

00322
118



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Distribución del Fitoplancton con relación a la
hidrología en la región sur del Golfo de México en
octubre 1998 y marzo 1999”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO

P R E S E N T A :

JAIME MENDOZA ALVARADO



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

NOMBRE DEL DIRECTOR: M. en C. Ma. Eugenia Zamudio Resendiz



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR
2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

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

**TESIS CON
PALLA DE ORIGEN**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Distribución del Fitoplancton con relación a la hidrología en la
región sur del Golfo de México en octubre 1998 y marzo 1999"
realizado por él alumno Jaime Mendoza Alvarado.

con número de cuenta 8625649-0 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología-

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

M. en C. **MARÍA EUGENIA ZAMUDIO RESENDIZ**

Propietario

Dr. **SERGIO LICEA DURÁN**

Propietario

Dr. **PABLO HERNÁNDEZ ALCÁNTARA**

Suplente

M. en C. **ANA MARGARITA HERMOSO SALAZAR**

Suplente

Biol. **JAVIER GARCIA FIGUEROA MORALES**

Consejo Departamental de **BIOLOGIA.**

M. EN C. **JUAN MANUEL RODRIGUEZ CHÁVEZ.**

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGIA

AGRADECIMIENTOS

Hago patente mi agradecimiento al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y a todos los miembros del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad: Ruth Luna Soria, Jesús P. Soto Cadena, José Luis Moreno, Genoveva García y Alejandro Estrada.

Muy especialmente:

A la M. en C. María Eugenia Zamudio Resendiz, por la dirección, revisión, por su comprensión y sugerencias porque sin todo esto no se hubiera concluido este trabajo gracias.

Al Dr. Sergio Licea Durán, por las facilidades prestadas en el Laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria, por sus sugerencias, por la disponibilidad de su tiempo a la revisión y corrección de este trabajo. Por su apoyo paciencia y dedicación, gracias.

A los integrantes del Jurado:

Dr. Pablo Hernández Alcántara.

M en C. Margarita Hermoso Salazar.

Biol. Javier García Figueroa Morales.

Por sus valiosos comentarios en la revisión del presente trabajo

A MIS PADRES:

+ Miguel Angel Mendoza Lara y Delfina Alvarado Vda. de Mendoza, a quienes agradezco inmensamente su cariño y sus consejos en todo momento. a ti papá con todo respeto, te dedico este trabajo ya que con tu apoyo y consejos, fue como se pudo concluir por haberme inculcado siempre el estudio y el trabajo, gracias té extraño mucho.

A mis hermanos:

Jorge, Luis, Ramón, Leticia, Teresa, Dolores y Araceli gracias.

A mi pequeñito:

Alejandro Mendoza Reyes.

A mi esposa:

Margarita Reyes Santos, gracias por tu apoyo, cariño y comprensión.

d

INDICE

1.- RESUMEN.

2.- INTRODUCCION.

5.- MARCO TEORICO.

8.- ANTECEDENTES.

12.- AREA DE ESTUDIO.

Hidrología.
Circulación.
Clima.
Nutrientes.

16.- MATERIAL Y METODO.

19.- RESULTADOS.
Octubre 1998.

26.- Marzo 1999.

32.- DISCUSIONES.

37.- CONCLUSIONES.

39.- LITERATURA CITADA.

e

RESUMEN

Se analizaron las condiciones de temperatura y salinidad, así como la abundancia de células y clorofila-a del fitoplancton en 28 estaciones de muestreo durante dos campañas oceanográficas: PROBMEX-I (octubre de 1998) y PROBMEX-II (marzo de 1999) en la región sur de México en la región denominada Bahía de Campeche. Los datos de temperatura y salinidad permitieron identificar dos condiciones hidrográficas: la primera, en octubre, con agua superficial oscilando alrededor de 30.0 °C, con la termoclina entre 30 y 60 m; la segunda en marzo con menor temperatura superficial, variando entre 25.31 y 25.65 °C con incremento en la profundidad de la termoclina (55-95 m). La concentración de clorofila-a se determinó por fluorometría en los niveles de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 y 150 m de profundidad y sus valores oscilaron entre 0.01 mg·m⁻³ en marzo y 4.53 mg·m⁻³ en octubre. La mayor concentración de clorofila-a se observó en octubre en el transecto Punta Zapotitlán, lo que se puede atribuir al ingreso de agua de origen continental por efecto de las lluvias. El análisis de células del fitoplancton se realizó por el método de Utermöhl cuyos valores registraron un patrón de distribución similar al de la clorofila-a con oscilaciones entre 172 células L⁻¹ en marzo y 775,000 células L⁻¹ en octubre. En ambos casos la mayor abundancia de fitoplancton ocurrió en la zona costera frente a las Lagunas de Carmen y Machona, entre la desembocadura de los ríos Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta. En general, la mayor concentración tanto de clorofila-a como de la densidad de organismos se ubicó entre 5 y 40 m de profundidad. También se presentó un claro gradiente que va de la costa hacia mar abierto.

INTRODUCCIÓN

México tiene aproximadamente 11,500 km de litoral y más de 2×10^6 km² de Zona Económica Exclusiva, dentro de estas dimensiones el Golfo de México, ocupa una superficie de 1,600,000.00 km². Por esta razón, el golfo representa un recurso natural de enorme importancia económica, ecológica y estratégica para el país, en particular la Sonda de Campeche, que es una unidad oceanográfica altamente productiva. En el aspecto biológico la sonda constituye una región con una alta productividad biológica, en comparación con el resto del litoral adyacente, dicha productividad esta sustentada por la comunidad planctónica que constituye una parte importante en el ecosistema. (Villalobos y Zamora, 1975; Soto, 1979, Vidal *et al.*, 1994; Soto y Escobar-Briones, 1995).

El Plancton esta constituido por la comunidad de organismos que viven en el ambiente acuático y cuya dinámica depende de los movimientos del agua (Margalef, 1997); éste se divide en dos componentes: los productores primarios (fitoplancton) y consumidores (zooplancton). Son en su mayoría organismos microscópicos y sustentan la trama trófica en el ambiente pelágico (Platt y Subba Rao, 1975). Por otro lado, el fitoplancton es responsable de producir el 40% de la fotosíntesis en el planeta, por lo cual su aporte es importante sobre la tierra (Chisolm, 1995), por el hecho de producir materia orgánica disponible para los organismos heterótrofos, además de la producción de oxígeno al medio (Weihaupt, 1984).

Desde el punto de vista sistemático, el fitoplancton marino está integrado por los grupos taxonómicos de las Bacillariophyceae (diatomeas), Dinophyceae (dinoflagelados), Primnesiophyceae (cocolitofóridos), Dictyochophyceae (silicoflagelados), Cryptophyceae (Criptomonas), Raphidophyceae (Cloromonas), Crysophyceae (Crisomonas), Prasinophyceae (Prasinomonas), Euglenophyceae (euglenas), Chlorophyceae (algas verdes) y Cyanophyceae (algas verde-azules) los cuales pertenecen a diferentes niveles de organización celular. Poseen diversos pigmentos y tienen distintas formas de vida (Parsons *et al.*, 1984; Tomas, 1997).

Las variaciones en la composición de los grupos del fitoplancton, así como su presencia, ausencia o persistencia a través del tiempo afectan la cantidad y calidad de la materia orgánica disponible para otros niveles tróficos en el ecosistema. Estos cambios están dados en parte por las características hidrológicas de cada región (Dawes, 1986). En la zona costera estos cambios tienen su origen en gran medida en la influencia de diversos factores como son el límite continental, geomorfología de la plataforma y talud, clima, grado de estratificación, circulación y descargas epic Continentales (Postma y Zijlstra, 1988). Es por ello que puede hablarse de la existencia de una relación estrecha entre la estructura espacio-temporal del fitoplancton con procesos que afectan la columna de agua (Carreto *et al.*, 1995).

Con base en lo anterior, el presente trabajo está dirigido a conocer la abundancia y distribución del fitoplancton de la plataforma y talud continental, entre la desembocadura de los ríos Coatzacoalcos y Sistema Grijalva Usumacinta, teniendo como objetivos:

- 1. Determinar las condiciones hidrográficas (salinidad y temperatura).**
- 2. Conocer la composición de los grandes grupos del fitoplancton.**
- 3. Relacionar la hidrología con la abundancia y distribución del fitoplancton.**

Se pretende demostrar que la composición, abundancia y distribución de los grandes grupos del fitoplancton son diferentes en cada período de muestreo considerando que uno ocurre al final de temporada de lluvias mientras que el otro coincide con la época de estiaje.

MARCO TEORICO:

En virtud de la gran variabilidad en la composición de grupos del fitoplancton éste estudio se enfocó a conocer los grandes grupos, cuyas características generales indican en los próximos párrafos.

Las diatomeas o bacilarioficeas, se distinguen por tener la pared celular de sílice, la cual esta formada de dos partes, llamadas valvas. Se les encuentra en una gran variedad de ambientes, desde agua dulce a hipersalina y de aguas tropicales a los polos. Durante muchos años las diatomeas se dividieron en dos clases, Centricae y Pennatae, aunque actualmente se encuentran en desuso (Round *et al.*, 1990). Esta clasificación permite detectar ciertas ventajas ambientales, es decir, por una parte muchas diatomeas pennales o con simetría bilateral tienen preferencia por ambientes someros y turbulentos, en tanto las centrales llegan a ser más abundantes en ambientes estables (Hasle y Syvertsen, 1997). Es por ello que se consideró de forma separada esta gran división.

Las dinoflageladas o dinoficeas, son organismos con dos flagelos que emergen muy cercanos entre sí, uno longitudinal (sulcal) y el otro rodea a la célula en su ecuador (cingular); su pared celular esta compuesta de celulosa, la mayoría son fotosintéticos y tienen preferencia por ambientes tropicales.

Tradicionalmente, los autores han considerado dos grandes grupos: tecados (con pared celular dura) y atecados sin estructuras duras que los protejan. Los primeros son más diversos en el ambiente oceánico; mientras que los atecados

son más abundantes en ambientes costeros y salobres. (Steidinger y Tangen, 1997).

Las cianofitas, son en general más abundantes en agua dulce, mientras que en los ambientes marinos tienen preferencia por áreas tropicales y subtropicales donde llegan a formar florecimientos. Se caracterizan por no tener estructuras celulares definidas (procariontes) y por la presencia de heterocistos (Fogg *et al.*, 1973; Hum y Wicks, 1980; Hahn y Capra, 1992).

Dentro del grupo fitoflageladas se incluyen: Las criptofíceas que tienen dos flagelos apicales y eyectosomas, son cosmopolitas y con preferencia costera. Las Rafidofíceas son consideradas raras u ocasionalmente abundantes en aguas salobres, poseen dos flagelos opuestos y mucosistos. Las Crisofíceas tienen una distribución preferentemente costera y de aguas salobres, se distinguen por la presencia de dos flagelos lisos, haptonema, escamas orgánicas o lórica. Las prasinofíceas se distinguen porque la célula y los flagelos se encuentran cubiertos por escamas; se localizan en todo tipo de aguas, aunque tienen preferencia costera (Parson *et al.*, 1984; Sournia *et al.*, 1991; Throndsen, 1997).

Las clorofitas y euglenofitas, son abundantes en ambientes de agua dulce y únicamente unas cuantas especies son estuarinas o marinas. Presentan de uno a cuatro flagelos y se distinguen de otras flageladas por su color verde brillante (Sournia *et al.*, 1991; Throndsen, 1997).

Las silicoflageladas se distinguen por un exoesqueleto de sílice y un flagelo. En general son raras; se les puede encontrar en ambientes costeros y oceánicos, aunque prefieren los primeros (Thronksen, 1997).

Los cocolitofóridos son un grupo importante en ambientes oceánicos permanentemente estratificados, principalmente en zonas tropicales y subtropicales, aunque algunas especies tienen preferencia costera (Parsons *et al.*, 1984; Zureck y Bucka, 1994). Este grupo se diferencia por una cubierta de pequeñas estructuras calcáreas (cocolitos), escamas, dos flagelos y una estructura llamada haptonema (Heimdal, 1997).

ANTECEDENTES

En los párrafos siguientes se hace referencia a los estudios hidrológicos y de fitoplancton de la parte mexicana del sur del Golfo de México. En cuanto a la parte hidrológica, sobresalen los trabajos de Monreal y Salas (1990), quienes estudiaron la circulación de la Bahía de Campeche mediante un modelo hidrodinámico, observando que en los meses de febrero, marzo y septiembre se forma un giro ciclónico en la bahía, por el efecto de los cambios en el flujo a través del canal de Yucatán. Shirasago (1991) estudió las variaciones espacio temporales de algunos parámetros hidrográficos, así como la influencia de los ríos en la formación de frentes halinos, donde concluye que los frentes de la Bahía de Campeche están formados por la descarga de los ríos y cambian de acuerdo a las variaciones de estos. También son afectados por la Corriente del Lazo, la circulación costera y la presencia de "nortes". Monreal *et al.* (1992) estudiaron la distribución de temperatura, salinidad y densidad, encontrando los valores máximos sobre el Banco de Campeche, y un frente que es superficial y esta dominado por la salinidad, persistente en la desembocadura del Sistema Grijalva-Usumacinta, el cual cambia de dirección de acuerdo con las corrientes de la zona. Padilla *et al.* (1990) estudiaron algunos parámetros físico-químicos en la Bahía de Campeche, encontraron que los núcleos de alta concentración de oxígeno indican cierta persistencia del giro ciclónico, debido a que el surgimiento de aguas de mayor concentración de nutrientes favorece el florecimiento del fitoplancton, el cual a su vez incrementa la cantidad de oxígeno disuelto.

Con relación a trabajos de fitoplancton, son de mencionarse los trabajos de Santoyo y Signoret (1972), quienes analizaron la hidrobiología y el fitoplancton en un transecto en la plataforma continental de la Bahía de Campeche, partiendo de la costa frente a la Laguna de Términos. Obteniendo como resultados que las diatomeas fueron predominantes, seguidas por las dinoflageladas, las cianofitas y por último las clorofitas y fitoflageladas. Santoyo y Signoret (1977) analizaron las fluctuaciones de especies durante un ciclo nictemeral; ellos encontraron que la estructura de la comunidad estuvo afectada por el comportamiento de las fitoflageladas y dinoflageladas, las cuales realizaron migraciones verticales durante el ciclo. Avendaño y Sotomayor (1980) encontraron que la mayor abundancia del fitoplancton corresponde a las algas bacilariofitas con 69.76% de la comunidad total del fitoplancton; en segundo lugar las dinoflageladas con 30.20% y por último las cianofitas con 0.03%, siguiendo el mismo orden para la diversidad. Estos autores concluyen que las diatomeas son las más abundantes y a la vez restringen la distribución y abundancia de grupos con rangos estrechos, entre los que estarían las dinoflageladas y cianoficeas. Avendaño y Sotomayor (1982) analizaron las comunidades de fitoplancton en los estados de Veracruz y Tamaulipas, encontrando que los géneros con mayor abundancia son *Navicula*, *Rhizosolenia*, *Amphidinium*, *Bacillarioficeas*, *Nitzschia*, *Chaetoceros* y *Oscillatoria*. La diversidad más baja implica mayor dinamismo, esta se manifestó en el noreste especialmente en la desembocadura de los ríos Grijalva y Champotón. Licea *et al.* (1982) realizaron investigaciones en la Bahía de Campeche en varios ciclos anuales, encontrando que las diatomeas son el grupo dominante en los meses de invierno y primavera; mientras que las

dinoflageladas destacan por su abundancia en los meses de verano. Las coccolitofóridas, silicoflageladas y cianofitas tienen menor importancia cuantitativa, aunque siempre están presentes. Segura *et al.* (1982) presentan los resultados de productividad primaria obtenidos por el método de oxígeno disuelto, en la parte sur de la Bahía de Campeche. Ellos reportan que tasas entre 15 y 20 mgC/m³/hr se localizan en las estaciones próximas a la desembocadura del río Grijalva y a Laguna de Términos. González *et al.* (1991) encontraron que los valores de densidad fitoplanctónica varían ampliamente, con los valores más bajos en invierno y los más altos en verano y otoño. Con relación a la distribución espacial, se observan "florecimientos" principalmente en las costas de Campeche y Veracruz, que se asocian a los aportes de nutrientes acarreados por los ríos durante la aparición de los ciclones Debby, Florence y Gilberto. Licea y Santoyo (1991) estudiaron el fitoplancton de la región central de la Bahía de Campeche, encontrando que el microfitoplancton es el grupo más importante, con dominancia de dinoflageladas y fitoflageladas en la región central de esta bahía, frente a la Laguna de Términos. Estos autores concluyen que la escasez de elementos nutritivos inorgánicos está aunada a una fase de la sucesión fitoplanctónica. Balderas (1994), quien realizó un análisis de la comunidad fitoplanctónica de la capa superficial de la región centro/norte de la Zona Económica Exclusiva Mexicana del Golfo de México, registró como grupo mayoritario al grupo de las diatomeas por encima de los dinoflagelados. Díaz (1998) trabajó frente a las plataformas petroleras de Campeche y Tabasco, encontrando que los valores altos en densidad de organismos corresponden a la época de lluvias; mientras que los valores bajos se ubican en la época de secas. En ambos casos destaca la dominancia de

diatomeas. Más recientemente Licea y Luna (1999), en un estudio de variación espacio-temporal del fitoplancton entre febrero-diciembre 1987, refieren que la mayor abundancia se observó entre la superficie y 30 m con amplia oscilación de una época del año a otra. En febrero la mayor abundancia se ubicó a 10m, mientras que en julio es marcadamente mayor en la superficie, y en noviembre entre superficie y 20 m. Los cambios temporales se atribuyen a la combinación de factores hidrográficos de los vientos conocidos como "nortes" y al período de lluvias.

Adicionalmente, son de especial importancia las investigaciones cubano-soviéticas en las décadas 1960, 1980s llevadas a cabo en la Sonda de Campeche y áreas adyacentes donde se reportaron sitios con abundancia de fitoplancton (Okolodkov, 2003).

ÁREA DE ESTUDIO

Se localiza al sur del Golfo de México en la región denominada Bahía de Campeche entre los 18-20° Latitud Norte y 92-95° Longitud Oeste (Fig.1).

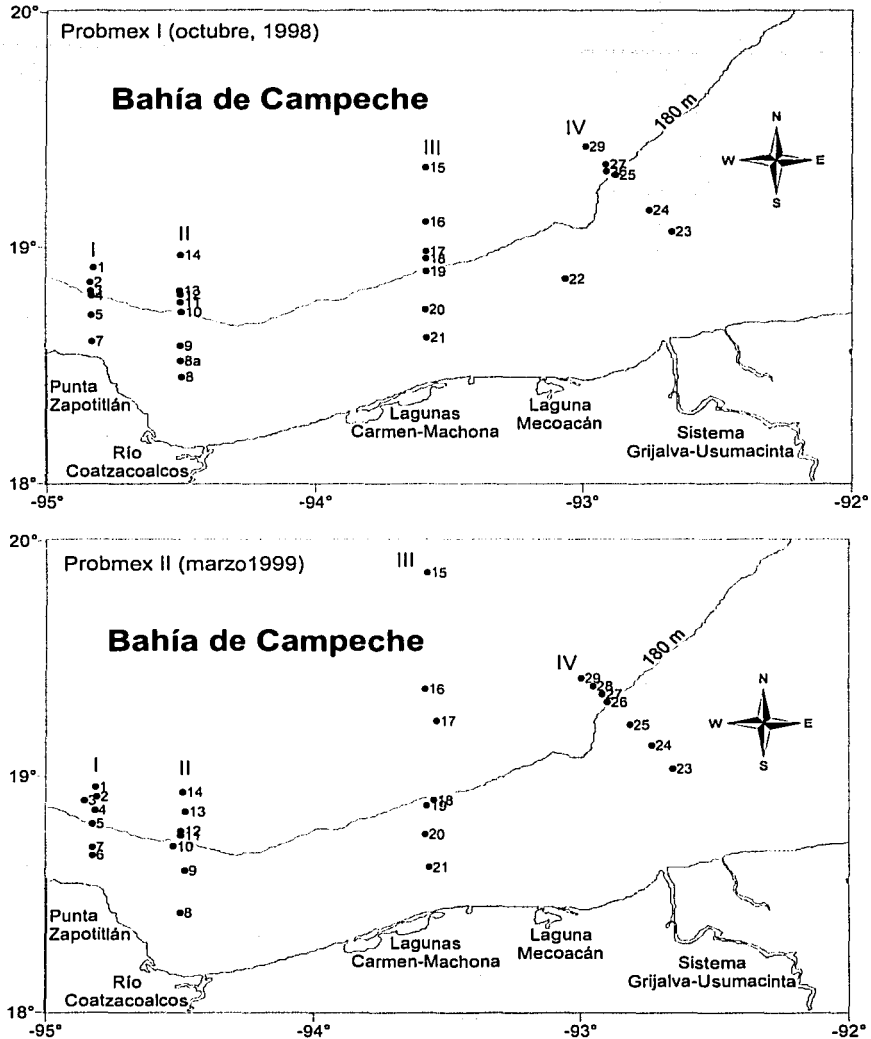


Figura 1. Área de estudio y localización de estaciones. Arriba, sitios de la campaña PROBMEX-I; abajo, campaña PROBMEX-II. Los números romanos indican los transectos referidos en el texto.

Hidrología

La estratificación vertical de las aguas en la Bahía de Campeche depende principalmente de las condiciones meteorológicas y de las descargas de los ríos Coatzacoalcos, Grijalva, Uzumacinta y Papaloapán, por tener un escurrimiento medio anual de 22,394; 46,300; 58,900 y 41,135 m³ respectivamente García y Falcón (1993).

En la bahía la salinidad tiene en promedio en 36.0 UPS. En verano y otoño la salinidad de la capa superior se incrementa como resultado de la intensa evaporación, aspecto que sobrepasa al efecto de la precipitación pluvial y al escurrimiento de los ríos. En invierno el golfo experimenta una considerable adición de agua dulce y disminución en temperatura. Las salinidades más bajas están ubicadas en la región próxima a la desembocadura de los ríos y las más altas en las zonas de alta evaporación, al noreste de la Laguna de Términos (Alatorre *et al.*, 1987; Franceschini, 1961)

Circulación

La Bahía de Campeche se ve fuertemente influenciada por la Corriente de Lazo ya que parte del flujo que penetra en el Golfo de México a través del Canal de Yucatán se desvía hacia el oeste y entra a la bahía, presentando una circulación predominante ciclónica. Se ha visto que estos giros se presentan durante los meses de febrero, marzo y de septiembre a diciembre, posteriormente sufren un desplazamiento hacia el oeste y en ciertas ocasiones

un incremento en la magnitud de la corriente (Merrell y Morrison, 1981; Monreal y Salas de León, 1990). Estos tipos de giros se presentan principalmente en la plataforma de Texas, costa de Luisiana, Florida y en la Bahía de Campeche (Wieseman y Sturges, 1999).

Clima

El Golfo de México se encuentra influenciado por el intercambio de masas de aire frío y seco provenientes del continente (Estados Unidos y Canadá), con masas de aire propias del golfo de origen marítimo con características tropicales (Panofsky, 1956). Este intercambio de masas de aire de características diferentes, en ocasiones provoca una fuerte frontogénesis, principalmente entre los meses de octubre a abril; durante el verano las características del golfo se hacen más tropicales por influencia de los vientos alisos. Los vientos prevaecientes en el golfo son de procedencia nordeste con una velocidad media de 8 nudos (14.8 Km/h); la procedencia norte cubre el 36% del tiempo anual, principalmente entre los meses de noviembre a marzo con una velocidad media de 11 nudos (20.4 Km/h). Los vientos del norte tienen gran influencia sobre la capa mezclada de la Bahía de Campeche provocando enfriamiento y mezcla considerable (Alatorre *et al.*, 1987). En los meses de abril y mayo los vientos se presentan del sureste, con una velocidad media de 6 nudos (11 Km/h), mientras que en los meses de septiembre y octubre los vientos son del noreste, con una velocidad media de 9 nudos (16.47 Km/h), podemos observar que el periodo de mayor efecto producido por los vientos es durante los meses de octubre a abril en la temporada anual de frentes fríos o

"nortes". Finalmente la temporada de ciclones comienza en mayo y se extiende hasta finales de noviembre (Tápanes y González-Coya, 1980).

Nutrientes.

Para la Bahía de Campeche se registran valores máximos de concentración de nitratos de hasta $13\mu\text{g-at/l}$, en general con los datos más bajos en aguas oceánicas y ligeramente más altos en la zona costera, sobre todo frente a la Laguna de Términos. Verticalmente los máximos se encuentran en aguas muy superficiales o por debajo de la termoclina (Segura *et al.*, 1982). Díaz Flores (1998) menciona que los valores más altos de nutrientes se dan en la época de "nortes" y los más bajos durante la época de lluvias.

Para los fosfatos el máximo registrado se localiza frente a Coatzacoalcos con valores mayores a $(1.5\mu\text{g-at/l})$ unidades y estos decrecen al alejarse de la costa. Verticalmente presentan un comportamiento muy similar al del nitrógeno (Segura *et al.*, 1982 y Licea y Santoyo 1991). A este respecto Díaz Flores (1998) indica poca variabilidad horizontal, pero menciona que en la época de "nortes" la concentración es más alta.

MATERIAL Y MÉTODO

Las muestras obtenidas se recolectaron como parte del Proyecto PROBMEX (Procesos Oceanográficos que Regulan la Producción Bentónica en el Golfo de México, Ambientes de Plataforma Continental y Mar Profundo). Las muestras se recolectan en dos Campañas Oceanográficas durante octubre 1998 y marzo de 1999 a bordo del B/O "Justo Sierra" de la Universidad Nacional Autónoma de México, denominadas Probmex I y II. Los materiales de células fitoplanctónicas se obtuvieron con botellas tipo Niskin de 1.5 litros y 5 litros de capacidad a los niveles de 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100 y 150 m de profundidad, dependiendo de los sitios de recolecta.

Los datos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) se obtuvieron directamente de un CTD modelo Neil Brown Mark-III B, en tanto los valores de salinidad se calcularon a partir de los datos de conductividad con ayuda del programa CTD POST. Para conocer el comportamiento de ambos parámetros se realizaron perfiles verticales que se graficaron con ayuda del Programa Sigma Plot 2000.

El análisis de clorofila-*a* se realizó a las profundidades referidas anteriormente, en los transectos I, II y IV en el muestreo de octubre de 1998 y en los transectos I y II en el muestreo de marzo del 1999. La determinación se realizó en el laboratorio por el método fluorométrico descrito por Holm-Hansen *et al.* en 1965, referido por Strickland y Parsons (1997); utilizando una alícuota de 250 ml tomados directamente de las botellas Niskin y filtros tipo Millipore de 0.45

µm de abertura, los cuales se almacenaron en refrigeración ($\approx 4^{\circ}\text{C}$) hasta su procesamiento en tierra.

Las muestras destinadas al análisis de células fitoplanctónicas se recolectaron directamente de las botellas Niskin a las profundidades antes referidas. El análisis cuantitativo y cualitativo se efectuó con cámaras de sedimentación compuestas de 100 ml de capacidad. Según el método de Utermöhl referido en Hasle (1978), se emplearon 500 aumentos para cuantificar la muestra y se analizó 1cm^2 . La determinación sistemática se realizó con base en las descripciones existentes en las obras especializadas para cada grupo, principalmente se consultó en cianofitas a Dawes (1986) y Humm y Wicks (1980), para cocolitofóridas a Schiller (1930) y Heimdahl (1997), en el caso de silicoflageladas a Throndsen (1997), en diatomeas a Cupp (1943), Hendey (1964), Simonsen (1974), Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997); para dinoflageladas y fitoflageladas desnudas a Schiller (1933), Throndsen (1997), Balech (1988) y Steidinger y Tangen (1997); finalmente para clorofitas y euglenofitas a Prescott (1951) y Witford y Schumacher (1969).

El análisis de los datos de abundancia de organismos se realizó mediante planos horizontales con ayuda del programa Surfer (Surface Mapping System V. 7) y Sigma Plot 2000.

Para un fácil manejo de la información, esta se organizó por transectos, a los cuales se les denominó:

I. Punta Zapotitlán, estaciones 1-7,

II. Coatzacoalcos, estaciones 8-14,

III. Mecoacán, estaciones 15-21,

IV. Sistema Grijalva Usumacinta, estaciones 22-29.

RESULTADOS

En los párrafos siguientes se hace una breve descripción de las variaciones más importantes en cada uno de los transectos estudiados de las campañas PROBMEEX-I (octubre de 1998) y PROBMEEX-II (marzo de 1999).

Campaña PROBMEEX-I (octubre de 1998)

Hidrología

En esta época se observó que los valores de temperatura en el transecto "Punta Zapotitlán" (transecto-I) van de 21.4 °C (a 110 m de profundidad) a 30.3 °C en (superficie), con la termoclina localizada entre 30 y 65 m de profundidad (fig. 2a). La salinidad en superficie osciló entre 34.2 y 35.23 UPS, la cual después de 40 m se mantiene alrededor de 36.23, y a partir de esta profundidad los datos son relativamente homogéneos (fig. 2b). En el transecto-II (Coatzacoalcos) los valores de temperatura van aproximadamente de 20 a(120m) y 31°C, (superficie) con la termoclina ubicada entre 20 y 40 m de profundidad (fig. 2c). La salinidad presentó grandes fluctuaciones en superficie, que van de 34.8 en la estación más cercana a la costa a 36.14 en los sitios alejados de la misma frente al río Coatzacoalcos. Después de 30 m los valores de salinidad fluctúan alrededor de 36.20 UPS (fig. 2d). En el transecto-III (Lagunas Carmen-Machona) los valores de temperatura van de 20 (a 110 m de profundidad) a 29.9 °C (en superficie), con la termoclina entre 20 y 45 m (fig. 2e). Con respecto a la salinidad se observó que es el transecto con menor

variación en los valores de superficie y las cifras oscilan entre 35.3 en superficie y 36.35 UPS (fig. 2f).

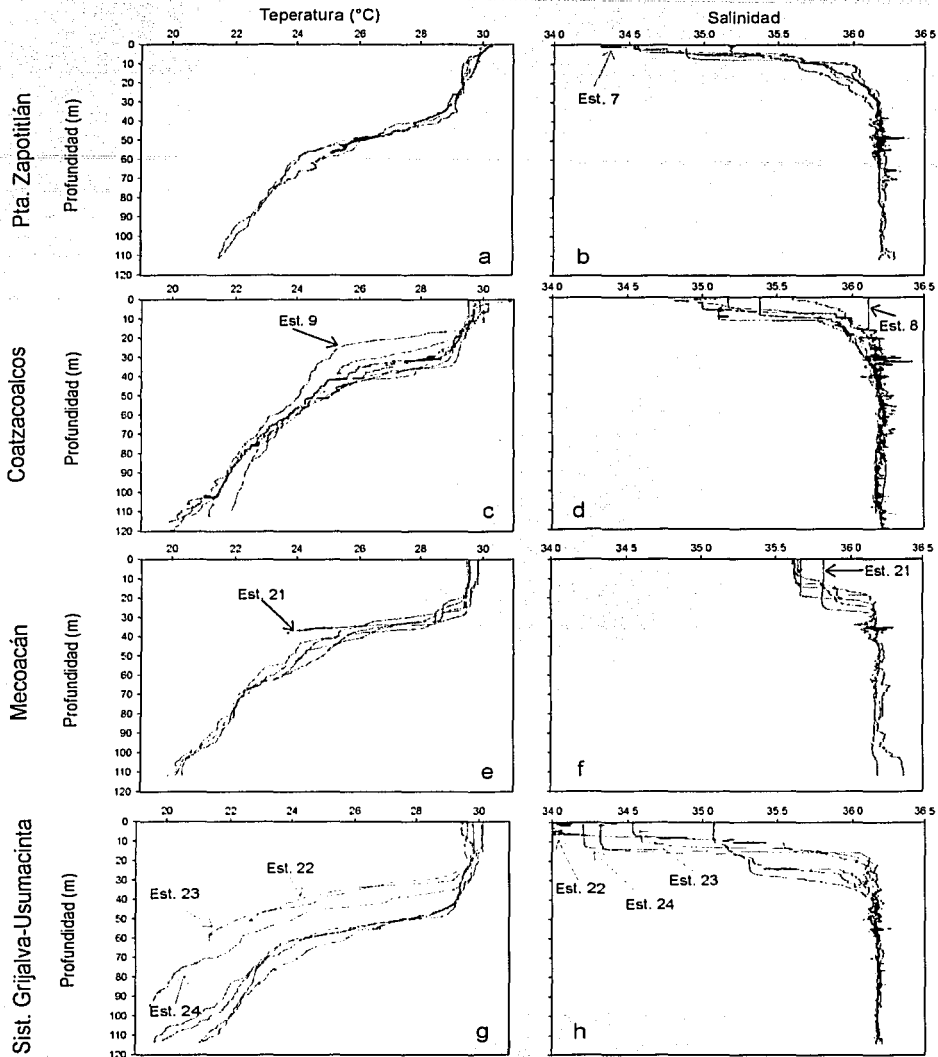


Figura 2 Perfiles de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (UPS) obtenidos de los datos crudos de CTD durante la campaña PROBMEX-I (Octubre 1998). Las estaciones están distribuidas en 4 transectos: Punta Zapotitlán, Coatzacoalcos, Mecoacán y Sistema Grijalva-Usumacinta.

Por último, en el transecto-IV (Sistema Grijalva-Usumacinta) los valores de temperatura van de 19.4 a 30.2 °C (98 m de profundidad) con la termoclina entre 15 y 65 m de profundidad (fig. 2g). En este transecto se observó la mayor oscilación de la salinidad que va de 34.0 a 36.2 UPS, donde los valores bajos corresponden a las estaciones más cercanas a la desembocadura de los ríos del Sistema Grijalva-Usumacinta (Fig. 2h).

Abundancia de células del fitoplancton

En esta campaña se observó la mayor abundancia de organismos del fitoplancton, particularmente en el transecto III (Lagunas Carmen-Machona), con cifras altas de 700,000 células por litro en las estaciones 19, 20 y 21 en todos los niveles de muestreo, aunque con mayor evidencia en el nivel de 5 m de profundidad (fig. 3), en que destaca un valor de 775,132 células/litro. Los transectos I y II registraron valores bajos, fluctuando entre 1,000 y 53,143 cels l⁻¹. Valores intermedios se observaron en el transecto IV, con cifras entre 252 y 100,529 cels l⁻¹. En las estaciones 29 y 26 respectivamente (fig. 3 e).

En cuanto a la distribución vertical, los valores promedio indican que la mayor concentración de células se observó a 5 m, disminuyendo gradualmente a medida que se incrementa la profundidad. (fig. 4).

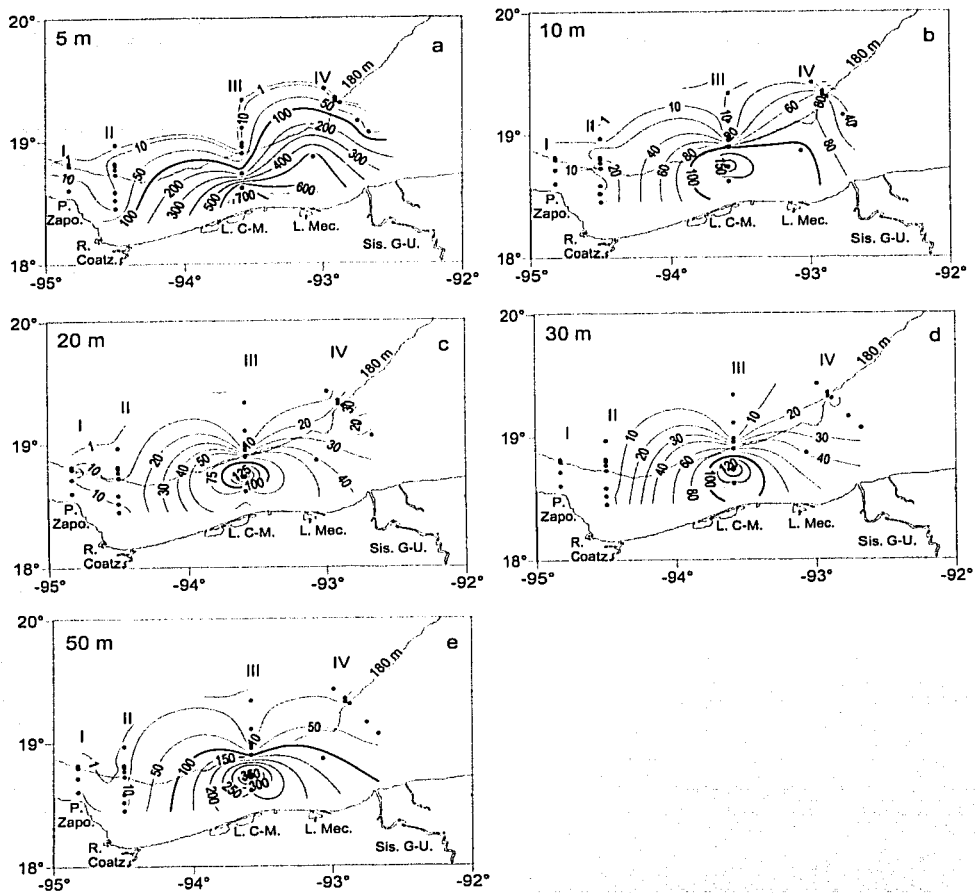


Figura 3. Distribución de la abundancia de células del fitoplancton en octubre de 1998 en los niveles de 5, 10, 20, 30 y 50 m de profundidad. Los valores se indican en cels $L^{-1} \times 10^3$. Los puntos negros indican los sitios de muestreo y el área sombreada resalta los valores $>$ de 100×10^3 cels L^{-1} .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

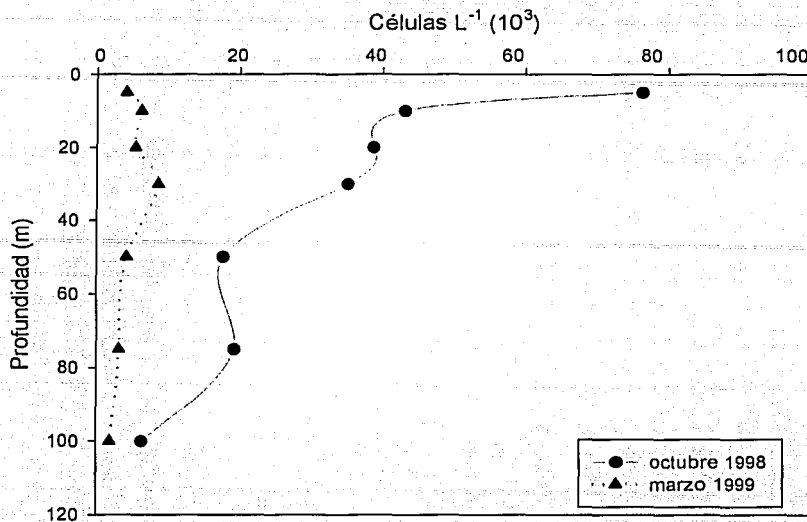


Figura 4. Distribución vertical promedio de la abundancia de células de fitoplancton en octubre de 1998 y marzo de 1999.

Clorofila-“a”

Los resultados se ilustran en la fig. 5, en donde puede apreciarse que los valores más altos se encuentran en los niveles de 30, 40 y 50 m (con niveles entre 0.88 y 4.53 mg m^{-3}). Los valores mínimos se localizaron a 5 y 10 m de profundidad (0.06 y 0.17 mg m^{-3}). Con relación al perfil promedio de la abundancia de este pigmento (fig. 6), se observó que los valores altos se encuentran a 50 y 75 m (1.0 mg m^{-3}), bajando gradualmente hasta 150 m de profundidad. Con respecto a la distribución horizontal, se encontró que las cifras altas corresponden a la región del talud continental (estaciones 1-5, 10, 26, 27 y 29).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

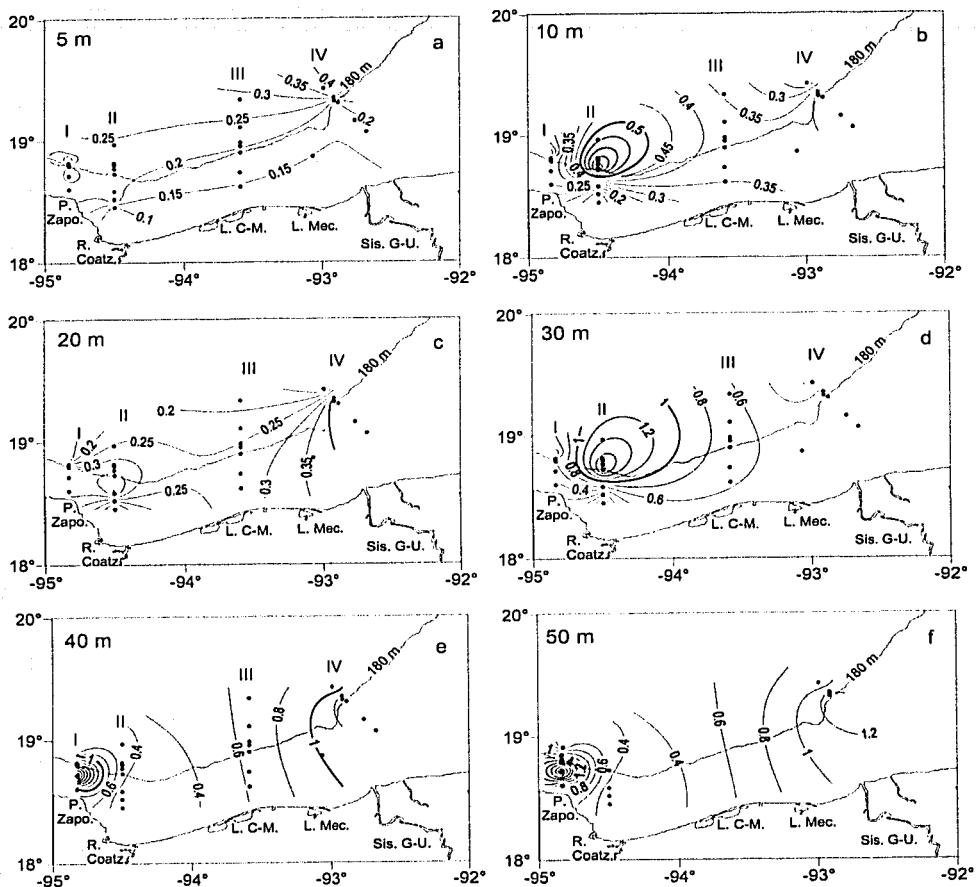


Figura 5. Distribución de la abundancia de clorofila-a en octubre de 1998 en las profundidades de 5, 10, 20, 30 40 y 50 m. Los puntos negros indican los sitios de muestreo y los valores están referidos en mg m^{-3} . El área sombreada resalta los valores $>$ de 0.5 mg m^{-3} .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

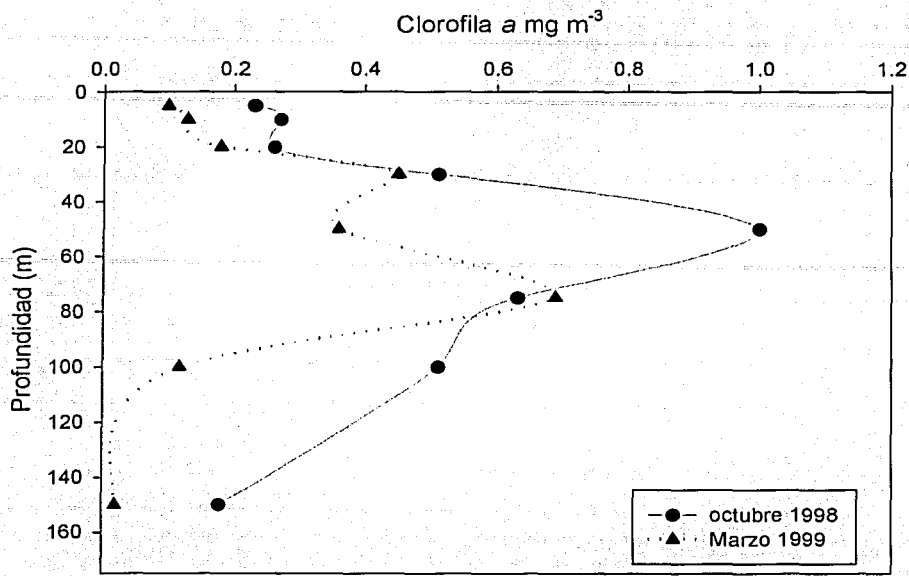


Fig. 6. Distribución vertical promedio de la abundancia de clorofila-a en octubre de 1998 y marzo de 1999.

Composición taxonómica por grupos

Los resultados se indican en la figura 7, en la cual se nota que la composición taxonómica del fitoplancton estuvo constituida por los grupos de algas: diatomeas, dinoflageladas, cianofíceas, fitoflageladas, clorofitas, euglenofitas, silicoflageladas y coccolitofóridos. Dentro de ellas, las cianofitas, sobre todo las filamentosas fue el grupo más abundante con un valor promedio de 54,000 cels l⁻¹ a 10 m. Las fitoflageladas distribuidas en toda la columna de agua fue el grupo que le sigue en abundancia, particularmente a 40 m de profundidad dentro de diatomeas la que mayor cantidad fue el grupo de pennadas a partir de la superficie incrementándose hasta 20m. Los dinoflagelados más

abundantes fueron los atecados con valores de hasta 10, 000 cels l⁻¹ a 30m de profundidad y los grupos con menor representación fueron los silicoflagelados, cocolitoforidos y euglenofitas.

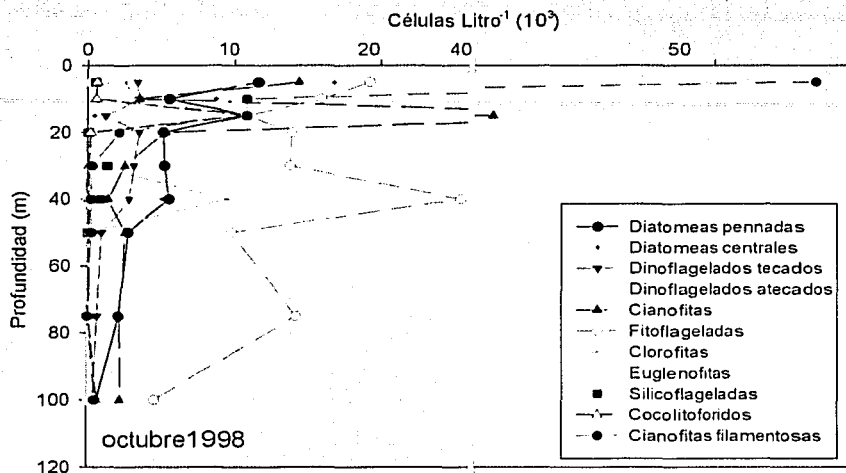


Figura 7. Distribución vertical promedio de los grupos de fitoplancton en octubre de 1998.

Campaña PROBMEX-II (marzo de 1999)

Hidrología

La figura 8 ilustra los perfiles de temperatura y salinidad. En el transecto de Punta Zapotitlán no se presenta una termoclina clara y solamente la estación 7 muestra una clara termoclina entre 60 y 80 m de profundidad. La temperatura mínima es de (19 °C) y se localiza a 120 m (fig. 8a). La salinidad varía entre 35.61 y 35.72 UPS en superficie, valores que se incrementan hasta 36.3 a 120 m de profundidad (fig. 8b). En el transecto Coatzacoalcos la temperatura superficial se ubicó alrededor de 25 °C y la termoclina se localizó entre 10 y 30

m de profundidad (fig. 8c). La salinidad de superficie fluctuó entre 35.45 y 35.9 UPS; la máxima con un valor de 36.28 a 120 m (fig. 8d).

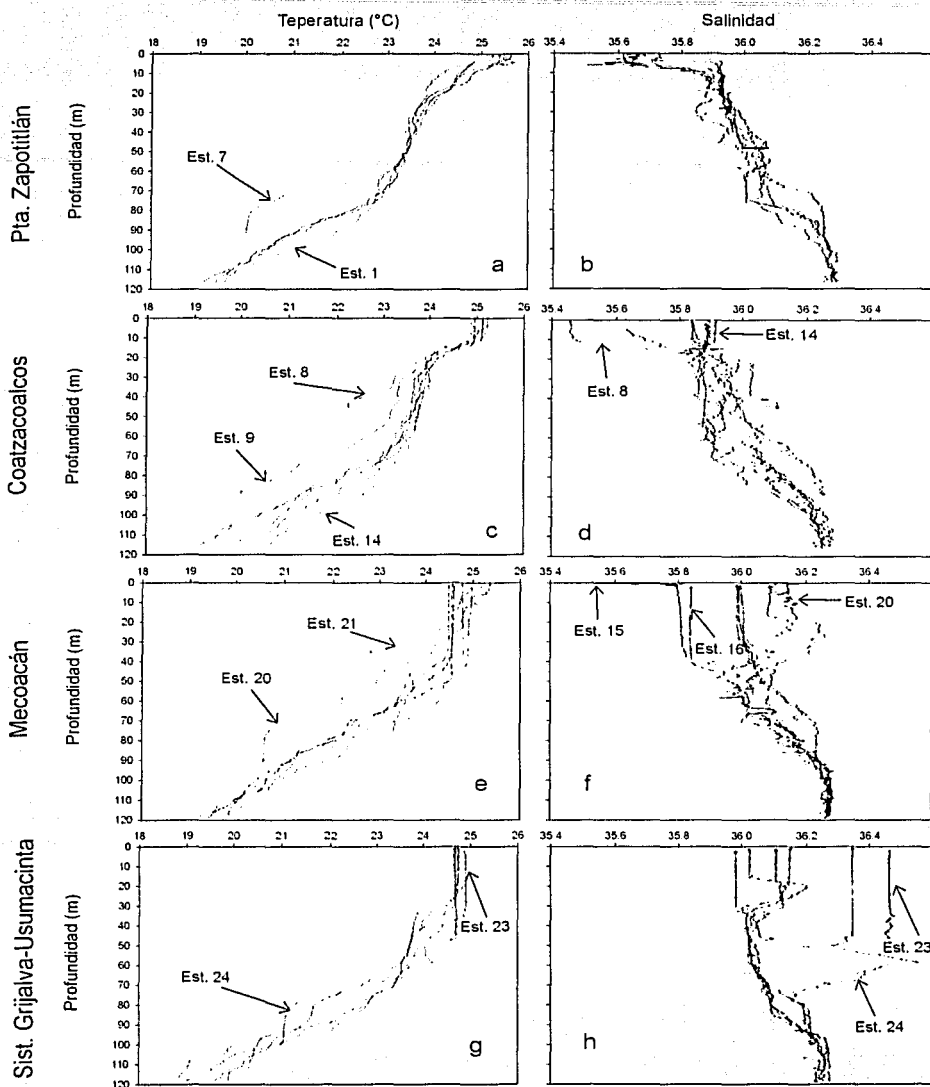


Figura 8. Perfiles de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y salinidad (UPS) obtenidos de los datos crudos del CTD durante la campaña PROBMEX-II (marzo 1999). Las estaciones están distribuidas en 4 transectos: Punta Zapotitlán, Coatzacoalcos, Mecoaacán y Sistema Grijalva-Usumacinta.

En el transecto Lagunas Carmen-Machona la temperatura superficial osciló entre 24.5 y 25.4 °C; la menor se observó a 120 m con 19.20 °C, mientras que la termoclina se ubicó entre 40 y 80 m (fig. 8e). La salinidad superficial varió entre 35.56 en la estación 15 y 36.15 UPS en la estación 20 (fig. 8f). Finalmente, en el transecto Sistema Grijalva-Usumacinta los valores de temperatura superficial van de 24.58 a 24.80 °C, mientras que la termoclina se localizó entre 30 y 85 m de profundidad (fig. 8g); la salinidad superficial fluctuó entre 35.92 y 36.42 UPS, donde los valores bajos corresponden a las estaciones más cercanas a la desembocadura de los ríos del Sistema Grijalva-Usumacinta (fig. 8h).

Abundancia de células del fitoplancton

La abundancia de células osciló entre 171- 93,142 cels l⁻¹, con los datos más altos alejados de la costa (fig. 9). En la distribución vertical la mayor cantidad con 93,142 cels l⁻¹ se encontró a 30m de profundidad, con valores bajos a 20, 50 y 75 m de profundidad hasta llegar a 171cels l⁻¹ a 100 m(fig. 4).

Horizontalmente el valor más alto registrado se ubicó a 30m, frente a la desembocadura del río Coatzacoalcos; otro valor alto se observó a 20 m con 40, 411 cels l⁻¹ en la zona oceánica de Mecoacán. El resto de las estaciones registro valores inferiores a 20,000 cels l⁻¹.

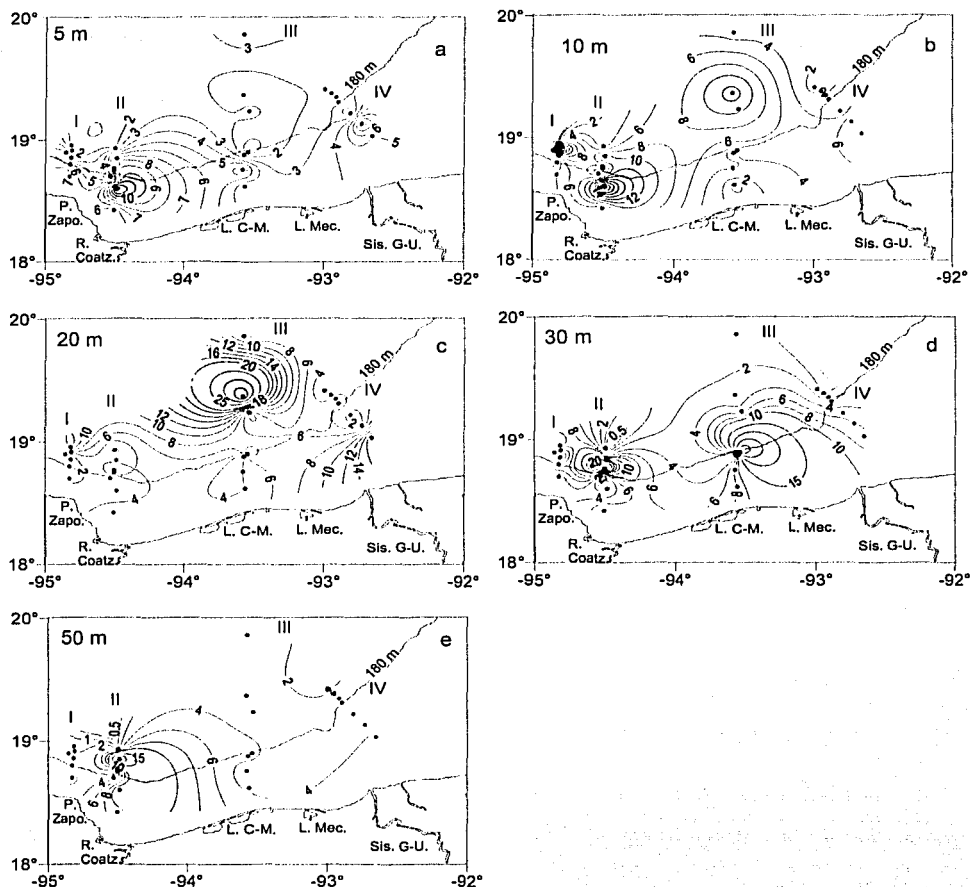


Figura 9. Distribución de la abundancia de células del fitoplancton en marzo de 1998, en los niveles de 5, 10, 20, 30 y 50 m de profundidad. Los valores se indican en cels $L^{-1} \times 10^3$. Los puntos negros indican los sitios de muestreo y el área sombreada resalta los valores $> 10 \times 10^3$ cels L^{-1} .

Composición taxonómica por grupos

Los resultados se indican en la figura 10, en la cual se nota que la composición taxonómica del fitoplancton estuvo constituida por los mismos grupos de algas que la campaña anterior. En este muestreo las cianofitas también fue el grupo

dominante con 45,000 cels l⁻¹. En segundo lugar estuvieron los dinoflagelados atecados con su mayor abundancia entre 30 y 60 m de profundidad, con valores de 1,400 y 2,100 cels l⁻¹ respectivamente. El resto de los grupos registró valores promedio inferiores a 1,000 cels l⁻¹

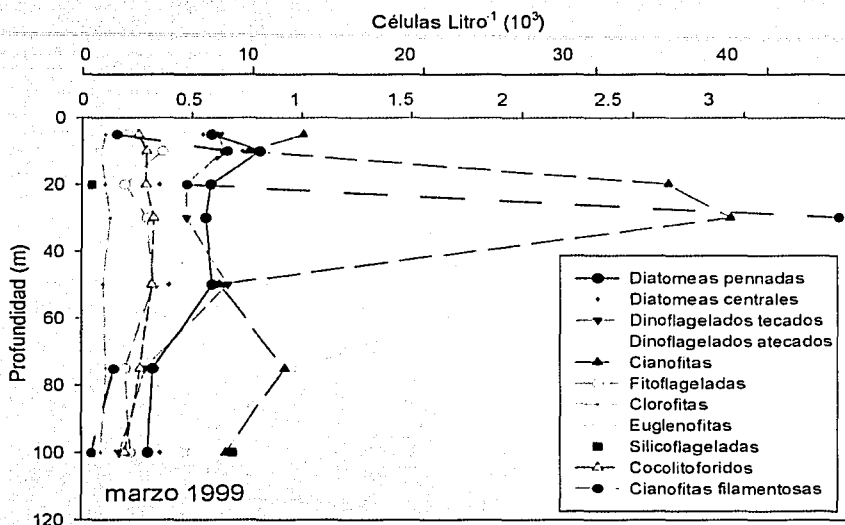


Figura 10. Distribución vertical promedio de los grupos de fitoplancton en marzo de 1999.

Clorofila-a

La concentración de clorofila-a osciló entre 0.01 y 2.42 mg m⁻³, en las estaciones 12 a 10 m y 7 a 30 m respectivamente (fig. 11), en donde puede apreciarse que los valores más altos se encuentran en los niveles entre 30 y 75 m.

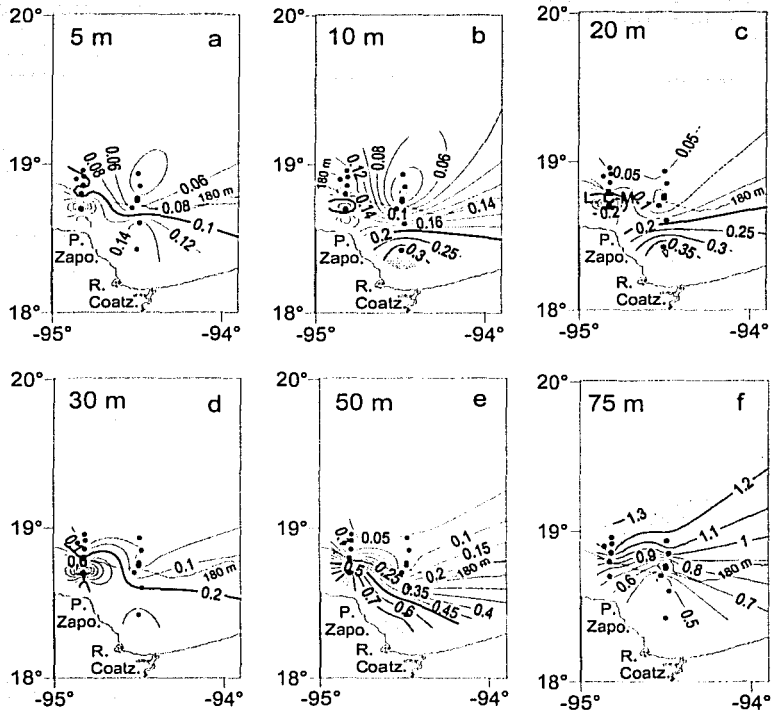


Figura 11. Distribución de la abundancia de clorofila-a en marzo de 1999 en las profundidades de 5, 10, 20, 30 y 50 m. Los puntos negros indican los sitios de muestreo y los valores están referidos en mg m^{-3} . El área sombreada resalta los valores $>$ de 0.2 mg m^{-3} .

La figura 6 ilustra el perfil promedio entre superficie y 150 m, en donde se percibe que la mayor concentración de este pigmento se ubica en dos niveles, el primero a 30 y 75 m de profundidad con 0.07 y 0.42 mg m^{-3}

Con relación a la distribución horizontal, se observó que los valores altos encontrados a 30 y 75m, se distribuyen hacia el oeste del área de estudio (fig. 11).

DISCUSIÓN

La recolecta de octubre por sus características de temperatura y salinidad se puede considerar dentro de la época de lluvias, debido a que fueron detectadas salinidades menores de 35 UPS (fig. 2), lo que indica un probable aporte de agua dulce; esto coincide con lo reportado por Shirasago (1991), quien menciona que el período de mayor aporte de los ríos es en los meses de agosto a octubre. Por otra parte, en esta época se considera que los vientos no fueron intensos, ya que la capa de mezcla es somera 50m, aunque esto no coincide con lo reportado por Velasco Mendoza (1994) y Hsu (1999), quienes indican para el mes de octubre velocidades promedio del viento superiores a 6.3 m/s, lo que provocaría una capa de mezcla más profunda. También es probable que durante este periodo, los vientos fueran de menor intensidad que los promedios registrados.

El muestreo de marzo se ubica en época de "nortes", ya que se detectaron temperaturas del agua superficial alrededor de 25°C (fig. 8) con una tendencia a la homogeneización de la columna de agua, lo que coincide con lo registrado por Shirasago (op. cit.), donde la temperatura es homogénea en los primeros cien metros de profundidad durante marzo de 1999. Dentro de este muestreo se observan dos tipos de aguas, la primera de ellas con salinidades similares (fig. 8), formada por agua costera ubicada entre los 93.5 y 95.0° W (región oeste) y la segunda constituida por aguas más salinas, localizada principalmente en zonas poco profundas y de alta evaporación (entre 91° y 93.5° W). En este periodo se considera que los vientos son intensos, ya que la

capa de mezcla es profunda (70-90m). Al respecto, Hsu (1999) estima velocidades promedio del viento para el mes de marzo de 5.8 m s^{-1} .

El fitoplancton se ubicó principalmente por arriba de la termoclina, donde se localizó la mayor concentración de células, esto indica que en ésta capa la luz, temperatura y nutrientes son los factores óptimos para el desarrollo de estos organismos, como lo mencionan Masutii y Margalef (1950) quienes en su trabajo sobre las generalidades del fitoplancton indican que estos son los factores que preponderantemente limitan su distribución.

Con relación a la densidad de organismos, se encontró que en el muestreo de octubre los valores son relativamente altos, en comparación del muestreo de marzo lo cual coincide con los resultados obtenidos por Licea *et al.* (1982), González Macías *et al.* (1991) y Luna Soria (2002), lo que permite suponer que existe concordancia con los datos de fechas similares en los años 1981, 1987 y 1988 como lo han observado los autores antes mencionados, así se puede establecer que dicha abundancia este relacionada con la descarga de agua dulce de los ríos y con los nutrientes que esta lleva a la zona costera (Sanvicente Añorve *et al.*, 2000; Chen *et al.*, 2000). Al respecto, Longhurst (1995) menciona que las diferencias en abundancia están dadas por la energía auxiliar del sistema, que es responsable de los cambios que promueven el crecimiento del fitoplancton; en particular en esta recolecta la energía correspondería al mayor aporte de los ríos como efecto de la temporada de lluvias.

Comparando los resultados de distribución horizontal y vertical con otros autores como Santoyo y Signoret (1972, 1977); Avendaño y Sotomayor (1980, 1982); Licea *et al.* (1982); Licea y Santoyo (1991); González *et al.* (1991); Balderas Palacios (1994); Díaz Flores (1998) y Luna Soria (2002), se nota que todos refieren a la zona costera y sobre todo cerca de la desembocadura de los ríos, donde se presentan las concentraciones más altas de células; estas se observan principalmente en aguas superficiales y como máximo hasta 20m. Es probable que esta distribución se encuentre relacionada con la disponibilidad de nutrientes aportados por la descarga de los ríos a la mezcla de agua dulce con la marina en capas superficiales como lo mencionan Marty *et al.* (2002)

Los autores que han trabajado en el área señalan que los grupos más abundantes para la época de finales de lluvias son las cianofitas, diatomeas y dinoflagelados, en diferentes ordenes de importancia, y en algunos casos son las fitoflageladas las que llegan a dominar. La diferencia entre la dominancia de uno u otro grupo se puede deber a las condiciones ambientales específicas y al estado fisiológico de los organismos que permite que alguno de ellos se desarrolle más eficientemente que el resto de la comunidad (Marty *et al.* 2002). Cabe destacar que dentro del grupo de las diatomeas los géneros más recurrentemente reportados en época de lluvias y "nortes" son los *Chaetoceros* en particular *C. atlanticus*, *C. affinis*, *Hemiaulus*, *Proboscia*, *Rhizosolenia*, *Leptocylindrus*, *Pseudonitzschia*, *Cylindrotheca* y *Skeletonema*; todos estos abundantes en zonas donde se presentan frentes, es decir en zonas con una alta dinámica ambiental. (Pakhomov 2000; Jeffrey y Hallegraeff 1987 y

Estrada, 1984). Es muy probable que estos puedan ser los géneros más abundantes en esta recolecta.

En marzo aunque se presentó una menor abundancia de fitoplancton, tiene un esquema parecido al muestreo de octubre; es decir, los grupos más abundantes son cianofíceas, dinoflagelados y diatomeas, con una marcada dominancia de las primeras. Es posible que la dominancia numérica de este grupo se deba a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico; es decir que durante este muestreo el aporte de los ríos es escaso y por tanto disminuye la cantidad de nutrientes que ingresan al sistema; pero, las cianofíceas superan esta limitación de nitrógeno por su capacidad de fijarlo de la atmósfera, como mencionan Marty *et al.* (2002).

Es interesante notar que durante este muestreo el área presenta dos regiones claramente definidas por sus características físicas y biológicas, debido a que son de diferentes época del año siendo la parte oriental la que presentó mayor abundancia. Autores como Díaz Flores (1998) resaltan el hecho de que en esta misma zona se han encontrado valores altos, no sólo del fitoplancton, sino también de zooplancton y cantidades elevadas de nutrientes; al respecto, según Velasco Mendoza (comunicación personal 2002), menciona que se puede relacionar con una corriente de convección que se presenta en la zona.

En concordancia con los valores de densidad de organismos por litro, la cantidad de clorofila-a encontrada en el muestreo de octubre es mayor a la que se presenta en marzo, aunque no tiene una relación directa con los máximos

de células en la columna de agua. Estos datos son semejantes con los valores reportados por Luna Soria (2002), donde los valores más altos se presentan en el mes de noviembre y los más bajos en marzo. Por otro lado, Licea y Santoyo (1991) mencionan para el verano niveles altos de clorofila-a lo que coincide con los valores observados en octubre del presente estudio.

Con respecto a la distribución horizontal Luna Soria (op. cit) y Licea *et al.* (1982) reportan los valores más altos en la desembocadura de los ríos, lo que concuerda con los valores obtenidos en este trabajo. Verticalmente los máximos se encontraron a no más de 75 m de profundidad, es decir se ubican donde hay una mayor penetración de luz.

Flores *et al.* (1988), también se encontró que el ictioplanton en la región costera, ubicada entre Campeche y Coatzacoalcos, presenta la mayor biomasa y menor diversidad de especies.

CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas entre los dos muestreos realizados porque son de distintas épocas del año, se distinguen tanto en sus características hidrológicas como en la abundancia y distribución del fitoplancton. En el primer muestreo se observó el mayor crecimiento de organismos, lo cual está asociado a la mayor descarga de ríos en la región. Esta circunstancia trae como consecuencia el mejor crecimiento de fitoplancton, situación ampliamente conocida y referida por numerosos autores como Santoyo y Signoret (1972, 1977), Avendaño y Sotomayor (1980), Segura *et al.* (1982), Licea y Santoyo (1991), Díaz-Flores (1998), Licea y Luna (2002). Este estudio permitió corroborar los resultados de previas investigaciones en el área.

La oscilación en la profundidad de la termoclina varió entre 30 y 65 m de profundidad en octubre de 1998, descendiendo durante la campaña realizada en marzo de 1999. En ambos casos el fitoplancton se ubicó principalmente por arriba de la termoclina, sitio en que se localizó la mayor concentración de organismos.

En octubre debido al mayor aporte de agua dulce y por tanto de nutrientes no es de extrañar encontrar mayor crecimiento en las poblaciones del fitoplancton; mientras que en marzo debido a la mezcla de la capa superficial por efecto de los "nortes" se presenta una tendencia hacia la homogeneización de la columna de

agua, hecho constatado por Shirazago 1991, Monreal et al., 1992 y Luna (2002).

La abundancia mayor de clorofila-a se registró durante la campaña de octubre, debido al aporte de nutrientes de los ríos, lo cual favorece las condiciones para el crecimiento del fitoplancton. Asimismo, la mayor concentración de células del fitoplancton se localizó frente a la desembocadura de los ríos en la misma época, entre la superficie y la termoclina.

Las algas cianofíceas son el grupo más abundante en ambos muestreos, aunque con mayor abundancia en marzo (secas), donde se debe haber menor cantidad de nutrientes; pero el nitrógeno como nutriente no es limitante para este grupo por su habilidad de fijar dicho elemento de la atmósfera.

LITERATURA CITADA

Alatorre, M.A., F. Ruíz y D.A. Salas de León, 1987. Efectos del paso de frentes fríos atmosféricos sobre la Bahía de Campeche. Mem. Reunión Anual Unión Geof. Méx. A.C., 186-193 pp.

Avendaño, S. H. y N. O. Sotomayor, 1980. Contribución al conocimiento del fitoplancton en la costa de Tamaulipas, México. Dir. Gral. Ocean. Secr. Marina, Inv. Ocean. México, 1-29 p.

Avendaño S.H. y N.O. Sotomayor, 1982. Delimitación y Distribución de las comunidades fitoplanctónicas en la Sonda de Campeche, México. Dir. Gral. Ocean. Secr. Marina, Dir. Gral. Oceanograf. Invest. Ocean., México, 1(3): 39 - 58

Balderas, P.B.M; 1994. Distribución superficial del fitoplancton en el Golfo de México y su relación con algunos parámetros físico químicos durante el otoño de 1990. Tesis Licenciatura, Fac. Cienc., Univ. Nal. Autón. México, 230 pp.

Balech, E., 1988. Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. Publ. Esp. Inst. Esp. Oceanogr., 1:1-310

Carreto, J.I., V.A. Lutz, M.O. Carignan, A.D. Cucchi-Colleoni y S.G. De Marcos, 1995. Hydrography and chlorophyll a in a transect from the coast to the shelf break in the Argentina Sea. Cont. Shelf Res., 15 (213): 315-336 pp

- Cupp, E.E., 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanograf. Univ. Calif., 5(1):1-237.
- Chen X., S.E. Lohrenz And D. A. Wiesenburg, 2000. Distribution and controlling mechanisms of pray production on the Louisiana-Texas continental shelf. J. Mar. Syst., 25(2): 179-207 pp.
- Chisolm, S.W., 1995 The iron hypothesis: Basic research meets environmental policy. Rev. Geophys., 33 (Supl.).
- Dawes, C.J. 1986, Botánica Marina. Limusa, México, D.F., 673 pp.
- Díaz, F.R., 1998. Estudio de la influencia de algunos contaminantes en el fitoplancton de la región de plataformas petroleros del sur del Golfo de México, frente a la Sonda de Campeche y Tabasco. Tesis Licenciatura, Fac. Est. Sup. Zaragoza. Univ. Nal. Autón., México, 52 pp.
- Estrada M., 1984 Phytoplankton distribution and composition off the coast of Galicia (northwest of Spain). J. Plankton Res. 6(3): 417-434pp.
- Flores C.C; A.L. Sanvicente.; L.R Pineda y V.M.Rodríguez, 1988. Composición, Distribución y Abundancia Ictioplanctónica del sur del Golfo de México. Universidad y Ciencia 5(9): 65-84.
- Fogg, G.E., W.D. P. Stewort, P. Fay y A. E. Wolsby, 1973. The blue green algae. Academic Press, New York 459 pp.

- Franceschini, G.A. 1961: Hydrologic balance of the Gulf of Mexico. Doctoral dissertation, Texas A & M University, College Station, Texas, 58 pp.
- García M.E. y Falcón G.Z., 1993. Cuencas Hidrológicas. Atlas Porrúa (ed.), México, 118-119.
- González, M.M.C; K. B. Shapiro, y C. P. Huerta, 1991. Análisis de las comunidades planctónicas. Evaluación de la calidad del agua, sedimentos y algunos aspectos biológicos en el litoral del Golfo de México. Reporte Técnico, Petróleos Mexicanos, México, 67-89.
- Hahn, S.T. y M.F. Capra, 1992. The cyanobacterium *Oscillatoria erythraea*: a potential source of toxin in the ciguatera food-chain. Food Addit. Contam., 9 (4): 351-355.
- Hasle, G.R. y E.E. Syvertsen, 1997. Marine diatoms. In: Tomas, R.C (ed.) Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, New York: 5: 385
- Hasle, G.R., 1978. The inverted microscope method. In: Sournia, A. (ed.) Phytoplankton manual. Unesco, Paris: 191-196.
- Heimdal, B.R., 1997. Modern Coccolithophorids In: Thomas, R.C. (ed.) Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, New York: 731-833.
- Hendey, N.I., 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal water. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Fish. Invest. Series IV. Otto Koeltz Sci. Publis., London, 317 pp.

Holm-Hansen, O y E.W. Helbling, 1965. Técnicas para la medición de la productividad primaria en el fitoplancton. In: K. Alvear, M.E Ferrario, E.C Olvera y E. Sor (eds.) Manual de métodos ficológicos. Editorial Anibal Pinto, S.A. Concepción Chile: 330-350.

Hsu S.A. Characteristics of Marine Meteorology and Climatology in the Gulf of Mexico In: Kumpf H, Steidinger K and K Sherman (eds). The Gulf. of Mexico Large Marine Ecosystem. Assessment, Sustainability, and Management Blackwell Science: 77-80pp.

Hum, H.J y S.R Wicks, 1980. Introduction and guide to the marine blue green algae. John Wiley, New York, 193 pp.

Jeffrey S.W and G.M. Hallegraeff, 1987. Phytoplankton pigments, species and light climate in a complex warm-core eddy of the East Australian Current. Deep-Sea Res., 34(516):649-673pp.

Licea S and Luna R. (1999) Spatio-Temporal Variation of Phytoplankton on The Continental Margin in The sw Gulf of Mexico Rev. de la Sociedad Mexicana de historia Natural 47: 83-99.

Licea, S. y H. Santoyo, 1991. Algunas Características ecológicas del Fitoplancton de la Región Central de la bahía de Campeche. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 18 (2): 157-167 (1991).

Licea, S., R. Luna, P. Torres y C. Trejo, 1982. Evaluación de los posibles efectos del derrame del Pozo Ixtoc-I sobre las comunidades del fitoplancton

y la productividad primaria (Informe final). Inst. Cienc. Mar y Limnol., Rep. Téc., 49 p.

Longhurst, A.R., 1995. Seasonal cycles of pelagic production and consummation. *Progress in Oceanography*, 36: 77-167.

Luna S.R. 2002. Variación Espacio temporal del fitoplancton en la Región Suroccidental del Golfo de México 1987-1988. Tesis Maestría, UACP y P-CCH, Univ. Nal. Autón. México, 47 pp.

Margalef, R. 1997. Excellence in Ecology. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, Alemania. 176 pp.

Marty J.C., J. Chiavérini, M. D. Pizay and B. Avril, 2002. Seasonal and inter-annual dynamics of nutrients and phytoplankton pigments in the western Mediterranean Sea at the DYFAMED time-series station (1991-1999). Deep Sea Res., 49(11): 1965-1985

Massuti, M. y R. Margalef, 1950. Introducción al estudio del fitoplancton marino. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Ed.), Barcelona, 1-181 pp.

Merrell W.J. y J.M. Morrison, 1981. On the circulation of the western Gulf of Mexico with observations from April 1978. *J. Geophys. Res.*, 86: 4181 - 4185.

Monreal-Gómez, M.A y D.A. Salas de León, 1990. Simulación de la Circulación en la Bahía de Campeche. Mem. Reunión Anual Unión Geof. Méx. A.C, 29 (2):101-111

- Monreal-Gómez, M. A. y D.A. Salas de León., A.R. Padilla-Pilotze y M.A. Alatorre Mendieta, 1992. Hidrografía y estimación de corrientes de densidad en el sur de la Bahía de Campeche, México. *Ciencias Marinas* 18(4): 115-133pp.
- Okoljov, Y. B. A review of Russian Plankton Research in the Gulf of Mexico and the Caribbean in the 1960-1980s *Hidrobiologia* (en Prensa).
- Padilla-Pilotze, A.R., D.A. Salas de León y M.A. Monreal Gómez, 1990. Evidencia de un giro ciclónico en la Bahía de Campeche. *Ciencias Marinas*, 16(3): 1-14
- Pakhomov E.A., P.W. Froneman, I.J. Ansorge and J.R.E. Lutheharms, 2000. Temporal variability in the physico-biological environment of the Prince Edward Islands (Southern Ocean) *Journal of Marine Systems* 26(1):75-95pp.
- Panofsky, H., 1956: *Climatología física*. Centr. Intern. Adiestr. Aviac Civil. México 113 pp.
- Parsons, T.R., M. Takahashi y B. Hargraves, 1984. *Biological oceanographic processes*. Pergamon Press, New York, 330pp.
- Platt, T and D. V. Subba Rao, 1975 Primary production of marine microphytes. In: Cooper, J. P. (ed) *Photosynthesis and Productivity in Different Environments*. Cambridge University Press. Cambridge: 249-280.

Postma, H. y J.J. Zijlstra, 1988. Introduction. In: Postma, H y J.J. Zijlstra (eds.), Continental Shelves. Ecosystems of the world, No. 27. Elsevier, New York: 1-4.

Prescott G.W., 1951. Algae of the western Great Lakes area. Cranbrook Institute of Science, Bloomfield Hills, Michigan, 962 pp.

Rines, J.E.B y P.E. Hargraves, 1988. The Chaetoceros Ehrenberg (Bacillariophyceae) flora of Narragansett Bay , Rhode Island. USA. *Bibl. Phycol.*, 79: 1-196

Round, F.E., R.M Crawford y D.G Mann, 1990. The diatom biology y morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, 747pp.

Santoyo, H. y M. Signoret, 1972. Hidrología y Fitoplancton en un transecto en la plataforma continental de la Bahía de Campeche, México (agosto de 1972). Rev. Lat-amer. Microbiol 15: 207-215

Santoyo, H. y M. Signoret, 1977. Diversidad y Afinidad del Fitoplancton en un Ciclo Nictemeral. An. Cent cien. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. Mex. 4 (1): 232 - 242.

Sanvicente-Añorve L., C. Flores-Coto and X. Chiappa-Carrara, 2000. Temporal and Spatial Scales of Ichthyoplankton Distribution in the Southern Gulf of Mexico. Estuar. Coast. Shelf Scie. 51(2000) 75-95pp.

Schiller, J., 1930. Coccollithinea. In : Rabenhorst's, L. (ed.) Kryptogament Flora van Deutschland, Österreich und der Schweiz. Johnson Reprint Co., New York: 89-266

Schiller, T., 1933 Dinoflagellatae In: Rabenhorst S. L. (ed.) Kryptogamen Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Johnson Reprint Co., New York 89-266.

Segura, G.M.J., S.E. Batllori, V. V. Olvera, y R. S.I Domínguez, 1982. Productividad Primaria en la Región Sureste del Golfo de México. Dirección de Investigaciones Oceanográficas: 237-276.

Shirasago, G.B., 1991. Hidrografía y análisis frontogenético en el sur de la Bahía de Campeche. Tesis Maestría, UACPyP-ICM y CCH,-. Univ. Nal. Autón. México 1-141 p.

Simonsen, R., 1974: "Meteor" for Schungsergebnisse Herausgegeben von der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Gebrüder Borntradger, Berlin, 66 pp.

Soto, L. A., 1979 Decapod. Crustacean shelf. Fauna of the Campeche Bank: fishery aspects and ecology. Gulf. Carib. Fish. Inst., 32: 66-81.

Soto; L.A. y E. Escobar-Briones, 1995. Coupling mechanisms related to benthic production in the SW Gulf. of Mexico, in: A. Ansell and C. J. Smith (Eds.) Biology and Ecology of shallow waters, AL. Eleftheriou, proc. 28 th European Marine Biology Symposium Olsen, & Olsen, Denmark, pp. 233-242.

- Sournia, A., M. J. Chretiennot-Dinet y M. Ricard, 1991. Marine Phytoplankton: How many species in the world ocean. J. Plankton Res., 13 (5) 1093-1099
- Steidinger K. A. J. y K. Tangen, 1996. Dinoflagellates. In: Tomas, C.R (ed.) Ident marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press, New York, 387-584
- Steidinger, K.A y K. Tangen, 1997. Dinoflagellates. In: Tomas, R.C (ed) Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, New York; 387-584.
- Strikland, J.D.H. y A. Parsons, 1977. A practical handbook of seawater analysis. 2 nd Edition. The Alger Press Ltd., Ottawa, 250pp.
- Tapanes, J.J. y F. González Coya, 1980. Hidrometeorología del Golfo de México y Banco de Campeche. Geofísica Internacional, 19 (4): 335 - 354 pp.
- Thorondsen, J., 1997. The planktonic marine flagellates. In: Thomas, R.C (ed.) Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, New York: 591-729.
- Tomas, C.R. 1997 Introduction Chap. 4 In: Thomas, R.C (ed.) Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, New York: 585-589.
- Velasco Mendoza H., 1994 Modelo Numérico de Circulación para la Bahía de Campeche. Tesis Maestria, UACP y P-ICM y CCH, Univ. Nal Autón. México 1-154p.

Vidal V. M. V., F.V. Vidal, A. F. Hernández, E. Meza y L. Zambrano, 1994. Atlas oceanográfico del Golfo de México, Vol. III Ins. de Inv. Eléctricas, México, 707 pp.

Villalobos, A. y M. Zamora, 1975. Importancia biológica de la Bahía de Campeche, In: R. Pérez Rodríguez (ed.) Mem I. Simp. Latinoam. Oceanogr. Biol. México, D.F., 25-29 nov. 1974: 375-394.pp

Weihaupt G.J, 1984. Exploración de los Océanos. Compañía ed Continental, S.A de S.C.Méx., 640pp.

Wiseman, W. J., Jr., and W. Sturges. 1999. Physical Oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that Regulate its Biology In: Kumpf H, Steidinger K and K Sherman (eds). The Gulf. of Mexico Large Marine Ecosystem. Assessment, Sustainability, and Management Blackwell Science: 77-80pp.

Witford L. A, y G. J. Schumacher, 1969. A manual of the fresh- Water Algae The North Carolina. Agricultural Experiment station, N.Y. 313 pp.

Züreck, R. y H. Bucka, 1994. Algal size classes and phytoplankton zooplankton interacting effects. J. Plank. Res., 6(6): 583-601