sí la efectúan como el género *Dinophysis* Ehrenberg, llegan a producir ácido akadaico que causa envenenamiento diarreico por consumo de mariscos. El número de especies de dinoflagelados dentro del fitoplancton marino es de 1514 a 1880. (Sournia, 1995).

Los cocolitofóridos son organismos unicelulares de tallas pequeñas, cuya característica principal es la presencia externa de pequeñas piezas calcáreas llamadas cocolitos, dos flagelos y un "haptonema" superficialmente similar a un tercer flagelo. Contiene clorofilas *a*, *c1* y/o *c3*, *c2* y fucoxantina (Hernández-Becerril, 2003). Forman un componente mayor del nanoplancton oceánico (5 y 20 μm) que es muy importante en aguas templadas y cálidas, ya que pueden desarrollar proliferaciones considerables llegando a varios miles de células por litro.

Los silicoflagelados forman un grupo bien definido de algas unicelulares y flageladas. Son formas exclusivamente marinas y planctónicas. Las células tienen un solo flagelo y un

exoesqueleto silíceo con espinas, ventanas y arcos centrales que contiene al protoplasma. El número de especies se considera de 1 a 3 (Sournia, 1995). Se distribuyen en todos los mares, pero son raras sus altas densidades en mares tropicales y solo en regiones frías y polares su biomasa puede llegar a ser considerable. Son sensibles a la temperatura y la salinidad, por lo que se les considera como indicadores de masas de agua. (Hernández-Becerril., 2003).

Hay algas flageladas planctónicas de menor tamaño (2-30 μm) como las clorofitas, que junto con las cianobacterias cocoides (menor de 2 μm), componen el llamado picoplancton y que tienen gran importancia en la producción primaria en aguas tropicales junto con los cocolitofóridos, los cuales no han sido estudiados tanto como las células de mayor tamaño.

ANTECEDENTES

Se han realizado numerosos estudios acerca del fitoplancton en el Golfo de México, en los cuales se consideran aspectos taxonómicos de diatomeas y dinoflagelados principalmente. También se han abordado aspectos de distribución, composición biológica y abundancia.

Balech (1967) hizo contribuciones al estudio de especies de dinoflagelados poco conocidos, describiendo 19 especies de las cuales 7 son nuevas especies incluyendo un nuevo género. Saunders y Glenn (1969) hicieron un estudio taxonómico sobre diatomeas reportando 97 especies; Norris y Berner, (1970) abordaron aspectos taxonómicos de los dinoflagelados, detallaron las descripciones de la teca de 10 especies del género *Dinophysis* en el Golfo de México, describiendo a *D. balechi* como nueva especie. Gaarder y Hasle (1971) determinaron 33 especies de cocolitofóridos en el Golfo, de las cuales destacan *Coccolithus huxleyi* (Lohmman) Kamptner (actualmente *Emiliana huxleyi*) y *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner por su abundancia en algunas estaciones neríticas, mientras que *Ceratolithus cristatus* Kamptner y *Discosphaera tubifera* Murray y Blackman, fueron encontradas en todas las muestras examinadas. Hernández-Becerril y Flores (1998) hacen un estudio taxonómico de especies perteneciente al género *Chaetoceros* en el sur del Golfo de México en el cual reportan un total de 42 especies incluyendo detalles morfológicos y comentarios sobre la taxonomía de algunas especies, además reportan 6 nuevas especies para el Golfo de México. Hernández-Becerril (1998) realizó un estudio taxonómico muy particular sobre una especie de diatomea *Chaetoceros okamurai* Ikari en el Golfo de México, reportándola por primera vez para esta zona. Este organismo había sido descrito inicialmente por Ikari en 1928, en aguas del Pacífico Japonés

Bessonov *et al* (1971) situaron a la plataforma Bahía de Campeche como una región con estabilidad en las capas de agua en el mes de abril debido a disminución de la velocidad de las corrientes, al aumentar la dinámica de las corrientes se van estableciendo puntos de producción primaria siendo en los centros de circulación ciclónica cerca del talud y la zona central de la plataforma la mas productiva.

Al efectuar un transecto perpendicular frente a la Laguna de Términos, Santoyo y Signoret (1973), observaron 3 zonas hidrobiológicas en el área: la zona costera con alta densidad fitoplanctónica de 20 000 a 70 000 células/L, salinidad de 37 y temperatura de 28.8 °C; una zona media con baja densidad fitoplanctónica entre 100 y 1000 células/L, salinidad de 36.5 y temperatura 28° C y una zona con influencia oceánica de baja densidad fitoplanctónica entre 400 y 8000 células/L, salinidad de 37.1 y temperatura de 28.5 °C. En esta zona observaron un florecimiento de cianobacterias con 286,800 células/L además observaron que todas las especies fitoplanctónicas encontradas tienen un amplio espectro de distribución, son cosmopolitas y oceánicas. Estos autores en 1975 valoraron el comportamiento nictemeral del fitoplancton en un punto fijo de la Bahía de Campeche frente a la Laguna de Términos. De manera general reportan 79 diatomeas, 26 dinoflagelados, 2 silicoflageiados y 1 cianobacteria. encontrando mayor densidad en la noche habiendo fluctuaciones en la columna de agua de especies de diatomeas como *Nitzschia longissima* (Brebisson) Ralfs, *Thalassiothrix frauenfeldii* (Grunow) (actualmente *Thalassionema javanicum* Hallegraeff), y *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Husted, esta última esta catalogada de ambientes costeros y estuarios.

Licea (1977) describió las comunidades fitoplanctónicas, reportando 139 especies de diatomeas. Reporta la dominancia, abundancia, y distribución de estos taxones para épocas estacionales. Encontró valores de densidad fitoplanctónica altas a fines de invierno (entre 10^4 y 10^7 células/L) principios de primavera, mientras que en otoño estos valores fueron bajos, observando mayor abundancia en la zona costera que en la zona central de la Bahía de Campeche.

Müller-Karger *et al.* (1991) realizaron estudios con datos recolectados por varios años con sensores remotos como Sea Surface Temperature (SST), Coastal Zone Color Scanner (CZCS) y Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) observando las concentraciones de pigmentos de fitoplancton bien sincronizados a través del tiempo, con concentraciones mayores ($>0.18 \text{ mg m}^{-1-3}$) entre diciembre y febrero y concentraciones menores ($<0.06 \text{ mg m}^{-3}$) entre los meses de mayo y julio encontrando una mayor abundancia de fitoplancton en las zonas costeras, la presencia de giros y variaciones estacionales de la temperatura bien definidos en la región.

Licca y Santoyo (1991) hacen un análisis de algunas características ecológicas del fitoplancton de la Bahía de Campeche encontrando una acentuada oligotrofia en la zona, reportando 72 diatomeas, 31 dinoflagelados, 2 cianofitas, 5 cocolitofóridos y 2 fitoflagelados. Los contenidos de clorofila *a* y de producción primaria fueron bajos, entre 0.07 y 0.14 mg m³. En su trabajo resaltan el hecho de que al determinar los taxones presentes tomaron en cuenta organismos nanoplanctónicos como los dinoflagelados desnudos y los cocolitofóridos, observando un incremento en la diversidad de las especies. La menor biomasa y diversidad se encontró en zona costera, a diferencia de la zona pelágica.

Licca y Luna (1997) trabajaron en el margen continental en verano y otoño encontrando condiciones hidrográficas diferentes, en verano la columna de agua fue estratificada con una temperatura de 28.9° C y la termoclina oscilaba entre los 15 y 45 m, mientras que en otoño fue homogénea, con la termoclina por debajo de los 60 m la mayor abundancia de fitoplancton se dio en verano cerca de la costa y los mínimos en invierno. Todos los valores máximos en cada época se dieron en la superficie hasta los 20 metros de profundidad.

Signoret, *et al* (1998) estudiaron los patrones de distribución de clorofila *a* y producción primaria en el sureste del golfo. La zona oceánica del Golfo de México fue menos productiva con valores entre 0.07 y 0.14 g C m² d⁻¹ mientras que para la plataforma de Yucatán los valores oscilaron entre 0.84 y 2.11 g C m² d⁻¹, es importante resaltar que el fitoplancton menor de 10 micras aporta entre 50 y 100% de la producción en medios oligotróficos y entre el 20 y 67% en medios eutróficos.

Zamudio (1998) realizó un estudio de la variación espacio-temporal del fitoplancton y su relación con la ideografía en abril y noviembre de 1990, encontrando dominancia de dinoflagelados en abril, relacionándolo con un domo térmico, mientras en noviembre encontró dominancia de diatomeas relacionándolo con la columna de agua estratificada tipificando un ambiente tropical oligotrófico. Destaca la presencia de 198 diatomeas 182 dinoflagelados, 2 clorofitas, 6 cianofitas, 7 silicoflagelados y 21 cocolitofóridos.

La anterior descripción y revisión de algunos trabajos realizados en el Golfo de México, presentan un panorama general del conocimiento sobre fitoplancton. Aun se conoce poco acerca de organismos nanoplantónicos como flagelados desnudos y los coccolitofóridos, por lo que se hará énfasis en la contribución que estos últimos presentan con relación a otros grupos tales como diatomeas dinoflagelados y silicoflagelados de mayor talla y comunes en muestreos rutinarios.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la estructura del fitoplancton en términos de composición, diversidad, abundancia y distribución y su relación con las condiciones oceanográficas en el sureste del Golfo de México.

Objetivos particulares

- Identificar las especies de fitoplancton "preservable" con el método de filtro de membrana
- Conocer la abundancia fitoplanctónica (cél/L) por estación de muestreo, por grupo y especies determinadas.
- Comparar la distribución vertical y horizontal del fitoplancton "preservable" en los diferentes puntos de colecta.
- Determinar la contribución de los coccolitofóridos al fitoplancton, en comparación con la abundancia de otros grupos taxonómicos.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El Golfo de México está ubicado entre los 18° y los 30° N y 82° y los 98° O es una cuenca semicerrada que se comunica con el Océano Atlántico y con el Mar Caribe, por el Estrecho de Florida y el Canal de Yucatán respectivamente. Las profundidades varían llegando a alcanzar 3000 m en sus partes mas profundas (Monreal-Gómez y Salas de León 1997).

Las condiciones atmosféricas del Golfo de México se presentan de manera tal que las masas de aire frío y seco que llegan del norte y las masas de aire del Golfo de origen marítimo y tropical provocan frentes fríos conocidos como "Nortes" entre los meses de octubre a abril. Estos vientos tienen influencia en todo el golfo lo que origina enfriamiento y mezcla de la capa superficial, con un impacto considerable en la zona costera (Alatorre *et al.*, 1987). Otra de las características climáticas del área son los vientos alisios y el régimen de dos máximos de temperatura (García, 1990).

La circulación a gran escala en el Golfo de México está dominada por dos grandes patrones semipermanentes: La corriente de Lazo al este del golfo y un gran giro anticiclónico que se desprende de ésta y que se desplaza hacia el oeste. La Corriente de Lazo entra por el Canal de Yucatán y sale por el Estrecho de la Florida, formando una oscilación, llegando a tener momentos de mayor penetración al golfo en el mes de agosto debido a la influencia de los cambios estacionales, por lo que se considera que tiene un comportamiento estacional. Además de las principales corrientes del golfo, hay otras que se desprenden de ambas, como son los giros ciclónicos de la plataforma de Texas-Louisiana, el de la plataforma oeste de Florida, y el de la Bahía de Campeche (Monreal-Gómez y Salas de León 1997). El giro anticiclónico tiene su origen en la oscilación de la Corriente de Lazo al salir por el Estrecho de Florida, al disminuir su velocidad da lugar a la formación del giro que se desplaza hacia el oeste.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

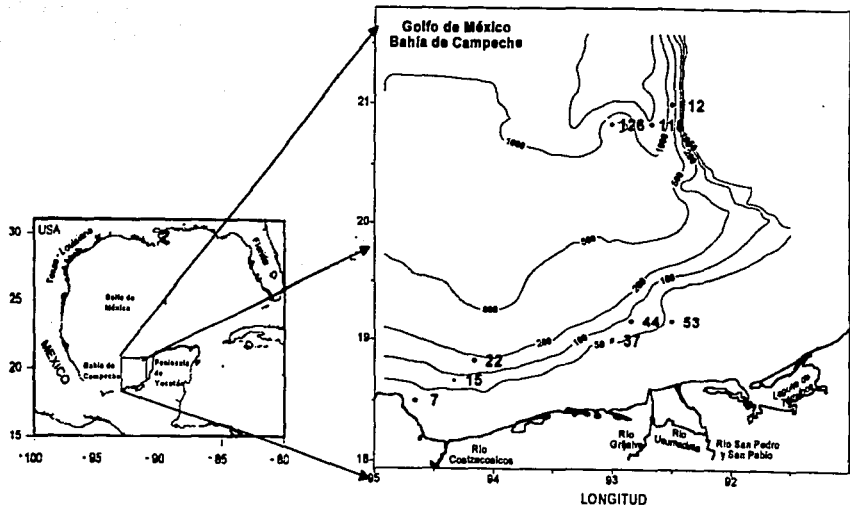


Fig. 1 Área de estudio y estaciones de muestreo

Los giros ciclónicos, son relativamente más pequeños y presentan menos energía que el gran giro anticiclónico a pesar de que su velocidad de desplazamiento y rotación es más elevada que en los anticiclónicos. Las características de los giros ciclónicos son que las termoclinas emergen del centro del giro y son responsables de las bajas temperaturas en la superficie, por lo que son llamados también giros fríos. (Monreal-Gómez y Salas de León 1997).

La Bahía de Campeche se encuentra entre los 18°, 21° N y los 92°, 95° O. (Fig.1) tiene una circulación predominantemente ciclónica llega a tener presencia durante el otoño. (Nowlin 1972); que se origina por las corrientes que genera el gran Giro anticiclónico que se desprende a partir de la Corriente de Lazo (Monreal Gómez y Salas de León, 1990).

Datos sinópticos y los mapas de topografía de altura dinámica obtenidos por Nowlin (1972) ponen en evidencia la presencia del giro ciclónico durante el mes de agosto. Respecto a su formación han propuesto que se da como resultado de la formación del gran giro anticiclónico. También se ha considerado que su formación se debe a la interacción del agua con el Banco de Campeche, ya que esta corriente debe conservar su momento angular (Cochrane, 1963). Monreal-Gómez y Salas de León (1990) elaboraron un modelo numérico de gravedad reducida para la simulación de la corriente en la Bahía, y encontró que la formación del giro está asociado a las variaciones de las masas de agua a través del canal de Yucatán y la geometría de la bahía. La plataforma continental en el sur del Golfo de México es amplia, y se ensancha más al llegar a la Bahía de Campeche frente a la Península de Yucatán donde la pendiente es muy suave.

La desembocadura del río Coatzacoalcos y el sistema del Grijalva-Usumacinta llegan a representar la tercera parte de descarga fluvial de México durante al época de lluvias influyendo en la salinidad y la temperatura de las aguas costeras, además aportan gran cantidad de nutrimentos de tipo alóctono; llevando materiales en suspensión formando pronunciados frentes o ergoclinas las cuales son aprovechadas por diversos organismos como las microalgas planctónicas.

Desde 1999 se ha estudiado de manera interdisciplinaria la zona sur del Golfo de México por varios investigadores dentro del proyecto PROMEBIO que tiene como propósito investigar los Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica del Sur del Golfo de México. El presente trabajo es parte de los resultados de estas investigaciones.

Trabajo de campo

Las muestras se obtuvieron durante la campaña oceanográfica PROMEBIO III, que se efectuó del 4 al 21 de abril del 2000 en el B/O Justo Sierra de la UNAM, como parte del proyecto "Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica en el Sur del Golfo de México" (PROMEBIO). Se eligieron 9 estaciones: 3 frente a la descarga del río Coatzacoalcos (7,15,22), 3 frente al sistema Grijalva-Usumacinta (37,44,53), y 3 en la zona del cañón de Campeche (112,118,126) (Fig. 1).

Se tomaron 27 muestras de agua con botellas Niskin de 30 litros a 3 profundidades (variables en cada estación) buscando que el máximo de clorofila en la columna coincidiera con las muestras o obtenidas de fracciones "preservables" de fitoplancton (cocolitofóridos, diatomeas, silicoflagelados y dinoflagelados). Sin embargo, por circunstancias de tiempo no se pudo obtener una profundidad similar en todas las estaciones ni la coincidencia en el máximo de clorofila.

Se filtraron aproximadamente 4 litros por cada muestra, con filtros de membrana de celulosa Millipore de 47 mm de diámetro y 0.45 μm de poro con ayuda de una bomba de vacío, al terminar el filtrado se enjuagaron los filtros con 10 ml de agua destilada para eliminar el exceso de sales, así el material "preservable" se conserva de manera adecuada, guardando las muestras en cajas de petri (Cortés *et al.*, 2001).

Se tomaron datos de temperatura, salinidad y densidad de la columna de agua con un CTD Neil Brown Mark-IIIB, y estimaciones de clorofila *in situ* a partir de la fluorescencia con un perfilador PNF 300.

Trabajo de laboratorio

De los filtros obtenidos se hicieron preparaciones permanentes recortando un área aproximada de 1 cm^2 , la cual se montó en un portaobjetos agregándole dos o tres gotas de aceite de inmersión ZEISS 518 C ne =1,518 (23°C) DIN 58 884 ISO 8036/1 hasta cubrir a los organismos y transparentar el filtro, posteriormente se colocó un cubreobjetos para protegerla (Cortés *et al* 2001). Las preparaciones se observaron en un microscopio óptico

ZEISS AXIOLAB con el objetivo 40x para conteo por grupos y con el objetivo 100x para determinación de géneros y especies. También se hicieron preparaciones metalizadas de cada filtro en oro-paladio para observaciones en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-35.

En el microscopio óptico se observaron 10 campos al azar en cada una de las laminillas permanentes con el objetivo 40x y se realizaron conteos por grupos determinando género y especie hasta donde fue posible, cuando se tenía duda sobre las especies se paso al objetivo de 100x para determinarlas observando los límites correspondientes al anterior campo para no hacer conteos "erróneos". El microscopio electrónico de barrido se empleó para la determinación de géneros y especies.

Trabajo de gabinete

La determinación de las especies se realizó por medio de las observaciones directas de las preparaciones y fotografías además de literatura especializada.

Para la determinación de diatomeas se consultó a: Cupp (1943), Licea (1992), Licea *et al* (1996). Para dinoflagelados: B alech (1988), Moreno *et al* (1995) y Bravo-Sierra (1998). Para coccolitofóridos: Rampi y Bernhard (1981), Winter (1994) y Heimdal (1997).

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

$$\frac{\text{Número de células}}{\text{Litro}} = \left(\frac{ZF}{V} \right) 1000ml$$

Donde:

V = Volumen filtrado

Z = número de organismos observados de cada especie

$$F = \text{Razón de área} = \frac{\text{Área total del filtro}}{\text{Área total contada}} = \frac{1450mm^2}{1.969mm^2} = 736.15$$

Ejemplo:

$$\frac{\text{Número de células}}{\text{Litro}} = \left(\frac{2 \times 736.15}{4000 \text{ ml}} \right) 1000 \text{ ml} = 368$$

Este procedimiento se repitió para cada una de las especies identificadas. Posteriormente se sacaron los porcentajes de abundancia relativa de cada grupo, la distribución vertical y horizontal por estación y se obtuvieron los índices de diversidad de Shannon-Wiener.

El procesamiento de datos del CTD se realizó en el laboratorio de Oceanografía Física del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, obteniéndose gráficas de los perfiles en la columna de agua relativos a temperatura salinidad y anomalía de la densidad potencial o Sigma t (σ_t). Los datos continuos de clorofila *a* se procesaron en el laboratorio de Plancton y Bioenergética de Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, obteniéndose estimaciones gráficas de los máximos de clorofila *a* en la columna de agua.

Consideraciones al método de conteo

El método de conteo de membrana de celulosa, tiene como todos los demás métodos un rango de error.

Por ejemplo:

$$\frac{\text{Número de células}}{\text{Litro}} = \left(\frac{2 \times 736}{4000 \text{ ml}} \right) 1000 \text{ ml} = 368$$

Pero si se filtran dos litros

$$\frac{\text{Número de células}}{\text{Litro}} = \left(\frac{2 \times 736}{2000 \text{ ml}} \right) 2000 \text{ ml} = 736$$

Se contaron en ambos casos igual número de células en el filtro y la cantidad de cél/L es mas bajo en los 4000 ml que en 2000 ml cuando se hizo la extrapolación, aunque el agua sea del mismo lugar.

Lo más viable sería que para cualquier método se pudiera hacer el conteo en el mayor número de campos posibles y ayudaría a que las extrapolaciones a cél/L fueran más "precisas".

Análisis estadístico

Se realizaron graficas a partir de la abundancia por grupo de cél/L en el paquete estadístico "Statistica '99 edition, obteniendo graficas para observar el comportamiento normal de la curva, posteriormente se realizó un dendograma de distancias euclidianas para observar similitudes entre las diferentes zonas.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (Margalef, 1968).

Una manera conveniente de expresar y comparar la diversidad es mediante el cálculo de índices de diversidad basados en una relación existente entre las partes de un todo (Odum, 1979). En este caso se utiliza el índice de Shannon-Wiener (H'), el cual asigna mayor peso a las especies raras. Una comunidad tiene alta diversidad si la abundancia de las especies presentes también es alta, por otro lado si algunas especies tienen alta dominancia sobre otras, se tiene una diversidad baja.

$$H' = \sum p_i \log_2 p_i$$

Donde:

$p_i = n_i/N$,

n_i = numero de individuos de la especie

N = numero total de individuos

También se calculo el índice de equitabilidad (E) de Pielou (Pielou, 1977), dado por:

$$E = \frac{H'}{H' \max}$$

Donde:

$H' \max = \log_2 s$ y s es el número de especies.

RESULTADOS

Se determinaron en las nueve estaciones muestreadas un total de 172 taxones de los cuales 112 fueron diatomeas, 31 cocolitofóridos con 7 nuevos registros para la zona, 32 dinoflagelados y 2 silicoflagelados. Del total de diatomeas, 78 taxones se determinaron hasta especie, 28 hasta genero y 5 quedaron indeterminadas. De cocolitofóridos 31 taxones se determinaron hasta especie,. De dinoflagelados 27 taxones fueron determinados hasta especie, y 5 hasta genero.

Est.	Prof	No. Sp.	No. total de cél/L x 10 ³	Índice de diversidad	Diatomeas %	Cocolitofóridos %	Dinoflagelados %	Silicoflagelados %	Grupo mas abundante
7	10 m	30	13	3.65	78	14	4	3	Diatomeas
	20 m	33	8.6	4.75	85	4	8	2	Diatomeas
	40 m	23	8	3.66	72	13	11	2	Diatomeas
15	10 m	13	5.3	3.10	69	31	0	0	Diatomeas
	20 m	29	11.2	4.44	62	26	8	3	Diatomeas
	50 m	30	19.5	4.12	33	55	6	6	Diatomeas
22	30 m	28	9.2	4.37	54	39	3	1	Diatomeas
	40 m	27	13.4	4.10	23	69	6	0	Cocolitofóridos
	100 m	47	14.7	5.12	63	27	3	5	Diatomeas
37	10 m	17	141.7	0.96	5	94	1	0	Cocolitofóridos
	50 m	20	9	3.89	77	0	14	9	Diatomeas
	75 m	25	6.7	4.39	84	3	6	6	Diatomeas
44	30 m	32	104.9	2.27	20	80	1	0	Cocolitofóridos
	45 m	34	12.3	4.20	71	19	6	3	Diatomeas
	100 m	35	11.4	4.73	56	34	6	3	Diatomeas
53	10 m	29	32.5	2.12	41	56	1	2	Cocolitofóridos
	30 m	33	22.2	3.89	54	44	2	1	Diatomeas
	50 m	34	34.9	2.95	73	24	2	5	Diatomeas
112	20 m	31	25.7	4.57	76	11	11	1	Diatomeas
	50 m	21	12.8	3.55	77	7	12	3	Diatomeas
	60 m	27	25	4.32	24	67	7	2	Cocolitofóridos
118	30 m	39	25.9	4.03	52	43	2	3	Diatomeas
	50 m	26	17	3.74	55	40	3	1	Diatomeas
	70 m	15	12.3	3.16	73	25	2	0	Diatomeas
126	20 m	35	24	3.43	78	16	4	2	Diatomeas
	40 m	17	31	2.46	90	4	1	5	Diatomeas
	60 m	37	22.2	4.00	84	4	3	9	Diatomeas

Tabla 2. Algunos parámetros de la estructura del fitoplancton

Se obtuvo la cantidad de especies por profundidad, el índice de diversidad y porcentaje de abundancia por grupo (tabla 2), número de cél/L de cada especie (tabla 3), y parámetros físicos como T, S, y σ_t en la columna de agua.

Tabla 3 Lista de especies y abundancia de fitoplancton

	Estación 7		Estación 16		Estación 32		Estación 37		Estación 44		Estación 52		Estación 112		Estación 116		Estación 126								
	10 m	20 m	40 m	100 m	10 m	20 m	40 m	75 m	30 m	45 m	100 m	10 m	20 m	50 m	60 m	30 m	50 m	70 m	30 m	40 m	60 m				
1. <i>Asterionella oryza</i>											826														
2. <i>Asterionella robusta</i>														2577	2874										
3. <i>Asterionella uncinata</i>											164														
4. <i>Calanoides astaster</i> ???						369																			
5. <i>Calanoides leptopus</i>																368									
6. <i>Calanoides maritimus</i>																364									
7. <i>Calanoidophore muricola</i>						164																			
8. <i>Calanoidophore papillata</i>																						826			
9. <i>Conosphaera mediterranea</i>						164	164																		
10. <i>Dalmanella pus</i>																						826			
11. <i>Discosphaera tubifer</i>			552	552	4093	164	1104				736	164				822	1658	164			736				
12. <i>Emiliana huxleyi</i>	1848	164	552	368	2700	156	3129	2024	121813	310	18957	1472	1840	15286	8257	8152.1	882	736	1048	8463	6417	1658	1472	820	718
13. <i>Gephyrocapsa oceanica</i>							826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	826	
14. <i>Neastaxoideus</i>																									
15. <i>Heliosphaera casteni</i>						164	164					368											368	552	
16. <i>Heliosphaera huxleyi</i>						368					164														
17. <i>Machaeisphaera elegans</i>											164														
18. <i>Ophastrea reductus</i>																									
19. <i>Rappoportia febellera</i>																									
20. <i>Rappoportia mirabilis</i>																									
21. <i>Pontastrea glaciosa</i>						164	164																		
22. <i>Pontastrea syracusana</i>			368	164		164																			
23. <i>Rhabdosphaera claviger</i>			368	368	2024		826		736							2577					368	826	368		
24. <i>Rhabdosphaera sphaera</i> ???																									
25. <i>Syracostella delmaticus</i>																									
26. <i>Syracostella caballerus</i>						826			1104																
27. <i>Syracostella orbiculus</i>																									
28. <i>Syracostella pulchra</i>			164	312	1104	826	164	736	368				2783	164							826		368	164	
29. <i>Umbellosphaera irregularis</i>																164	826				736				
30. <i>Umbellosphaera tenuis</i>						552															1172	164	368		
31. <i>Umbellosphaera sphaera</i>						1104																	368		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 3 Lista de especies y abundancia de fitoplancton

	Estación 7		Estación 12		Estación 22		Estación 27		Estación 42		Estación 70		Estación 112		Estación 118		Estación 120				
	10 m	20 m	40 m	10 m	20 m	40 m	100 m	10 m	50 m	75 m	100 m	125 m	150 m	18 m	30 m	50 m	70 m	100 m	120 m		
Diatomeas																					
1 <i>Achnanthes sublaevis</i>	104	104		104															736	1120	360
2 <i>Achnanthes leucurum</i>							104														
3 <i>Achnanthes longipes</i>																					
4 <i>Amphora</i> sp	104						104	104				210	104			360					104
5 <i>Asteromphalus arachnoides</i>			360																		
6 <i>Asteromphalus sarcostragus</i>																					104
7 <i>Asteromphalus nebulosus</i>																					104
8 <i>Alpheia</i> sp																					104
9 <i>Bacillaria paxillera</i>				360	360			210													552
10 <i>Bacillarium furcillum</i>																					552
11 <i>Bacillarium</i> sp			360	104	104																1004
12 <i>Besleria notata</i>																					104
13 <i>Cheiloceros affinis</i>																					104
14 <i>Cheiloceros ellipticus</i>																					104
15 <i>Cheiloceros decipiens</i>																					104
16 <i>Cheiloceros difformis</i>																					104
17 <i>Cheiloceros diversus</i>																					104
18 <i>Cheiloceros lorentzianus</i>																					104
19 <i>Cheiloceros messianus</i>																					420
20 <i>Cheiloceros miris</i>																					104
21 <i>Cheiloceros peruvianus</i>	104																				552
22 <i>Cheiloceros</i> sp 1	104																				360
23 <i>Cheiloceros</i> sp 2	104																				104
24 <i>Cheiloceros</i> sp 3																					104
25 <i>Cinlatorea lorentziana</i>																					104
26 <i>Cocconeis</i> sp	104	104																			104
27 <i>Coscinodiscus centralis</i>																					420
28 <i>Coscinodiscus</i> sp	104	104																			420
29 <i>Cyclotella</i> sp1																					420
30 <i>Cyclotella</i> sp2																					420
31 <i>Cyclotella</i> sp3																					420
32 <i>Cyclotella striata</i>																					552
33 <i>Diatomea desconocida 11</i>																					104
34 <i>Diatomea desconocida 12</i>																					104
35 <i>Diatomea desconocida p1</i>																					552
36 <i>Diatomea desconocida p2</i>																					104
37 <i>Diatomea desconocida p3</i>																					104
38 <i>Delphinopsis sulcata</i>																					104
39 <i>Diploneis bombus</i>	360	104																			104
40 <i>Diploneis</i> sp	104																				104
41 <i>Fragilaria oceanica</i>																					360
42 <i>Fragilaria</i> sp																					360
43 <i>Fragilariopsis pseudonana</i>	360	360																			104
44 <i>Fragilariopsis</i> sp1																					104
45 <i>Fragilariopsis</i> sp2																					104
46 <i>Fragilariopsis</i> sp3																					104
47 <i>Gyrodinium aureolum</i>																					104
48 <i>Hantzschia radiolans</i>																					360
49 <i>Hemidictyon sinense</i>																					104
50 <i>Leudera annulata</i>																					104
51 <i>Loricophanes abnormis</i>																					104
52 <i>Labidocera uncinatum</i>																					104
53 <i>Marzophloeus pilosus</i>																					104
54 <i>Marzophloeus pusilla</i>	104	104																			104
55 <i>Marzophloeus robusta</i>																					104
56 <i>Nannula ptylwensis</i>																					104

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 3 Lista de especies y abundancia de fitoplancton

Diatomeas	Estación 7			Estación 15			Estación 22			Estación 27			Estación 41			Estación 53			Estación 112			Estación 178			Estación 179			
	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m	100 m	10 m	20 m		
57) <i>Nannula brevis</i>				184	368																							
58) <i>Nannula distans</i>		184						184					184															
59) <i>Nannula gasstrum</i>									184																			
60) <i>Nannula graminea</i>		184	184																									
61) <i>Nannula haophila</i>			184																									
62) <i>Nannula lanceolata</i>		368	184																									
63) <i>Nannula pelucida</i>			368																									
64) <i>Nannula regularis</i>													184															
65) <i>Nannula soehrensii</i>			184																									
66) <i>Nannula sp1</i>		1104	184					184	368			216		184			184	184		184						184		
67) <i>Nannula sp2</i>		184						184																			184	
68) <i>Nannula ovalis</i>			184														216	184										
69) <i>Nannula sp1</i>			368					368	184			368	1951	216		368	184	216	184	184	481		184			184		
70) <i>Nannula sp2</i>								184	368					216		368	216	184	184	481		184						
71) <i>Nannula sp3</i>			184					184	184					216		216	184	184										
72) <i>Nitzschia bicapitata</i>	532	736	1344	368	820	1472		368	368			1684	1683	216	368	184	184	368	184	2413	2392	582		184	976		820	
73) <i>Nitzschia bifurcata</i>	1848	368	532	2924	1636	976	368	1184	1288			2972	831	1282	8368	3681	184	184	184	3117	4801	3681	4801	2781	1840	1184	18395	368
74) <i>Nitzschia desimpata</i>														820														
75) <i>Nitzschia gaudershermensis</i>	184	368												184														
76) <i>Nitzschia kateactacta</i>				368					368									288			184							
77) <i>Nitzschia longissima</i>									184																			
78) <i>Nitzschia scuta</i>	532	184								184	216				184			736		184			368	532	184	264	368	
79) <i>Odontella aures</i>								184																			532	
80) <i>Odontella sp</i>																		184									532	
81) <i>Pavane sulcata</i>															184						368				368	184	184	
82) <i>Pseudonitzschia diversaeformis</i>	184						184				216	420			652	216	368	736	481						184	184		
83) <i>Pseudonitzschia lineatum</i>															216													
84) <i>Pseudonitzschia sp</i>			368					184							184		532										184	
85) <i>Pseudonitzschia palmata</i>																											736	
86) <i>Protosira alata</i>		184	184	184			184			216	216			184	184			184	184				184		368	184		
87) <i>Pseudonitzschia pseudovirescens</i>	184	184	184														420	2796	17868								184	
88) <i>Pseudonitzschia sp</i>			184													368								184				
89) <i>Pseudonitzschia delicatissima</i>											216	216																
90) <i>Pseudonitzschia pungens</i>																												
91) <i>Pseudonitzschia australis</i> ?	368						184																				184	
92) <i>Rhizosolenia sp</i>							184								184													
93) <i>Rhizosolenia clevei</i>							184																				184	
94) <i>Rhizosolenia furcata</i>																											184	
95) <i>Rhizosolenia hyalina</i>																											184	
96) <i>Rhizosolenia seigera</i>																												
97) <i>Rhizosolenia sp</i>	184			184	184	532	184							184	184	216	184	184		184	532	532	184	184	268	184	268	
98) <i>Rhizosolenia sp</i>														184	184											368	976	
99) <i>Rhizosolenia styliformis</i>	368		184																									
100) <i>Sabalosolenia sp</i>									368												1472	368					184	
101) <i>Sunopsis sp</i>																											184	
102) <i>Thalassiosira mediterranea</i>	2788	976	184	736	216	532	532					216	820	832				736	481	368	184	2296	3681	1184	4801	532		
103) <i>Thalassiosira sp</i>	368	368	368	368	184	184	184						368	184	368	2520	1184		1472				184	368	184	184	532	
104) <i>Thalassiosira sp</i>																												
105) <i>Thalassiosira sp</i>																												
106) <i>Thalassiosira doctinae</i>																											368	
107) <i>Thalassiosira doctinae</i>							184	184																			368	
108) <i>Thalassiosira doctinae</i>																											368	
109) <i>Thalassiosira doctinae</i> var <i>veniculae</i>																											8680	
110) <i>Thalassiosira sp1</i>		184	184				184	184	184	184	216	216	184	184	532	4800	1846	736		481	184	820	184		532	820		
111) <i>Thalassiosira sp2</i>		368	368	184				184	184																		820	
112) <i>Toxarium hemisphaerium</i>																												

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 3 Lista de especies y abundancia de fitoplancton

Dinoflagelados	Estación 7			Estación 15			Estación 22			Estación 27			Estación 44			Estación 53			Estación 112			Estación 118			Estación 126				
	10 m	20 m	40 m	10 m	20 m	50 m	10 m	40 m	100 m	10 m	50 m	75 m	10 m	45 m	100 m	10 m	30 m	50 m	20 m	50 m	80 m	10 m	10 m	70 m	20 m	40 m	60 m		
1. <i>Acanthocyclops pentastereus</i>						184			184										184.04										
2. <i>Alexandrium 7?</i>						184																							
3. <i>Ceratium candelabrum</i>																					184								
4. <i>Ceratium contortum</i>						184															184								
5. <i>Ceratium furca</i>	184					184								184		210				491	184			184					
6. <i>Ceratium fissus</i>																					491								
7. <i>Ceratium gibberum</i>						184															491								
8. <i>Ceratium lineatum</i>																					491			184					
9. <i>Ceratium macrolepis</i>																					491								
10. <i>Ceratium pentagonum</i>																												184	
11. <i>Ceratium inopis</i>																				184.04									
12. <i>Ceratium yutur</i>																												184	
13. <i>Gonyaulax rotundus</i> ??						184		184													491		184				368	184	184
14. <i>Gonyaulax</i> sp.																													
15. <i>Gonyaulax polygramma</i>						184	184			1268	631	210		364														184	
16. <i>Omnidocercus splendens</i>																						184							
17. <i>Omnidocercus stein</i>																						184							184
18. <i>Omnidocercus thum</i>																						184							184
19. <i>Oryzium scolopax</i>						184									184	184												184	
20. <i>Oryzium</i> sp.		184	184			184							184		184						184			184	184				
21. <i>Oryzium sphaerodiscum</i>									184																				
22. <i>Peridinium depressum</i>																													184
23. <i>Phaeocystis rapax</i>																													184
24. <i>Prorocentrum</i> sp.	368	532	184			368			368		420	210		184	184						184.04							184	
25. <i>Prorocentrum caudatum</i>																													
26. <i>Prorocentrum compressum</i>																													184
27. <i>Prorocentrum gracile</i>						184																							
28. <i>Prorocentrum micans</i>																													184
29. <i>Prorocentrum oceanicum</i>																						184							
30. <i>Prorocentrum</i> sp.																													184
31. <i>Pryocystis lunata</i>									184						368							491							
32. <i>Thalassiosira hantz</i>							184			368													368	184	368	184			364

Tabla 3 Lista de especies y abundancia de fitoplancton

Silicoflagelados	Estación 7			Estación 15			Estación 22			Estación 27			Estación 44			Estación 53			Estación 112			Estación 118			Estación 126				
	10 m	20 m	40 m	10 m	20 m	50 m	10 m	40 m	100 m	10 m	50 m	75 m	10 m	45 m	100 m	10 m	30 m	50 m	20 m	50 m	80 m	10 m	10 m	70 m	20 m	40 m	60 m		
1. <i>Dicocche fibula</i>	368	184	184			368	736			368	368	841	210		368	368	210	184	368		368	512	368	184			532	1472	1636
2. <i>Dicocche oceanane</i>						184		368					210	184				420		368	184						368		364

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

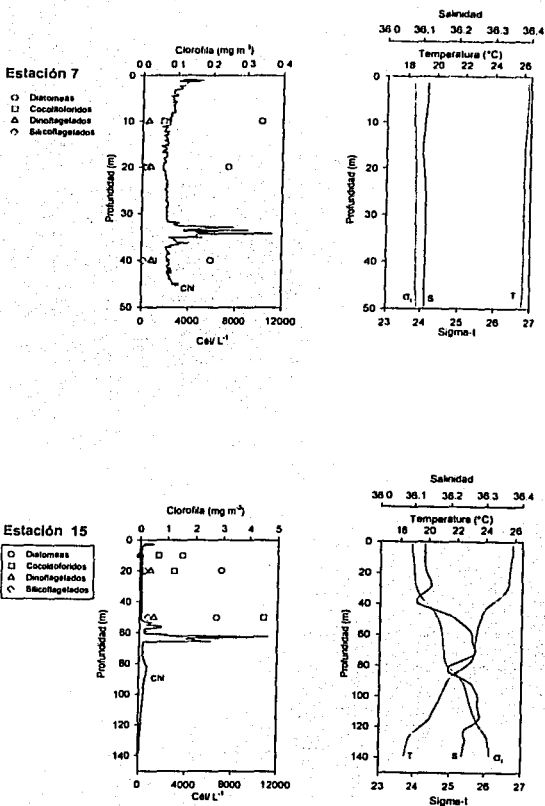
Zona del río Coatzacoalcos

Se determinaron 119 taxones, de los cuales 80 eran diatomeas, 22 coccolitofóridos, 15 dinoflagelados y 2 silicoflagelados. La dominancia de organismos fitoplanctónicos fue alternada por diatomeas y coccolitofóridos, entre las diatomeas dominaron *Nitzschia bicaudata* y *Nitzschia bifurcata*, mientras que por los coccolitofóridos dominó *Emiliania huxleyi*. El índice de diversidad de Shannon-Wiener varió en esta zona de 3.10 a 5.12 bits, indicando la más alta variedad de especies en las tres zonas muestreadas.

La estación 7 fue la más cercana a la costa con una profundidad total de 50 metros aproximadamente. En la columna de agua no había termoclina, se observaron perfiles homogéneos en temperatura, salinidad y σ_t . El máximo de clorofila *a* fue de 0.4 mg m⁻³ localizándose a los 35 m de profundidad y no coincidió con el máximo de cél/L donde dominaron las diatomeas como *N. bicaudata* y *N. bifurcata*. (Fig. 2 A)

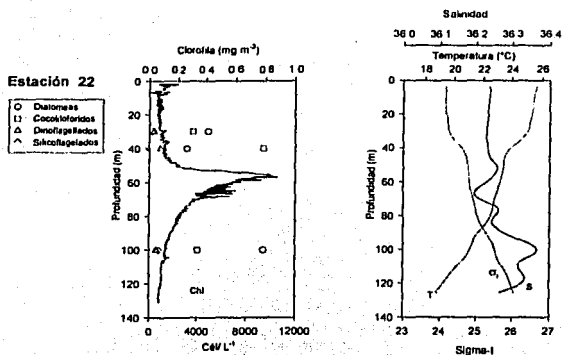
En la estación 15 con una profundidad de 160 metros, la termoclina estuvo entre los 30-35 m, con un ligero gradiente hasta los 80-85 m mientras que los perfiles de salinidad estuvieron en el rango de los 36 con ligeras variaciones. El máximo de clorofila *a* se localizó a los 65 m y fue de 4.5 mg m⁻³ que fue el más alto de la zona sin que coincidiera con el máximo de cél/L donde hubo una dominancia de diatomeas como *N. bifurcata* a los 10 y 20 m mientras los coccolitofóridos como *E. huxleyi* dominaron a 50 m (Fig. 2 B).

En la estación 22 con una profundidad de 400 metros, se observaron condiciones similares de temperatura, σ_t y salinidad a la estación 15, hasta los 140 m. El máximo de clorofila *a* se localizó a los 85 m y fue de 0.3 mg m⁻³ donde hubo una dominancia alternada de diatomeas y coccolitofóridos (Fig. 2).



(Figs. 2 A y 2 B) Abundancia de Fitoplancton por grupo y perfiles verticales de clorofila, salinidad, temperatura y densidad de la zona del río Coatzacoalcos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



(Fig. 2 C) Abundancia de Fitoplancton por grupo y perfiles verticales de clorofila, salinidad, temperatura y densidad de la zona del río Coatzacoalcos

Sistema Grijalva-Usumacinta

Se determinaron un total de 99 taxones, de los cuales 70 son diatomeas, 15 de coccolitofóridos, 12 dinoflagelados y 2 silicoflagelados. La mayor dominancia fue dada por coccolitofóridos principalmente *E. huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*. El índice de diversidad de Shannon- Wiener en esta zona varió entre los 0.96 y los 4.73 bits.

La estación 37 con una profundidad total de 120 m presenta una ligera termoclina a los 35 m con un ligero gradiente hasta los 80 m. La σ_t se mantiene constante teniendo un ligero aumento a los 40 m y posteriormente presenta mínimo gradiente hasta los 80 m, la salinidad se mantiene constante a los 36 con ligeras variaciones de décimas.

En esta zona solamente se tomó el perfil de clorofila *a* de la estación 37 en la que el máximo fue $< 0.6 \text{ mg m}^{-3}$ a los 35 m, no coincidiendo con el máximo de *cél/L* total que estaba a los 10 m siendo los coccolitofóridos los que aportan más del 85% de densidad numérica fitoplanctónica a esta profundidad. (Fig.3A). Sobresalieron dos especies de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

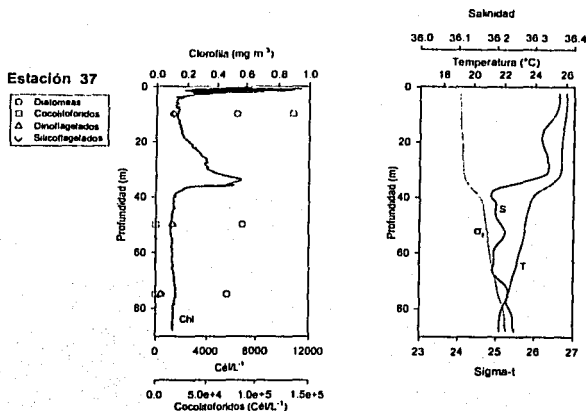
cocolitofóridos en esta zona: *E. huxleyi* y *G. oceanica* produciendo florecimientos por encima de la termoclina, elevando el número de organismos hasta 14×10^4 a 10m.

En la estación 44 con una profundidad total de 145 m, la termoclina se observa a los 30 m disminuyendo la temperatura progresivamente hasta los 140 m, la σ_t se mantiene constante hasta los 25 m, posteriormente aumenta progresivamente hasta los 150 m. La salinidad se mantiene a 36 con ligeras variaciones. El aporte de cocolitofóridos es significativo llegando a 80×10^3 en los 30 m siendo *E. huxleyi* y *G. oceanica* los dominantes, mientras que el aporte de diatomeas tuvo una abundancia de 20×10^3 destacando *N. bifurcata*, *N. bicapitata* y una especie de *Coscinodiscus sp.*

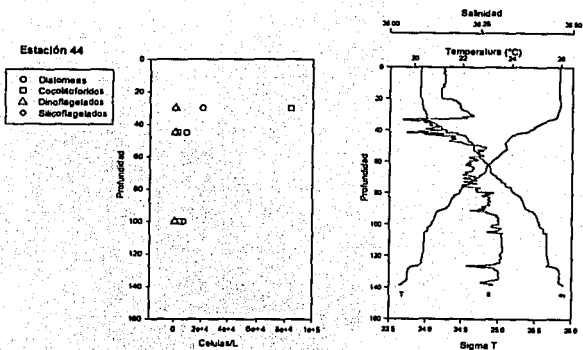
En la estación 53 con una profundidad total de 60 m, la termoclina es muy marcada a los 30 m, y la temperatura después se mantiene constante hasta el fondo, la σ_t y la salinidad de igual manera se mantienen constante hasta los 30 m y posteriormente tiene variaciones de décimas.

Los cocolitofóridos como *E. Huxleyi* dominaron a los 10 m y las diatomeas bentónicas como *Psamodyctium pauduriformis* dominaron a los 50 m sobre las demás especies teniendo una densidad poblacional de 17×10^3 cél/L, lo que en cierta forma era esperarse debido a lo cercano de la costa y a la profundidad en que se tomó la muestra.

En esta época la descarga de los ríos es baja en comparación a la época de lluvias, sin embargo la pluma se extiende ampliamente hasta los límites de la plataforma continental en forma de media luna. Las muestras fueron tomadas aparentemente en los límites del frente con más tendencia hacia el agua oceánica por los perfiles de salinidad encontrados con valor promedio de 36. Los perfiles de temperatura muestran una capa de mezcla hasta los 30-35 m y posteriormente una disminución mínima pero continuo de la temperatura.



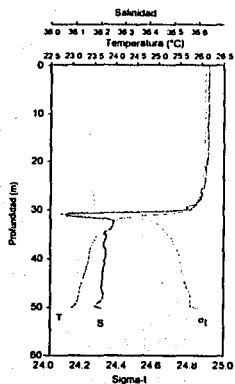
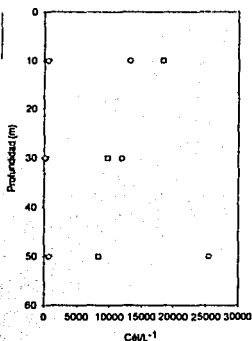
(Fig. 3 A) Abundancia de Fitoplancton por grupo y perfiles de clorofila, salinidad, temperatura y densidad de la zona del Sistema Grijalva-Usumacinta.



(Fig. 3 B) Perfiles verticales de clorofila, salinidad, temperatura y densidad de la zona del Sistema Grijalva-Usumacinta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estación 53



(Fig. 3 C) Perfiles verticales de clorofila, salinidad, temperatura y densidad de la zona del Sistema Grijalva-Usumacinta.

Zona del Cañón de Campeche

Se determinaron un total de 115 taxones, de los cuales 68 eran diatomeas, 21 coccolitofóridos 24 dinoflagelados y 2 silicoflagelados (Tabla 3). En esta área se encontró una alta diversidad y cantidad de diatomeas en las que sobresalieron *Nitzschia bifurcata* y *Nitzschia bicapitata*. Los coccolitofóridos, también sobresalieron en esta zona por su diversidad destacando *E. huxleyi*. Respecto a los dinoflagelados la diversidad fue de mayor a las otras zonas, sin que ninguna de las con 20 especies encontradas sobresalieran por su cantidad. El índice de diversidad de Shannon-Wiener vario entre 2.46 y 4.57 mostrando su alta diversidad.

En la estación 112 con una profundidad total de 1500 m se observo una ligera termoclina entre 30-40 m y la temperatura desciende de manera continua al aumentar la profundidad, la σ_t tiene un ligero aumento conforme se va descendiendo y la salinidad se mantiene constante a 36 con ligeras variaciones de décimas, hasta los 120 m que fue a la profundidad que se muestrearon estos parámetros.

Se observa que el máximo de clorofila *a* fue 0.2 mg m^{-3} y se ubico a los 80 m, no coincidiendo con las densidades máximas de cél/L que estaban a los 20 m. La dominancia

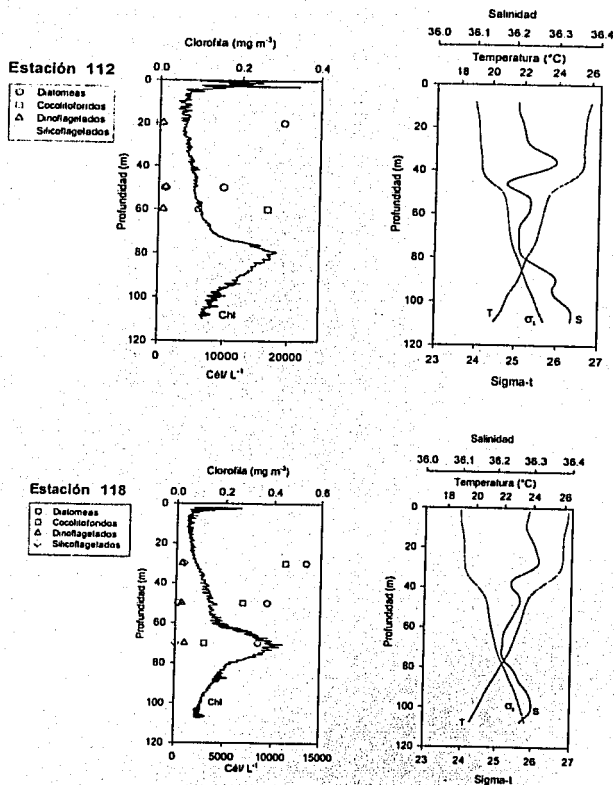
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

de diatomeas y cocolitofóridos fue amplia principalmente de especies como *N. bicapitata*, *N. bifurcata* y *E. huxleyi*.

En la estación 118 con una profundidad total de 2600 m, la termoclina esta entre los 30 y 40 m, mientras aumenta la profundidad la temperatura disminuye con un ligero gradiente, σ_t aumenta progresivamente con la profundidad, y la salinidad se mantiene en 36 con ligeras variaciones de décimas. El máximo de clorofila *a* fue de 0.4 mg m^{-3} y se ubico a los 70 m no coincidiendo con el máximo de cél/L que se encontró a los 30 m diatomeas como *N. bifurcata* y *Thalassionema nitzschioides* además de cocolitofóridos como *E. huxleyi* dominaron sobre las demás especies encontradas.

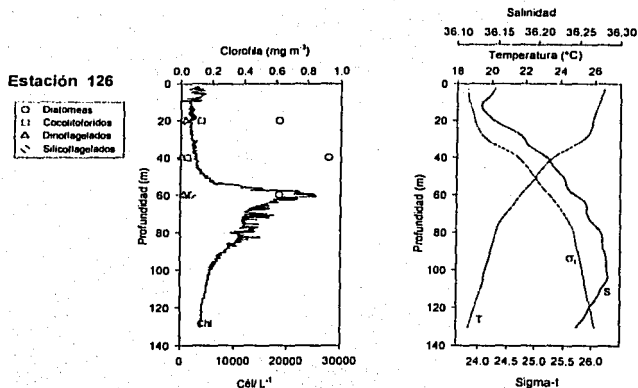
En la estación 126, con una profundidad total de 2250 m, la temperatura se observa con un gradiente marcado entre 30-40 m, a profundidad mayor la temperatura desciende de manera continua; σ_t es mayor conforme aumenta la profundidad, y la salinidad se mantienen constante a 36 con ligeras variaciones.

El máximo de clorofila *a* fue de 0.6 mg m^{-3} y se ubico a los 60 m, no coincidiendo con el máximo de cél/L, que se encontró a los 40 m los organismos que contribuyen en mayor proporción son los cocolitofóridos como *E. huxleyi* y diatomeas como *N. bicapitata* y *N. bifurcata*



(Fig. 4 A y 4 B) Abundancia de Fitoplancton por grupo y perfiles verticales de clorofila, salinidad, temperatura y densidad de la zona de la Bahía de Campeche.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

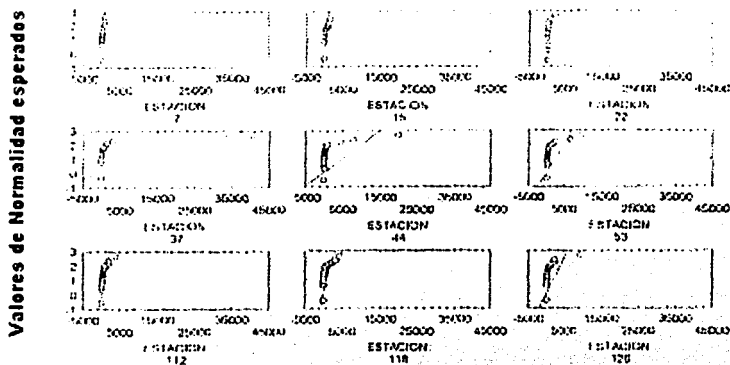


(Fig. 4 C) Abundancia de Fitoplancton por grupo y perfiles verticales de clorofila, salinidad, temperatura y densidad de la zona de la Bahía de Campeche.

Al efectuar el análisis de normalidad (Fig. 5) de cada una de las estaciones se observó que hay cierta similitud en el comportamiento de la curva normal en la zona del río Coatzacoalcos con la zona del Cañón del Campeche mientras que la zona del Grijalva-Usumacinta mostró un comportamiento muy diferente saliendo de los límites de ajuste de la curva normal.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

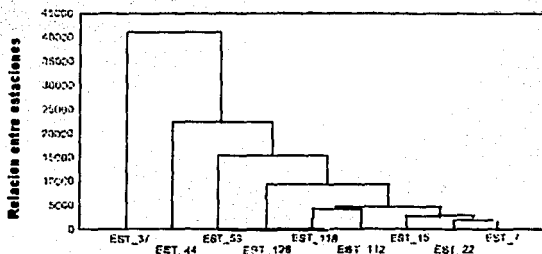
Normalidad de la curva per la abundancia



(Fig. 5) Gráfica de Normalidad de la curva en base a la abundancia

Al realizar el dendograma de distancias euclidianas (Fig. 6) se observa de nuevo la similitud entre la diversidad de la zona de río Coatzacoalcos y la zona del cañón de Campeche, mientras que la zona del Grijalva-USUMACINTA muestra una diferencia muy evidente a las demás zonas.

Dendograma de distancias euclidianas



(Fig. 6) Dendograma de distancias euclidianas

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

DISCUSIÓN

La estructura de la comunidad en este caso esta definida en términos de composición; diversidad y abundancia las especies encontradas. Se tomaron en cuenta 4 grupos de fitoplancton preservable: diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos y silicoflagelados.

Composición de especies

Con respecto a las diatomeas en este trabajo se encontraron 114 taxones, Licea (1992) reportó 101 diatomeas que determino hasta especie, en muestras de red en la zona del sistema Grijalva-Usumacinta y Bahía de Campeche, de los cuales solo 29 taxones coincidieron con el presente trabajo, en los que destacan *N. bifurcata*, *N. bicapitata*, y *Thalassionema nitzschioides* como especies mas abundantes.

En muestras de botella, Licea y Santoyo (1991) determinaron 73 taxones de diatomeas de los cuales 15 especies y 3 géneros coinciden con el presente trabajo.

Respecto a los dinoflagelados, estos autores encontraron 32 taxones de los cuales solo 6 especies y 1 genero coinciden con los 32 taxones encontrados en este trabajo. Se encontraron 12 taxones de *Chaetoceros* en la zona de estudio, el cual es bajo comparado con los 42 taxones que encontraron Hernández-Becerril y Flores (1998) en material de red de toda la península de Yucatán, coincidiendo solo 7 taxones con este trabajo. En ninguna de las estaciones los dinoflagelados sobresalieron abundancia, sin embargo una mayor diversidad se encontró en la zona del Cañón de Campeche lo que concuerda con las características generales de distribución de los dinoflagelados de tener mayor abundancia en aguas oceánicas y oligotróficas.

El número de especies de cocolitofóridos encontrados en este trabajo fue de 31. Se encontraron 7 nuevos registros para la zona los cuales son *Alisphaera unicornis*, *Daktylehira pirus*, *Hayaster perplexus*, *Michaelsarsia elegans*, *Periphylophora mirabilis*, *Syracosphaera orbiculus* y *Syracolithus catilliferus*. Anteriormente Gaarder y Hasle (1971)

habían reportado 33 taxones para el Golfo de México en muestras de red que sumados a los nuevos reportes serían 40 taxones registrados para la zona.

Sournia (1995) menciona tres especies de silicoflagelados, en el presente trabajo se encontraron solo 2 taxones: *Dictyocha fibula* y *D. Octonaria* en bajas cantidades, además se observó un aumento de cel/L en la zona del Cañón de Campeche siendo *D. fibula* la más constante.

Las especies determinadas varían en los diferentes trabajos reportados, en cada uno se registran especies según el autor, siendo muy pocas las que coinciden entre los trabajos debiéndose tal vez a las técnicas de muestreo, la época del año, la sucesión de especies, al enquistamiento de individuos o la falta de nutrientes. En algunos casos solo se determinan los taxones hasta género, lo anterior influye de manera determinante al estudiar la estructura del fitoplancton al encontrar especies diversas en los diferentes estudios.

Abundancia de especies

En todas las estaciones hubo un dominio constante de diatomeas y excepto en las estaciones frente al Sistema Grijalva-Usumacinta donde los cocolitofóridos como *E. huxleyi* y *G. oceanica* dominaron en la abundancia, teniendo además una amplia distribución en la Bahía de Campeche.

Hubo una amplia distribución de *N. bifurcata*, *N. bicapitata* y *Thalassionema nitzschioides*, siendo esta última considerada costera, se encontró en todas las estaciones destacando de las demás especies por su abundancia.

En la estación 53 se encontró una dominancia alternada por diatomeas y cocolitofóridos, en las que destacaron *Psamodictyum puaduriformis*, *Thalassiosira sp.*, *Thalassionema sp.* y *E. huxleyi* observándose una diferencia a lo que encontraron Santoyo y Signoret (1973) en el mes de agosto en la plataforma de la Bahía de Campeche, reportando una dominancia de diatomeas, principalmente de los géneros *Chaetoceros* y *Rhizosolenia*, le siguieron los

dinoflagelados cianofitas clorofitas y por ultimo coccolitofóridos, la densidad fitoplanctónica disminuye conforme se aleja de la costa

Análisis de Diversidad con relación a los factores ambientales

En el mar, la diversidad del fitoplancton suele estar entre 1 y 2.5 bits en la zona costera siendo especialmente baja en estuarios y en áreas de florecimiento. En el plancton oceánico suele encontrarse valores superiores a 4.5 bits aunque a veces la proliferación de algunos flagelados y coccolitofóridos pueden resultar en diversidades anormalmente bajas. En áreas de florecimientos la diversidad disminuye, aunque la mezcla transversal con otras aguas en las zonas de frentes puede aumentarla (Margalef, 1988).

Los valores del índice diversidad tuvieron un ligero gradiente en dirección de la costa hacia la zona oceánica y de la superficie hacia el fondo. Frente al sistema Grijalva Usumacinta, se tuvo un valor muy bajo de índice de diversidad en la estación 37 (0.96 bits), mientras que en la estación 44 se observó un aumento significativo (4.73 bits).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido, es similar a lo que menciona Margalef, en áreas de florecimiento. Se encontró una alta dominancia con baja diversidad en la estación 37 a 10 m y la estación 44 a 30 m, los coccolitofóridos dominaron claramente en densidad poblacional los cuales registraron un promedio del 85%, registrando una cantidad importante (14×10^4 y 10×10^4 cél/L) destacando *Emiliania huxleyi* y *Gephyrocapsa oceanica*. Cortés *et al* (2000) encontraron en la estación Aloha, Hawai cantidades de coccolitofóridos un poco mas bajas (41×10^3 en Marzo y 52×10^3 en septiembre y octubre) en latitudes cercanas a los 19°N, con mayor diversidad de especies de coccolitofóridos entre los que destacan *E. huxleyi*, *U. Irregularis*, *U. tenuis*, *Floresphaera profunda* y *Gephyrocapsa ericsonii*. A diferencia de las encontradas en el Golfo de México que solo destacaron dos especies.

El sistema Grijalva-Usumacinta se llega a observar cierta estabilidad en las capas superficiales de la columna de agua hasta los 30 m con una termoclina estable, lo que

concerda con lo que mencionan Santoyo y Signoret (1975). Se crearon condiciones hidrográficas y ecológicas donde los florecimientos de cocolitofóridos se dieron en las capas superficiales de la columna de agua. En el frente o ergoclina, el agua oceánica se hunde por su mayor densidad, mientras que el agua de los ríos se mantiene en la superficie, al encontrarse estas masas de agua forman ondas internas por lo que hay una zona de mezcla que junto con la presencia del Giro Ciclónico en la Bahía de Campeche propicia condiciones adecuadas para la proliferación de dos especies de cocolitofóridos, que aprovechan estas condiciones que pueden ser una tanto estrictas ya que el florecimiento se mostraba a 10 m de profundidad y al bajar en la columna de agua estos prácticamente desaparecieron. Condiciones semejantes ocurrieron en las costas de Francia, Lamperta *et al* (2001) encontraron un afloramiento de cocolitofóridos, principalmente *E. huxleyi* en la Bahía de Biscay en las costas de Francia frente a los ríos Loire y Gironde, donde la pluma de los ríos se mantuvo en la capa superficial, dando las condiciones para que se produjera un afloramiento enorme de cocolitofóridos (3.2×10^6 cél/L) en las capas someras de la columna de agua, teniendo que ver de manera determinante las bajas temperaturas para que se diera este afloramiento.

En la zona del río Coatzacoalcos y el Cañón de Campeche, la diversidad de organismos y las condiciones oceanográficas fueron similares.

En el caso de las estaciones 7, 15 y 22 frente al río Coatzacoalcos los valores de diversidad oscilaron entre 3.10 y 5.12 bits, siendo esta última la más alta de todas las estaciones, donde las diatomeas presentaron la mayor diversidad de especies. Durante el mes de abril que es época de secas y "Nortes", la descarga del río es baja en comparación con la época de lluvias, los vientos del norte empujan el agua oceánica superficial hacia el sur replegando la pluma río hacia la costa y al mismo tiempo se recorre al oeste por el efecto de coriolis. En la columna de agua, la pluma del río al ser menos densa queda confinada en las capas superficiales, mientras que las aguas oceánicas se hunden por debajo de esta, así las aguas de mar abierto quedan cercanas a la costa acarreado consigo a los organismos fitoplanctónicos, dándole características oceánicas a la zona en lugar de las condiciones costeras que se esperarían.

En la zona del Cañón de Campeche hay una alta diversidad con bajas dominancias observándose un índice entre 2.4 y 4.57 bits. Las diatomeas tuvieron de nuevo la mayor diversidad aunque el aporte de dinoflagelados fue mayor que en las otras dos zonas. La Corriente de Yucatán que viene del Este y los vientos del "sur" (en realidad son del Este pero les dicen "sures"), mezclan las capas superficiales de la columna de agua hasta los 100 m, llegando a transportar muchos organismos y materia particulada que se encontraban en la plataforma hasta el Cañón de Campeche, la presencia del giro ciclónico en la bahía resuspende a los organismos que fueron acarreados, observándose gran cantidad de materia particulada en los filtros e incluso a simple vista en la superficie marina.

Clorofila *a*

Las concentraciones de clorofila *a* mostraron de manera general muy bajas, a excepción de la estación 15 a 60 m, con valores máximos de 4.5 mg m^{-3} en la zona del río Coatzacoalcos, aquí no se tienen muestras por lo que no se puede determinar que especies de fitoplancton dominaron a esta profundidad. Frente al Grijalva Usumacinta el valor máximo fue 0.5 mg m^{-3} y en la zona oceánica 0.6 mg m^{-3} por lo que podemos decir que la Bahía de Campeche es una zona oligotrófica y de baja productividad primaria en el mes de Abril. Anteriormente se había considerado una zona con acentuada oligotrofia por los valores muy bajos de clorofila *a* encontrados en el verano (Licea y Santoyo 1991) (Signoret et al 1998), no variando la situación de oligotrofia la zona en el año.

En las tres zonas el nivel de clorofila *a* se relaciona directamente con el número cél/L que también de manera general fue bajo (entre 5×10^3 y 35×10^3) a excepción de la estación 37 a 10 m (14×10^4) y la estación 44 a 30 m (10×10^4), donde hubo florecimientos de coccolitofóridos y no se reflejaron en las mediciones de clorofila, posiblemente por el diminuto tamaño, indicando además que las tres zonas presentaron oligotrofia.

En todas las estaciones a excepción de la estación 7, el máximo de clorofila *a* se da por debajo de la termoclina, $\sigma-t$ se observa alrededor de los 25 m, en los máximos de clorofila y la salinidad al mantenerse alrededor de los 36 no altera la presencia de fitoplancton.

Al efectuar un análisis de normalidad de cada una de las estaciones se observó cierta similitud en la zona del río Coatzacoalcos con la zona del Cañón del Campeche mientras que la zona del Grijalva Usumacinta mostró un comportamiento muy diferente saliendo de los límites de ajuste de la curva normal.

Al realizar un dendograma de distancias euclidianas se observa nuevamente la similitud entre la diversidad de la zona de río Coatzacoalcos y la zona del cañón de Campeche. Las aguas oceánicas que fueron empujadas por los vientos del norte arrastran organismos planctónicos que se mantienen frente a las costas y propician que la zona del río Coatzacoalcos tenga organismos más oceánicos, por lo que es muy similar en diversidad con el Cañón de Campeche. Mientras que con la zona del Grijalva Usumacinta hay una diferencia muy evidente en cuanto a la cantidad y diversidad de organismos y la descarga de los ríos que son determinantes para que se den condiciones totalmente diferentes.

CONCLUSIONES

Las condiciones oceanográficas e hidrográficas influyen en la estructura del fitoplancton reflejándose en la composición fitoplanctónica

Existe una estrecha relación entre las zonas de Coatzacoalcos y el Cañón de Campeche tienen en el mes de abril una similitud en la diversidad de organismos. La zona frente al río Coatzacoalcos mostró tener un ambiente oceánico, influyendo para esto las masas de agua oceánicas superficiales empujadas de manera importante por vientos del norte en el periodo estudiado.

En el Cañón de Campeche el giro ciclónico resuspende materia orgánica importante, aunque esta se encuentra en la zona central del giro y no ofrece las condiciones más propicias para que los organismos se desarrollen adecuadamente y sea de alta producción biológica.

La zona de sistema Grijalva-Usumacinta se pudo determinar como una zona con características necesarias para la proliferación de algunos organismos debido a las capas de mezcla entre aguas oceánicas y aguas continentales

Las masas de agua superficiales en Bahía de Campeche se caracterizaron como oligotróficas, en mes de abril, debido la baja productividad primaria por la baja cantidad de clorofila α observada.

El aporte de cocolitofóridos al fitoplancton ha sido subestimado en su diversidad, densidad, biomasa y productividad, no obstante que es el nanoplancton el que aporta la cantidad mayor de clorofila, por tanto es de suma importancia para el bombeo de CO_2 .

Se reportaron 7 especies de cocolitofóridos que constituyen registros vivos para la zona que son las siguientes: *Alisphaera unicornis*, *Daktylethra pirus*, *Hayaster perplexus*,

Michaelsarsia elegans, *Periphyllophora mirabilis*, *Syracosphaera orbiculatus* y *Syracolithus catilliferus*.

PERSPECTIVAS

El método de filtros de membrana utilizado para la colecta de muestras de cocolitofóridos, fue útil para determinar la estructura del fitoplancton preservable, por lo que se puede considerar para futuros estudios con algunas modificaciones para la distribución homogénea de los organismos en el filtro como la presión de vacío y el aparato de filtración.

El estudio de diatomeas nanoplanctónicas y de cocolitofóridos se facilita mucho para su observación al microscopio electrónico de barrido con el método de filtro de membrana y dado que el estudio del nanoplancton es mínimo, representa un amplio campo para investigaciones futuras.

Literatura citada

- Alatorre, M. A., Ruiz, F. y Salas de León, D. A. 1987. Efecto del paso de frentes fríos atmosféricos sobre la Bahía de Campeche. González, J., F. Medina, M. Romo y M. Martínez (Eds.) Memoria Reunión Anual 1987. *Unión Geofísica Mexicana*: 186-193.
- Bollmann, J., Cortes, M. Y., Haidar, A.T., Brabec, B., Close, A., Hofmann, R., Palma S., Tupas L., Thierstein H.R. 2002 Techniques for quantitative analyses of calcareous marine phytoplankton. *Mar. Micropaleontol.* 44 163-185.
- Barreiro, M.T. y Signoret M. 1999. *Productividad primaria en ecosistemas costeros Métodos de evaluación*. Universidad Autónoma Metropolitana U. Xochimilco.
- Barreiro-Güemes M.T, Signoret-Poillon M. y Bulit-Gámez C. 2003. Patrones de Distribución de Biomasa y Producción Primaria Fitoplanctónica en el Golfo de México. En: Barreiro-Güemes, M. T., M. F. Meave del Castillo., M Signoret- Poillon y M. G. Figueroa-Torres (Eds.) *Planctología Mexicana*, 300 pp Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. México.
- Balech, E. 1967a. Dinoflagelados nuevos o interesantes del Golfo de México y Caribe. *Rev. Mus. Arg. Cienc. Nat. "B. Rivadavia", Hidrobiol.* 2 (3): 77-144.
- Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* No.1 Madrid
- Bessonov N., Gonzalez, O. y Elizarov, A. 1979. Resultados de las investigaciones Cubano-Soviéticas en el Banco de Campeche. In: UNESCO (Ed.) *Coloquio sobre investigaciones y recursos del mar Caribe y regiones adyacentes*. Curaçao, Antillas holandesas, Nov. 1968, UNESCO, Paris:317-323.
- Bravo Sierra E., 1998 Composición del fitoplancton de red en Bahía Banderas, México, 1990-1991. Tesis de Maestría Facultad de Ciencias UNAM, México 144pp.
- Cifuentes, J.L 1987. *El océano y sus recursos IV*. Fondo de Cultura Económica. México
- Cochrane, J.D; 1963 Yucatán Channel. *Annual Report*. Department of Oceanography, Texas A&M University. Ref. 63-18A, pp 6-11.
- Cortes, M. Y., Bollmann, J., Thierstein H.R., 2001 Coccolithophore ecology at the HOT station ALOHA, Hawaii. *Deep-Sea Res. II* 48: 1957-1981.
- Cruz, A. De la. 1971. Estudios de plancton en el Banco de Campeche. In: (UNESCO, ed.) *Coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes*. UNESCO, Paris. pp. 375-383.

- Cupp, E., 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. H.U. Sverdrup, R.H. Fleming, L. H. Miller, C. E. ZoBell (Eds). *Bulletin of the Institution of Oceanography of the University of California* La Jolla, California. 5(1):1-237
- Fensome, R.A., Taylor, F.J.R., Norris, W.A.S. Sarjeant, Wharton, D.I. & Williams, G.L. 1993. *A Classification of Living and Fossil Dinoflagellates*. Micropaleontology, Special Pub. No. 7, Sheridan Press, Hanover. 351 pp.
- El-Sayed, S.Z., W.M. Sackett, L.M. Jeffrey, A.D. Fredericks, Saunder R.P., Conger P.S., Fryxell G.A., Steidinger K.A. y Earle S.A.. 1972. Chemistry, primary productivity, and bentic algae of the Gulf of Mexico. In: (V. Bushell) *Series Atlas of the Marine Environment. Amer. Geogr. Soc.* 22. pp. 1-29.
- Gaarder, K. R. and Hasle G. R. 1971. Coccolithophorids of the Gulf of México. *Mar. Sci.* 2 (21): 519-544.
- García, E. 1990. Carta Climática In: Atlas Nacional de México. Inst. Geogr. UNAM. IV 1.10.
- Heimdal, B.R., 1997. Modern Coccolithophorids. pp. 731-830 En: Tomas, C.R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton* Academic Press, San Diego.
- Hernández-Becerril, D.U. 1998 Morphological study of the marine planktonic diatom *Chaetoceros okamura* (Chaetocerales, Bacillariophyceae) from the Gulf of México. *Phycol. Res.* 46: 11-15.
- Hernández-Becerril, D.U. y Flores, G. C. 1998 Species of the Diatom Genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in the Plankton from Gulf of Mexico. *Bot Mar.* 41:505-519.
- Hernández-Becerril, D.U. 2003. Diversidad del Fitoplancton Marino en México: Un Acercamiento Actual. En: Barreiro-Güemes, M. T., M. F. Meave del Castillo., M. Signoret- Poillon y M. G. Figueroa-Torres (Eds.) *Planctologia Mexicana*, 300 pp Sociedad Mexicana de Planctologia, A.C. México.
- Lampert, L., Quéguiner, B., Labasque, T., Pichon, A., Lebreton, N. 2002. Spatial variability of phytoplankton composition and biomass on the eastern continental shelf of the Bay of Biscay (north-east Atlantic Ocean). Evidence for a bloom of *Emiliania huxleyi* (pymnesiophyceae) in spring 1998 *Cont. shelf Res.* 22:1225-1247.
- Lara Domínguez, A.L., Villalobos Zapata G.L. y Rivera Arriaga E. 1990. Catalogo bibliográfico de la región de la sonda de Campeche. *EPOMEX Ser. Cient.* 1, 161 pp.
- Libes, S.L. 1992. *An Introduction to Marine Biogeochemistry*. John Willey & Sons. Inc. USA.
- Licea, S. 1977. Variación estacional del fitoplancton en la Bahía de Campeche, México (1971-1972). *FAO. Fish. Rep.*, 200:253-273.

- Licea S. 1994. *Thalassiosira* species from the Souther Gulf of México. *Proc. 11th Int. Diatom Symp., Mem. Calif. Acad. Sci.* 17: 311-335.
- Licea S. 1992. Especies de diatomeas seleccionadas del sur del Golfo de México, estudiadas en microscopio de luz y electrónico. Tesis doctoral Instituto Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Licea, D., S y Santoyo, H. 1991. Algunas características ecológicas del fitoplancton de la región central de la Bahía de Campeche. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol.* 18 (2): 157-167.
- Licea, D., S. y Luna, L. 1997. Spatio-temporal variation of phytoplankton on the continental margin in the SW Gulf of México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 49:83-99.
- Margalef, R. 1980. *Ecología*. Editorial. Omega. Barcelona.
- Monreal-Gómez, M.A. y Salas-de-León, D.A. 1990. Simulación de la circulación de la Bahía de Campeche. *Geofis Int.* 29 (2):101-111.
- Monreal-Gómez, M.A. y Salas-de-León, D.A. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, en: *Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3*, Unión Geofísica Mexicana.
- Moreno Ruiz, J.L., Soto, J.P., Zamudio, M.E., Hernández Becerril, D. U. y Licea, S. D. 1993. Morphology and taxonomy of *Chaetoceros diversus* Cleve (Bacillariophyceae), with reference to material from the Souther Gulf of México. *Diatom. Res.* 8: 419-428.
- Müller-Karger, F.E., Walsh, J.J. Evans, R.H. y Meyers, M.B. 1991. On the seasonal phytoplankton concentration and sea surface temperature cycles of the Gulf of México as determined by satellites. *J. Geophys. Res.* 96 (C7): 12645-12665.
- Norris, D.R y Berner, L.D. Jr. 1970. Thecal morphology of selected species of *Dinophysis* (Dinoflagellata) from the Gulf of México. *Contrib. Mar. Sci.* 15:145-192.
- Nowlin, W.D; 1972. Winter circulation patters and property distributions. In: Capurro, L. R. A & J.L. Reid (Eds.) *Contributions on the physical oceanography of the Gulf of México*. University of Texas Press, Austin: 3-52.
- Nybakken, J.W. 1997. *Marine Biology: An ecological approach* (3rd ed). Addison Wesley Longman, California, 481 pp.
- Odum, E, P. 1979. *Ecología. El Vinculo entre las Ciencias Naturales y las Sociales*. Compañía Editorial Continental, S. A. México. 22, D.F. 295 pp.
- Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann, 1990. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press. 747 pages.

- Salas de León, D. A.; Monreal Gómez, M. A. Sanvicente Añorve L, y Flores Coto, C. 1998. Influence de la circulation à long terme sur la répartition des organismes zooplanctoniques dans la Baie de Campeche, Mexique. *Oceanologica Acta*. 21 (1): 87-93
- Santoyo, H. y Signoret, M. 1973. Hidrología y fitoplancton en un transecto de la plataforma continental de la Bahía de Campeche, México (agosto de 1972). *Rev. Lat-Amer. Microbiol* 15 (4): 207-215.
- Santoyo, H. y Signoret, M. 1975. Variación nictemeral del fitoplancton en la Bahía de Campeche, México. *Rev. Lat-Amer. Microbiol.* 17 (3): 161-167.
- Saunders, R.P. y Glenn, D.A. 1969. *Diatoms*. Mem. Hourglass Cruises, Fla. *Dept.Nat. Res. Mar. Res. Lab.* 1: 1-119.
- Sournia, A. Chrétiennot-Dinet, M.-J. y M. Ricard. 1991. Marine Phytoplankton: How Many Species in the World Ocean? *Journal or Plankton Research* 13: 1093-1099.
- Sournia, A. 1995. Red tide and Toxic Marine Phytoplankton of the World Ocean: an Inquiry into diversity. pp. 103-112 En: Lassus, P., G. Arzul, E. Erand, P.Gentien y C. Marcaillou (Eds.). *Harmful Marine Algal Blooms*. Lavoisier, Intercept Ltd.
- Steidinger, K.A. y Williams J.1970. Dinoflagellates. Mem. Hourglass Cruises Fla. *Dep. Nat. Res.* 2: 1-251.
- Tomas, C. R. (ed.) 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Academy Press, Inc. San Diego California